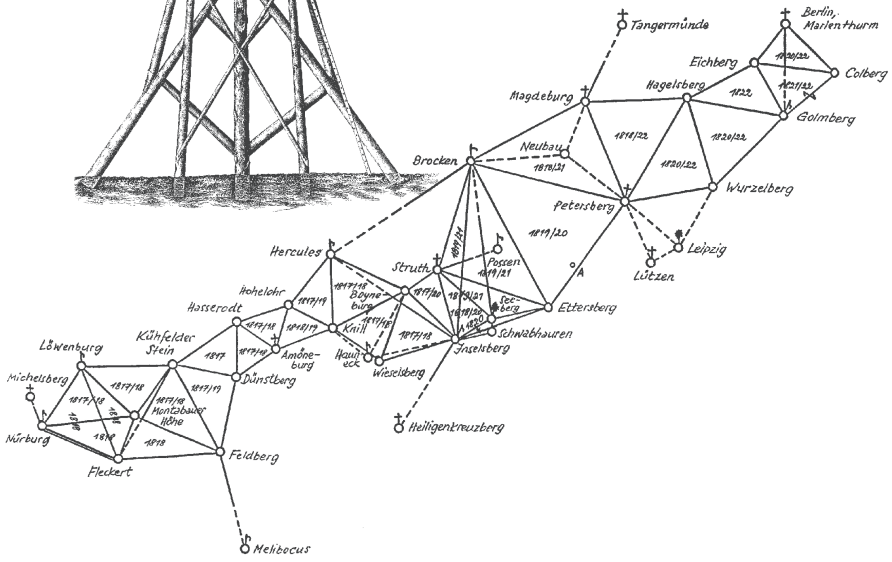
DGK Deutsche Geodätische Kommission
bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Reihe E | Geschichte und Entwicklung der Geodäsie | Heft Nr. 29

Rudolf Schmidt

Die preußische Dreieckskette vom Rhein über Schlesien nach Memel 1817 – 1834



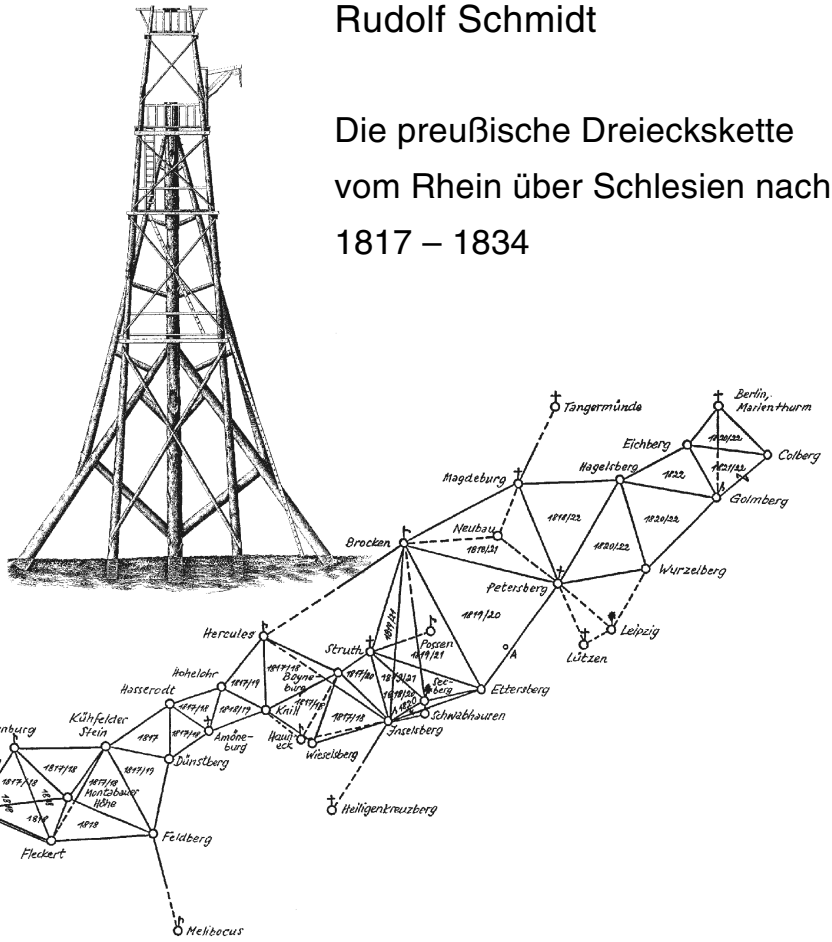
München 2007

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission beim Verlag C. H. Beck

ISSN 0065-5341 ISBN 3 7696 9672 7

DGK Deutsche Geodätische Kommission
bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Reihe E | Geschichte und Entwicklung der Geodäsie | Heft Nr. 29



Rudolf Schmidt

Die preußische Dreieckskette vom Rhein über Schlesien nach Memel 1817 – 1834

München 2007

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission beim Verlag C. H. Beck

ISSN 0065-5341 ISBN 3 7696 9672 7

Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:

Deutsche Geodätische Kommission

Alfons-Goppel-Straße 11 ● D – 80 539 München

Telefon +49 – 89 – 23 031 1113 ● Telefax +49 – 89 – 23 031 - 1283/ - 1100

e-mail hornik@dgfi.badw.de ● http://www.dgk.badw.de

Adresse des Autors:

Dr.-Ing. Rudolf Schmidt

Drachenburgstraße 42

D – 53179 Bonn

© 2007 Deutsche Geodätische Kommission, München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet,
die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen

ISSN 0065-5341 ISBN 3 7696 9672 7

Inhaltsverzeichnis

1. Untersuchungsgegenstand 5

2. Beobachtungsregister 5

3. Die Dreieckskette und ihre Abschnitte 8

4. Mitarbeiter bei den Beobachtungen 15

5. Dreieckspunkte und Signale 16

6. Winkelbeobachtungen 19

7. Reflektorlampen und Heliotrope 25

8. Berechnung der Dreieckskette 28

9. Zusammenfassende Schlussbetrachtung 29

10. Quellen und Literatur 34

Anlagen 36

1. Untersuchungsgegenstand

In seiner unlängst erschienenen Abhandlung “Müfflings geodätisches Wirken in der Umbruchepoche vom 18. zum 19. Jahrhundert” erwähnt W. Torge, dass die Müfflingsche Dreieckskette vom Rhein zum Seeberg (1817-1820) später nach Berlin (1818-1822) und weiter nach Schlesien bis Breslau (bis 1828) ausgedehnt wurde [2002, S. 101, 102]. Die zugehörige, von F. Helbig übernommene Abbildung zeigt eine Zusammenfügung der aus der Literatur bekannten Netzrisse [1937, S. 249/250] [1973, S. 222] der "Müfflingschen Dreiecksketten 1. Ordnung vom Rheinland bis Schlesien" [2002, S. 102].

Weniger bekannt dürfte sein, dass an sie von Schlesien aus noch eine weitere Dreieckskette angeschlossen worden war, die bis zur Ostsee reichte. Der Grund dafür, dass es bis heute keine detaillierte Veröffentlichung hierüber gibt, dürfte in einem Hinweis zu finden sein, den K. Lips in seiner Zusammenstellung über "Die mitteleuropäischen Dreiecksmessungen vor 1861" zu den beiden Dreiecksketten von Berlin nach Breslau und von dort zum Frischen Haff gibt: "Bereits im Jahre 1870 bedauerte die Preußische Landesaufnahme, dass von all diesen Unterlagen nichts mehr vorhanden noch aufzufinden war. Wahrscheinlich gingen sie beim Umzuge der Landestriangulation aus dem alten Generalstabsgebäude … verloren oder sie wurden als nicht mehr nötig vernichtet" [1937, S. 251]. Streng genommen bezog sich diese Feststellung nur auf das für den Band Hauptdreiecke I. Teil [1866] benutzte Rechnungsmaterial [1870, S. IV]; sie dürfte jedoch ebenso für alle älteren Dokumente gegolten haben. Lediglich ein Dreiecksnetzriss für eine Kette von Berlin bis Breslau fand sich seinerzeit noch im Besitz der Trigonometrischen Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme vor, den Lips in seiner Abhandlung veröffentlichte [1937, S. 250].

2. Beobachtungsregister

Jedoch: Noch im gleichen Jahre 1937 [1937b, S. 3] sowie nochmals 1940 [1940a, S. 9] trug E. Gigas den Verlauf der gesamten Kette vom Rhein bis zur Ostsee umrissmäßig in Skizzen über die Triangulationen in Mitteleuropa um 1860 bzw. bis 1865 ein. Woher er seine Kenntnis hierüber hatte, verschwieg er leider, möglicherweise aus nachträglich aufgestellten, im damaligen Geodätischen Institut Potsdam vorhanden gewesenen Beobachtungsregistern.

Diese dürften in der Zeit zwischen 1837 und 1845 erstellt worden sein; denn auf der Station Brosowken (Abb. 1) sind im Schreibduktus der Anfertigung der Beobachtungsregister Zentrierelemente auf einem "Standpunkt 1837" angegeben, während von gleicher Hand in einer auffällig anderen Schriftführung auf den Stationen Colberg, Eichberg, Golmberg und Hagelsberg Reduktionen für ein 1845 auf Eichberg geschaffenes neues Zentrum nachgetragen sind. Das Register dürfte in seiner ursprünglichen Fassung also um 1840 entstanden sein; es wird daher im Folgenden als "Beobachtungsregister 1840" [1840] bezeichnet. Vergleicht man schließlich noch die darin eingetragenen Zahlen mit den Koordinatenangaben in den zwischen 1816 und 1819 aufgenommenen Blättern 26 (Winterscheid 1817), 30 (Mudersbach 1818/19), 34 (Beuel 1818/19) und 35 (Siegburg 1816/18) der Tranchot-Müfflingschen Kartenaufnahme, die Textstellen mit den handschriftlichen Briefen vom 2. Mai 1837 und 2. Mai 1838 [1994a, S. 80, 98], so gibt es keinen Zweifel, dass J. J. Baeyer der Verfasser der Beobachtungsregister 1840 war.

Zwangsläufig drängen sich nun zwei Fragen auf:

1.) Zu welchem Zweck hat Baeyer seine Winkelzusammenstellung gefertigt?

2.) Warum existieren die Original-Beobachtungsdaten nicht mehr?

Die Antworten hierauf sollten wir uns von den damaligen Fachleuten selbst geben lassen:

Zu 1.) In dem Vorwort vom Mai 1849 zu seinem Band über die Küstenvermessung erklärte Baeyer: "Diesem ersten Bande der trigonometrischen Vermessungen des Preußischen Staates wird, sobald es die Umstände gestatten, ein zweiter folgen, der die ältere Dreieckskette vom Rhein bis Berlin und von da durch Schlesien und das Großherzogtum Posen bis zum Anschluss an die Seite Trunz-Brosowken (bei Elbing) enthält. Es würde mit diesen Dreiecken der Anfang gemacht worden sein, wenn nicht noch verschiedene Ergänzungs-Arbeiten abgewartet werden sollen" [1849, S. VII] [1882, S. 38].

Das Beobachtungsregister 1840 gehört also offenbar zu den Vorbereitungen für die Herausgabe dieses geplanten 2. Bandes. Es ist demnach anzunehmen, dass die Aufbereitung der Beobachtungen in der Kette Rhein-Ostsee für einen Anschluss an die 1837 – 1842 ausgeführte Küstenvermessung [1849] [1895, S. 179-243] geschah. Das hatte dann offensichtlich zur Folge, dass nur solche Beobachtungsergebnisse in die Zusammenstellung eingetragen wurden, die für diesen Zweck als geeignet angesehen wurden. Damit ist gemeint, dass wohl als zu ungenau gehaltene oder nicht

passen wollende Beobachtungen gar nicht erst aufgenommen wurden. Dies lässt sich daraus schließen, dass hin und wieder einzelne Dreieckswinkel mit einem wesentlich späteren Beobachtungsjahr als diejenigen der unmittelbaren Nachbarschaft angegeben sind. Dass man offenbar einer größeren Zahl von Messungen nicht traute, ergibt sich aus den relativ vielen Nach- und Ergänzungsmessungen, die jedoch nicht immer zum Verwerfen ursprünglicher Beobachtungen führten, so dass beide, oftmals um Jahre auseinander liegende Resultate in den Beobachtungsregistern enthalten sind.

Zu 2.) Merkwürdig ist, dass v. Müffling in seiner Biographie [1851] den Kettenteil von Berlin zum Frischen Haff überhaupt nicht erwähnt, und dass auch die Punktbeschreibungen in den Abrissen der 1875 gegründeten Preußischen Landesaufnahme, die normalerweise eingehende historische Hinweise geben, auf ihn nicht eingehen. Lediglich für Psow ist einmal in einer älteren Arbeit von einem "früheren Dreieckspunkt" [1857, S. 391] die Rede, ohne dass dabei allerdings die ältere Triangulation konkret benannt wird.

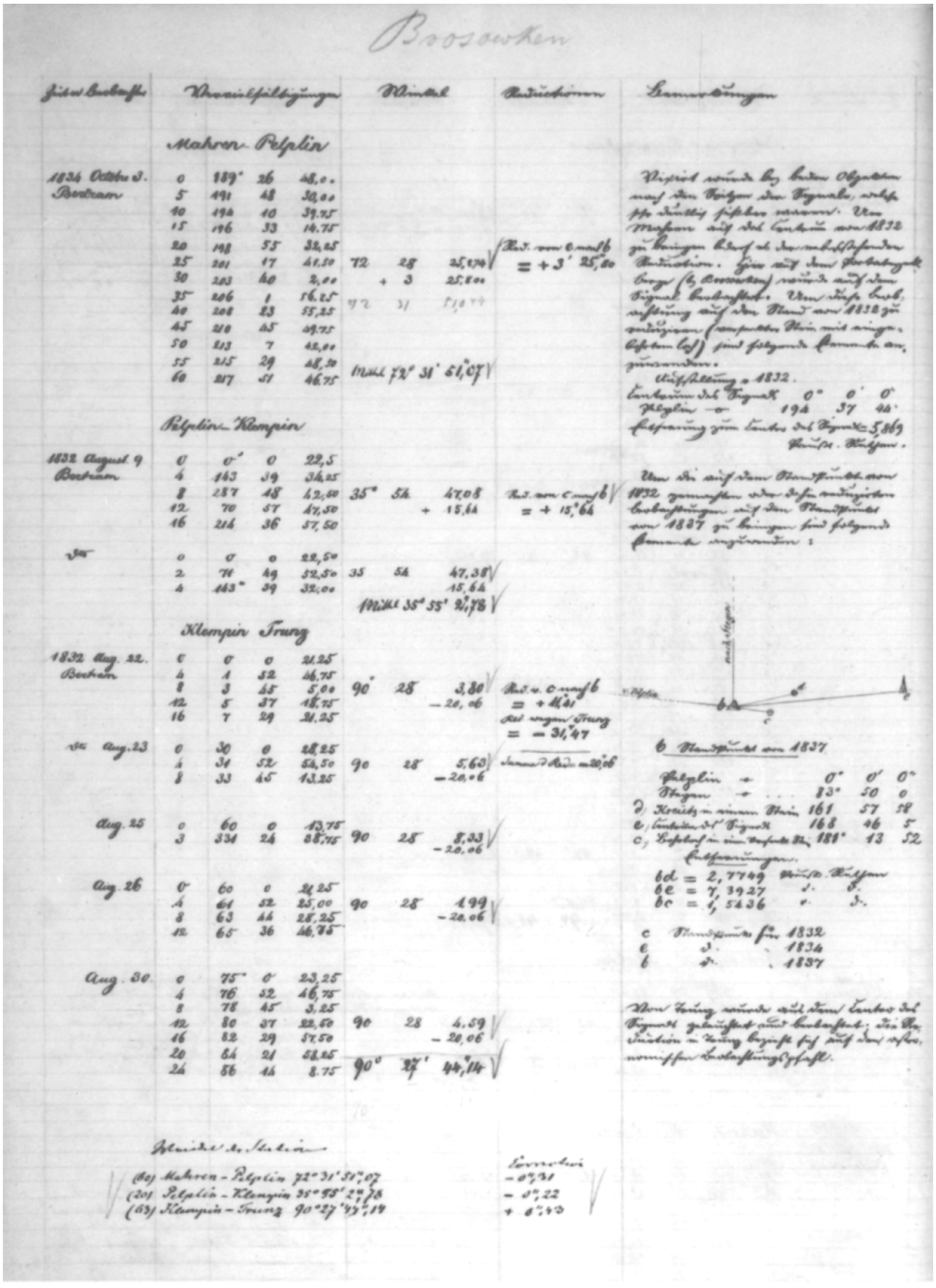


Abbildung 1: Beobachtungsregister von Brosowken (um 1840)

Anmerkung:
Die um 1840 entstandenen Beobachtungsregister liegen auf einem Schwarz-Weiß-Negativ-Kleinbildfilm vor [1840]

Während Baeyer noch in seinem 1849 erschienenen Bericht über die Küstenvermessung ihre 1842 bis 1846 erfolgte Erweiterung nach Süden damit rechtfertigte: "Es war schon früher die Absicht gewesen, die Küstenkette von Stettin aus mit Berlin und den v. Müfflingschen Dreiecken zu verbinden" [1849, S. IV] (hierzu auch [1895, S. 181]), führte er nur zwei Jahre später in seiner Denkschrift von 1851 "Mein Entwurf zur Anfertigung einer guten Karte von den östlichen Provinzen des Preußischen Staates" (veröffentlicht 1868) jedoch aus: "Von den früheren Arbeiten können (nur) benutzt werden … die Hauptdreiecke des Generalstabes, welche in der Gradmessung in Ostpreußen und in der Küstenvermessung niedergelegt sind. Von den älteren Hauptdreiecken aber nur diejenigen, wo die Stationspunkte sich wieder auffinden lassen" [1868, S. 28].

So waren z.B. für die 1851 – 1855 von der trigonometrischen Abteilung des Preußischen Generalstabs ausgeführte "Triangulation der Thüringer Staaten und der von diesen umgebenen und eingeschlossenen Preußischen Landesteile" die "in den Jahren 1819 bis 1822 gemessenen Hauptdreiecke zwischen den Punkten Magdeburg, Petersberg, Brocken, Ettersberg, Inselberg und Struth" als Grundlage benutzt worden, von denen nur der Ettersberg nicht wieder hergestellt werden konnte [1859, Vorwort]; die anderen alle waren nämlich durch Bauwerke bezeichnet.

Wenn man von solchen natürlichen Hochpunkten und den äußerst wenigen, von anderen Stellen vermarkten Bodenpunkten absieht, so wusste Baeyer aus ureigenster Erfahrung nur zu gut, dass es bei den älteren Haupttriangulationen dauerhafte Punktfestlegungen gar nicht gab; denn "Durch das Unterlassen der Festlegungen ist die große Hauptdreieckskette des Generalstabes vom Rhein zur Weichsel völlig verloren gegangen"[1868, S. 9, Fußnote 2].

So erklärte dann auch das preußische Staatsministerium am 14. Mai 1863: "Zur Ergänzung des Hauptdreiecksnetzes fehlen nur noch folgende Glieder: 1. die als unbrauchbar verworfenen Ketten a) von Berlin bis zur Seite Schneekoppe-Zobten, b) von dieser Seite nördlich durch die Provinz Posen bis zur Weichselkette" [1868, S. 63], welche bereits 1853 den Nordteil der alten Kette von Schlesien zur Ostsee zwischen Culmsee und Trunz ersetzt hatte.

In seinem Brief vom 8. Februar 1864 lässt Baeyer den Grund für das Verwerfen der älteren Arbeiten erkennen: "Nun trianguliert der Generalstab seit 1817 und hat außer den Hauptdreiecken keine brauchbaren Punkte. Früher waren nur zwei, höchstens drei Offiziere dazu kommandiert, wozu die befähigsten ausgesucht wurden, und ihre Arbeiten sind nicht zu gebrauchen, weil sie keine Anleitung erhielten und alle drei Jahre wechselten" [1914, S. 131] (Verben ins Präteritum gesetzt). Hierbei ist allerdings offen, was unter "Hauptdreiecken" zu verstehen ist; nach Vorhergehendem dürfte er damit wohl nur die Gradmessung in Ostpreußen und die Küstenvermessung gemeint haben. Im Zuge einer Auseinandersetzung mit der Trigonometrischen Abteilung des Generalstabes 1863/64 sah sich nämlich Baeyer veranlasst, nochmals ausdrücklich darauf hinzuweisen, "dass die alte Dreieckskette, die von Schlesien durch das Großherzogtum Posen nach der Weichsel führt, (vom Staatsministerium) als unbrauchbar verworfen ist und dass somit zwischen der Weichsel bei Thorn und Schlesien gar keine brauchbare Verbindung besteht [1868, S. 67].

Daher heißt es in einem aufgrund einer Forderung des Abgeordnetenhauses von 1864 aufgestellten "Allgemeinen Plan zur Ausführung der Triangulation der sechs östlich Provinzen des Preußischen Staates": "Von den älteren, die festgesetzte Fehlergrenze (1 : 100000) nicht innehaltenden Dreiecksketten wird Herr Generallieutenant Baeyer behufs seiner Gradmessung die schlesische Kette durch Neumessung bestimmen. Es bleiben alsdann für die trigonometrische Abteilung nur noch folgende Hauptdreieckspunkte zu messen: 1. eine Zweigkette, bei Krostkowo abgehend und nach der Küstenkette nördlich führend …, 2. eine andere, von Krostkowo aus südlich durch die Provinz Posen abgehende und an die schlesischen Dreiecke (Tzelentnik-Todtenberg) ausschließende Zweigkette. Dieselbe ist in älterer Zeit bereits gemessen worden, entspricht jedoch bei weitem nicht den jetzigen Anforderungen" [1867, S. 4-6].

Noch 1878 äußerte sich Baeyer zu einer 1857 von Wilhelm Struve, Direktor der Sternwarte Pulkowa bei St. Petersburg, angeregten neuen großen Längengradmessung von Irland bis zum Ural: "Zur Ermittlung der geodätischen Entfernungen sollten die alten Dreiecksketten, die in den zwanziger Jahren mit 8zölligen Reichenbachschen Theodoliten nach der Multiplikationsmethode gemessen waren, benutzt werden. Als Schüler Bessels, und nachdem ich den 15zölligen Theodoliten kennen gelernt hatte, fühlte ich durch dies beabsichtigte Verfahren mein geodätisches Gewissen beschwert und musste auf Motive sinnen, die … Fortführung der Triangulation im Sinne der Gradmessung (in Ostpreußen) und der Küstenvermessung zu rechtfertigen" [1994b, S. 132].

Daher konnte W. Jordan 1882 konstatieren, dass "jetzt alle Triangulationen in Preußen, welche der Gradmessung in Ostpreußen vorhergegangen waren, durchaus als minderwertig behandelt werden, so dass bei Neutriangulationen darauf gar keine Rücksicht mehr genommen wird, dieselben auch fast gänzlich in Vergessenheit geraten sind" [1882, S. 18].

Und in seiner Abhandlung über "Die Hauptdreiecke der Königlich Preußischen Landes-Triangulation" wies schließlich Oberst Matthiass im Oktober 1902 kurz und knapp darauf hin, dass "die alten preußischen Dreiecke … veraltet und verloren waren, als im Jahre 1865 das Gesetz zur planmäßigen Neutriangulation der 6 östlichen Provinzen des preußischen Staates erlassen wurde", weil "die vor 1830 ausgeführten Vermessungen dem Zweck nicht entsprachen" [1903, S. 3].

Die Beobachtungen von 1817 bis 1832 waren demnach offiziell kassiert worden, und man machte sie offenbar dadurch praktisch ungeschehen, dass man ihre Original-Unterlagen vernichtete.

Im Gegensatz zum Kettenstück östlich von Berlin wurde auf den westlichen Abschnitt Rhein-Seeberg-Berlin von der Preußischen Landesaufnahme jedoch später mehrmals hingewiesen [1894, S. 13] [1897, S. 14-18].

3. Die Dreieckskette und ihre Abschnitte

Anhand der Beobachtungsregister 1840 lassen sich die 1817 bis 1832 auf Veranlassung des preußischen Generalstabs der Armee unter v. Müffling und v. Krauseneck gemessenen Hauptdreiecke und ihre Konfiguration unschwer zusammenstellen (Anlage 1). Maßgebend war die durch v. Müffling aufgestellte Regel, "die möglichst kleinste Anzahl von Dreiecken zu messen, diese also so zu wählen, dass sie erstlich mit Rücksicht auf die Krümmung der Erde die möglichst größten Seiten haben und zweitens sich der Gleichseitigkeit soviel als möglich nähern müssten" [1854, S. 20].

Diese sicherlich unter geodätischen und ökonomischen Gesichtspunkten gut gemeinte Vorgabe führte in der Praxis dazu, dass eine weite Spanne in den Längen der Dreiecksseiten von 20 bis 100 km und in den Dreiecksflächen von 500 bis 7000 km^2 entstand, was nicht nur als Schönheitsfehler zu betrachten ist, sondern sowohl durch die sehr kleinen wie erst recht durch die übergroßen Dreiecke zu einem erhöhten technischen und zeitlichen Aufwand bei der Erkundung, Signalisierung und Beobachtung geführt haben dürfte.

In den Jahren 1833 – 1834 wurde die Kette von Rhein bis zum Frischen Haff in Nordosten durch die Dreiecke der "Gradmessung in Ostpreußen" [1838] [1876a, S. 62-138] [1895, S. 149-177] [1911, S. 305-308] erweitert, deren Winkel unter der gemeinsamen Leitung des Direktors der Königsberger Sternwarte, Friedrich Wilhelm Bessel, und des Majors im Generalstab, Johann Jakob Baeyer, ebenfalls von Offizieren des preußischen Generalstabs beobachtet wurden. (Zu Bessel: [1984, S. 80-82] [1984a, S. 202-203] [1987b, S. 576-585].)

Diese Triangulation war von dem russischen Generallieutenant Karl Ivanovic v. Tenner 1829 als Verbindung seiner in Westrussland (Polen) seit 1817 gemessenen Dreiecksketten mit der Sternwarte in Königsberg bei der preußischen Regierung angeregt worden [1911, S. 305/306] [1937, S. 311] [1996a, S. 45/46]. Schon 1820 hatte Wilhelm Struve, damals Direktor der Sternwarte Dorpat, eine ähnliche Absprache mit Bessel getroffen: "Das … Resultat unserer Beratschlagungen war, dass Prof. Bessel durch Ausführung einer trigonometrischen Messung von Königsberg bis an die russische Grenze nach Osten sich wo möglich an die Gradmessung in den (russischen) Ostseeprovinzen anzuschließen suchen sollte" [1996a, S. 45].

Doch auf die Note der Russischen Gesandtschaft vom 16. Oktober 1829 erklärte Bessel seinem vorgesetzten Ministerium am 06. Dezember 1829 unter Hinweis auf die im Ostseeraum bereits laufenden militärischen Vermessungen, dass ggf. dem Generalstab die Gradmessungsarbeiten übertragen werden könnten: "Hierbei würde jede Einwirkung von meiner Seite unnötig sein, … da ich eine so hohe Meinung von diesen Arbeiten hege, dass ich überzeugt bin, ihre Güte nicht erhöhen zu können. Sollte aber das Unternehmen von der hiesigen Sternwarte ausgehen und dadurch im Sinne des Antrags eine astronomische Seite gewinnen, so würde (meine) Hilfe allerdings notwendig werden [1996a, S. 46].

Der preußische Kriegsminister stellte daraufhin am 31. Dezember 1829 fest: "Vermöge der bei uns bestehenden Verhältnisse, nach welchen sämtlichen geodätischen Operationen dem Generalstabe übertragen sind, würde die trigonometrische Abteilung desselben die zur Erreichung des vorgesetzten Zwecks erforderlichen Operationen zu ermitteln haben, auch die dazu nötigen Fonds darbieten. Der Astronom der Königsberger Sternwarte würde zu diesen Operationen jedenfalls zuzuziehen sein, um namentlich die Ermittlung des astronomischen Teils derselben, die Breiten- und Längenbestimmungen, zu übernehmen" [1996a, S. 46]. In diesem Sinne wurde dann auch durch eine Allerhöchste Cabinetts-Ordre von König Friedrich Wilhelm III. am 15. August 1830 betr. die Genehmigung der Arbeiten zur Ostpreußischen Gradmessung entschieden. Bessel wurde ermächtigt, die erforderlichen Absprachen mit der russischen Seite zu treffen [1996a, S. 46].

Über die Aufgabenverteilung zwischen der trigonometrischen Abteilung und Bessel erläuterte der Chef des Großen Generalstabs, Generalmajor Johann Jakob Otto August Rühle von Lilienstern in einem Schreiben vom 28. September 1830 an Bessel: "… dass Ihnen die Leitung und Ausführung sämtlicher astronomischen Arbeiten, welche zur Orientierung des ganzen Netzes sowie zum Anschlusse an die russische Vermessung notwendig sind, unbedingt überlassen bliebe. Die Triangulierung selbst würde von den Trigonometern des Generalstabes unter Leitung des Hauptmanns Baeyer … fortgeführt" [1996a, S. 46/47].

Die 1830 – 1838 (einschließlich der Vor- und Nacharbeiten) ausgeführte Gradmessung in Ostpreußen stellt also die Verlängerung der vom Rhein her kommenden Dreieckskette bis Memel dar. Ihre Ausgangsseite Trunz-Wildenhof war, wie zu lesen [1937, S. 251], die nördlichste Endseite der Generalstabskette Schlesien – Frisches Haff. Dieses lässt sich anhand der Beobachtungsregister 1840 jedoch nicht nachvollziehen; diese hören vielmehr mit der Seite Trunz-Brosowken auf, was möglicherweise darauf zurückzuführen sein könnte, dass im Zuge der Küstenvermessung 1837 eine neue Verbindung mit Hilfe von drei Dreiecken zwischen

Trunz-Brosowken und Trunz-Wildenhof geschaffen worden war.

Der Versuch, die Frage, ob an dieser Stelle vielleicht nicht doch schon zuvor eine Verbindung bestanden habe, zu lösen, verlangt quasi detektivische Ermittlungen.

Sie setzen bei dem Hinweis an, dass bereits vor 1837 auf dem Dreieckspunkt Sommerfeld der Küstenvermessungen ein "altes Signal" gestanden hat [1849, S. 390] [1895, S. 228]. Geht man dem nach, so stößt man auf eine Anmerkung im Anschluss an Winkelregister für "Ältere Hauptdreieckspunkte in Preußen": "Behufs dieses Anschlusses (neuerer Arbeiten) ist in Sommerfeld nicht Zentrum 1837 (der Küstenvermessung), sondern das Zentrum 1834 im Jahre 1859 festgelegt worden" [1866, S. 10] [1870, S. 36], auch [1866, S. 105].

Das hier genannte Jahr 1834 lässt erstaunen, weil ja die Ostpreußische Gradmessung nach ihrem Netzbild (Abb. 5) schon 1833 mit der Seite Trunz-Wildenhof an die vom Rhein bis zur Ostsee geführte Dreieckskette angeschlossen haben müsste. Nur so versteht man nämlich Bessel in seinem Vorwort zur Gradmessung in Ostpreußen: "Man konnte also, indem man Ostpreußen mit einer Dreieckskette überzog und diese gegen Westen an die letzte Dreiecksseite des Königlichen Generalstabes und gegen Osten an eine Seite der Russischen Dreiecke anschloss, eine ununterbrochene trigonometrische Verbindung von Formentera … bis zu … der Tennerschen Gradmessung … erhalten" [1838, S. IV] und ebenso auch seine, das nochmals bekräftigende Aussage: "Unsere Arbeit bewirkt daher … die beabsichtigte Verbindung der beiden Dreiecksketten" [1838, S. V].

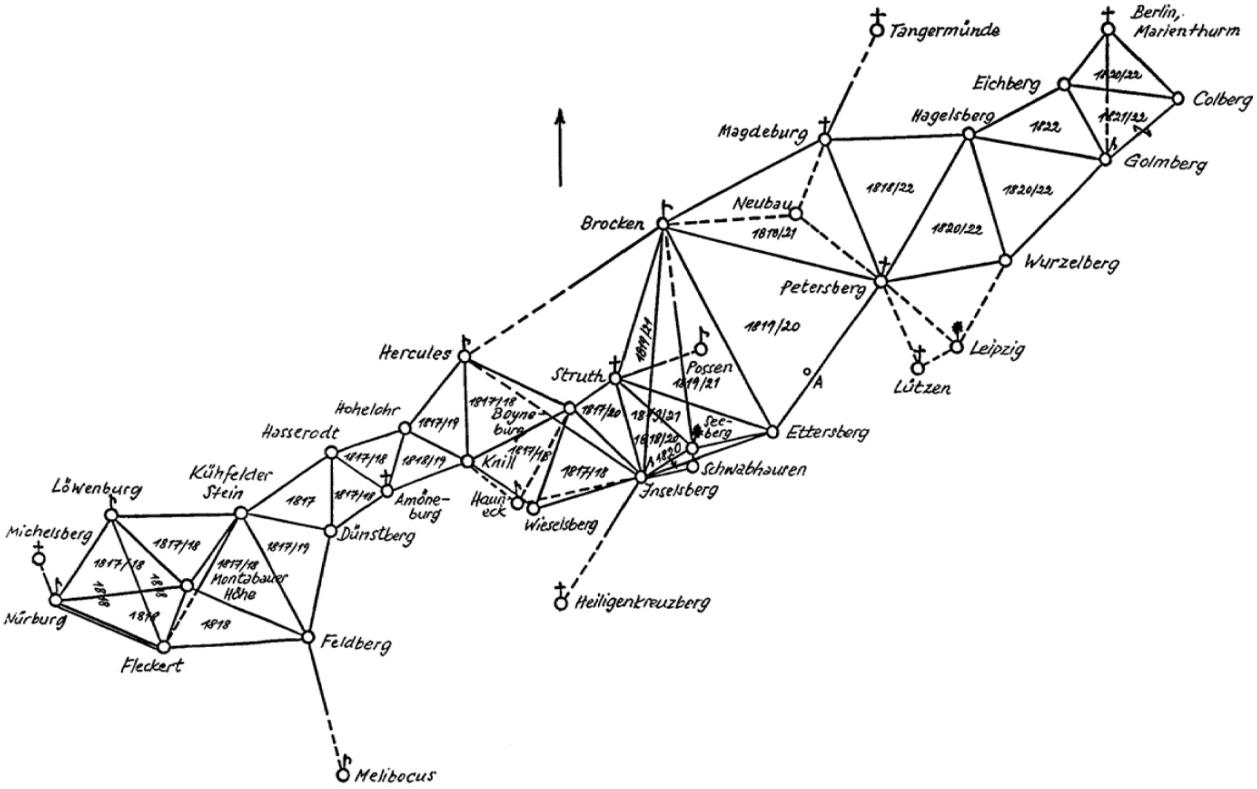


Abbildung 2: Teilkette Rhein – Berlin 1817 – 1822

Anmerkung: Vom Verfasser anhand der Beobachtungsregister von etwa 1840 und anderer Unterlagen gezeichnet.

Bei genauerem Hinsehen ist dies jedoch nicht unbedingt so auszulegen, dass die beiden Anschlüsse nun auch unmittelbar durch die Ostpreußische Gradmessung herbeigeführt wurden. So war es z.B. nötig, dass 1832 vorweg durch den russischen Generallieutenant v. Tenner von der russischen Dreieckskette von 1821 aus, die preußisch-russische Grenze überquerend, fünf Verbindungsdreiecke bis nach Memel geschaffen wurden [1866, S. 192-196] [1870, S. 459-463]. Damit war dann eindeutig vorgegeben: "Mittels der Seite Memel, Leuchtturm – Lepaizi schließt sich die Gradmessung in Ostpreußen an die Russischen Dreiecke … im Königreich Polen" an [1895, S. 154].

Nirgendwo findet sich aber eine ähnlich klare Aussage über die Anbindung der Ostpreußischen Gradmessung im Süden. Daraus ließe sich z.B. folgern, dass sie keineswegs mit der Seite Trunz-Wildenhof unmittelbar mit der vom Rhein her kommenden Generalstabskette verbunden wurde, sondern dass diese ostpreußische Dreiecksseite 1837 zum Anschluss der Küstenvermessung diente, die – wie dargelegt – ihrerseits mit der Generalstabskette verbunden war.

In welchem Zusammenhang steht dann aber das Signal von 1834 auf Sommerfeld? Einen ersten Hinweis hierzu vermittelt uns J. J. Baeyer in seinem im Mai 1849 verfassten Vorwort zur Küstenvermessung: "Mit dem Beginn der Gradmessung in Ostpreußen (d.h. 1832/33) war zugleich auch der Anfang zu einer Küstenaufnahme der Ostsee gemacht worden, die vom Königlichen Generalstabe in Gemeinschaft mit dem Königlichen Finanzministerium unternommen wurde. Der Generalstab hatte dabei die spezielle Aufnahme der Küste und das Finanzministerium die Ablotungen der Wassertiefen übernommen" [1849, S. III]. Im Zusammenhang mit dieser Vermessung könnte 1834 die erste Dreiecksverbindung zwischen Trunz-Brosowken und Trunz-Wildenhof entstanden sein.

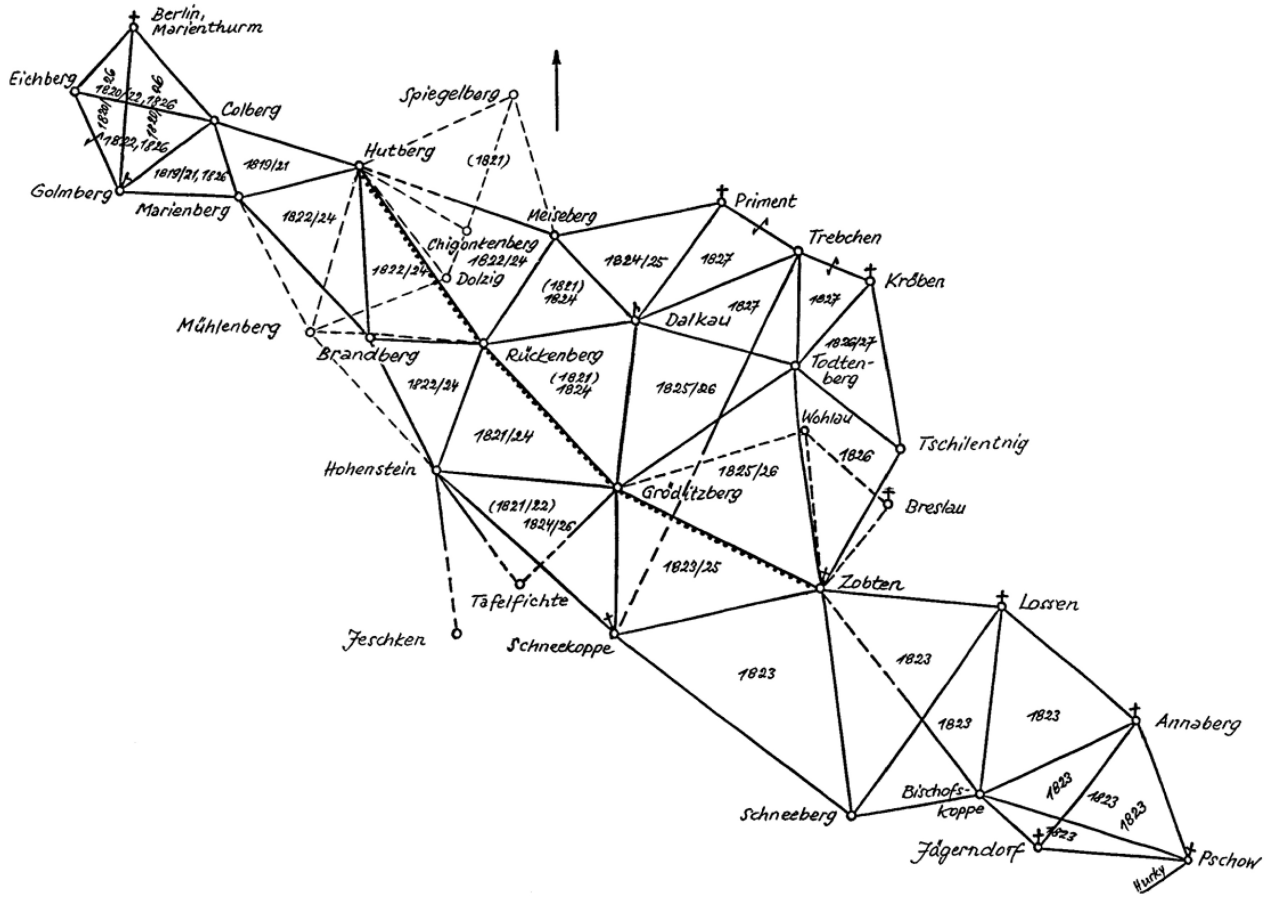


Abbildung 3: Teilkette Berlin – Schlesien 1820 – 1827 und Dreiecksnetz im Nordwesten Schlesiens 1824 – 1827
Anmerkung: Vom Verfasser anhand der Beobachtungsregister von etwa 1840 und anderer Unterlagen gezeichnet.

Aus den Briefen Baeyers an Bessel ergeben sich tatsächlich Anhaltspunkte für trigonometrische Arbeiten 1834 in diesem Bereich an der Weichselmündung, nachdem Anfang des Sommers 1834 bereits die Winkelmessungen für die Gradmessung in Ostpreußen abgeschlossen waren [1838, S. VII] [1876a, S. 63]:

- Berlin, 26. Oktober 1834: "Der Generallieutenant Krauseneck hat mich (Baeyer) beauftragt, Sie (Bessel) zu ersuchen, dem Generalstabe zur Fortsetzung (!) der Dreieckskette längs der Pommerschen Küste Ihren großen Ertelschen Theodoliten überlassen zu wollen, und, im Falle Sie dazu geneigt sind, mich zugleich ermächtigt, den Kauf abzuschließen" [1994a, S. 37, Brief 11], wie es dann auch geschah, denn am 18. November 1834 überwies Baeyer 800 Taler an Bessel [1994a, S. 40, Brief 12].
- In dem gleichen Brief vom 26. Oktober 1834: "Bertram ist schon seit 8 Tagen hier (in Berlin) … Er ist mit seinen Beobachtungen vollständig fertig geworden. v. Mörner war bis jetzt in der Gegend von Schönberg (an der Weichselmündung), hat aber die Durchsicht nach Trunz nicht mit Sicherheit ermitteln können, weil die Luft dort nie durchsichtig gewesen sein soll" [1994a, S. 37, Brief 11].
- Berlin, 26. April 1835: "Ich war der Meinung, dass Bertram schon im vorigen Jahre sämtliche Entfernungen unserer Dreiecke in (Ost-)Preußen, wie Kulenkamp sie gerechnet hatte, und zugleich auch seine Ermittlung der Seite Trunz-Wildenhof aus den Weichseldreiecken (!)

mitgeteilt hätte. Da dies aber nicht der Fall war, so habe ich ihn jetzt mit Zuziehung der Beobachtungen, welche er noch im vorigen Herbst (1834!) gemacht hat, die Dreiecke von neuem rechnen lassen" [1994a, S. 45, Brief 17].

Die Tatsache, dass im Beobachtungsregister 1840 auf den Stationen Brosowken, Pelplin und Mahren Winkel verzeichnet sind, die im September und Oktober 1834 gemessen wurden, unterstützt die Richtigkeit der Annahme, dass die fragliche Verbindung 1834 hergestellt wurde. Dass die Beobachtungsergebnisse der zugehörigen Dreiecke nicht mehr vorliegen, dürfte darin begründet sein, dass man das Verbindungsstück 1837 nochmals beobachtete, weshalb auch auf dem Dreieckspunkt Sommerfeld das "neue Signal" errichtet wurde. Auffällig ist ferner noch, dass für den Punkt zwischen Sommerfeld und Brosowken zwei Namen existieren: Grünhagen und Talpitten [1870, Dreiecksübersicht]. Da Talpitten unzweifelhaft der Küstenvermessung von 1837 angehört [1849, S. 94], wäre es nicht völlig auszuschließen, dass ein Punkt namens Grünhagen bei den Messungen 1834 gewählt wurde.

Durch alle diese einzelnen Hinweise und Sachverhalte dürfte ein ziemlich überzeugender Indizienbeweis erbracht sein; und aus dem "Schließen der Indizienkette" folgt das "Schließen der Dreieckskette" vom Rhein nach Memel schon mit dem Jahre 1834. Sollte dieses Ergebnis jedoch widerlegt werden können, so wäre als Endjahr für die große Kette quer durch Preußen statt 1834 das Jahr 1837 des Beginns der Küstenvermessung an der ostpreußischen Seite Trunz-Wildenhof anzusetzen.

Dem steht übrigens auch Bessels, die Vergangenheit eindeutig bezeichnende Aussage: "Die Verbindung unseres Dreiecksnetzes mit dem Preußischen ist durch die Dreiecksseite Trunz-Wildenhof … erlangt worden" [1838, S. 60] [1876a, S. 85] nicht entgegen, da er sein Manuskript erst 1837 fertiggestellt [1994, S. 53] und sein Buch 1838 veröffentlicht hat, als alle evtl. möglichen Zeitpunkte 1832 oder 1834 oder 1837 bereits vorüber waren. Und wenn man an anderer Stelle von Bessel liest: "Von Westen her ist eine lange Dreieckskette durch … v. Müffling und seine Nachfolger … bis zu (!) unserer Dreiecksseite Trunz-Wildenhof geführt worden" [1838, S. 422] [1876a, S. 127], so lässt sich dies sogar als Bestätigung dafür ansehen, dass die Ostpreußischen Dreiecke bereits vor der Heranführung der Generalstabskette fertig waren.

In den beigefügten Netzbildern (Abbildungen 2 bis 5, Anlage 1) sind allein die aus den Beobachtungsregistern 1840 hervorgehenden Richtungen in üblicher trigonometrischer Art als voll ausgezogene bzw. als halb ausgezogene und halb gestrichelte Linien dargestellt, je nachdem ob sie gegenseitig oder nur einseitig beobachtet waren. Aus anderen Unterlagen, insbesondere den Netzrissen von Lips [1937, S. 250] und der Beilage zum Schreiben O'Etzels an v. Müffling (Anlage 3)[1821a] übernommene Ergänzungen, für die keine Beobachtungsdaten in den Registern von 1840 vorliegen, sind in ganzer Länge gestrichelt eingetragen.

Während der Anfang und das Ende der gesamten Kette quer durch Preußen mit den Dreiecksseiten Nürburg-Fleckert und Memel-Lepaizi unzweifelhaft feststehen, ist die Abgrenzung ihrer Teilabschnitte keineswegs so eindeutig. Dies liegt daran, dass man diese Abgrenzungen nach verschiedenen Aspekten vornehmen kann, z.B. nach geodätisch-geometrischen Gesichtspunkten, nach dem jeweiligen Verwendungszweck der Teilketten, nach den Beobachtungsjahren der Winkel oder auch nach den organisatorischen Zuständigkeiten.

Die Leitung der militärischen Triangulationsarbeiten lag zur damaligen Zeit in den Händen dreier Generalstabsoffiziere:

1. von Müffling, Philipp Friedrich Carl Ferdinand

   (1813 Generalmajor, 1818 Generallieutenant, 1832 General der Infanterie)

   [1937a, S. 308-322] [1940, S. 7] [1958, S. 10] [1970a, S. 580-581] [1970b, S. 17] [1980] [1996c, S. 33-36];

2. von Krauseneck, Wilhelm Johannes

   (1829 Generallieutenant, 1838 General der Infanterie) [1941, S. 186] [1970, S. 9] [1996a, S. 48];

3. von Oesfeld, Karl Wilhelm

   (1816 Kapitän = Hauptmann, 1821 Major, war 1837 Oberstlieutenant) [1970b, S. 16/17] [1994a, S. 85].

Die unermüdlich treibende Kraft des ganzen Geschäfts dürfte spätestens ab Mitte der 20er Jahre

4. Baeyer, Johann Jakob

   (1815 Sekondelieutenant, 1823 Premierlieutenant, 1827 Hauptmann, 1836 Major)

   [1894a, S. 660] [1937a, S. 215-217] [1940, S. 13/14] [1960a, S. 461-463] [1970, S. 11] [1970b, S. 20] [1984a, S. 307-309] [1985, S. 307-309] [1994, S. 513-521] [1996b, S. 94]

gewesen sein, dem wegen seines tatkräftigen Einsatzes im Laufe der Zeit ein immer größer werdender Einfluss und eine wachsende Verantwortung zukamen.

Bei einer Neuorganisation des zum Kriegsministerium gehörenden preußischen Generalstabs wurde am 31. Januar 1816 eine eigene "Aufnahmeabteilung" gebildet, die aus zwei nahezu selbstständigen Teilen bestand [1970b, S. 17] [1980, S. 59]:

1. Eine Unterabteilung für die Gebiete am Rhein und in Thüringen unter v. Müffling, dem Chef des Generalstabs des in Koblenz stationierten Armeekorps, der dort ein "Aufnahme- und Zeichenbüro" (auch "Topographisches Büro" genannt) einrichtete, das von 1816 bis zum Jahresende 1819 bestand und anschließend von 1820 bis 1822 in Erfurt angesiedelt war [1940, S. 18] [1958, S. 13]. Es unterstand zwar dem Major Friedrich Ludwig Karl Knackfuß [1973, Anhang 6, Blatt 6], doch betreute v. Müffling selbst die trigonometrischen Arbeiten und nahm auch persönlich an ihnen teil.
2. Eine Unterabteilung für die Provinzen an und östlich der Elbe, die unmittelbar dem Chef des Generalstabes in Berlin, Generalmajor Karl Wilhelm Georg v. Grolman [1980, S. 67-75] unterstand, an dessen Stelle Ende 1819

der Oberst (1820 Generalmajor) Rühle v. Lilienstern trat. Zu ihr gehörte ein "Astronomisch-Trigonometrisches Büro" in Berlin unter Kapitän (1818 Major) v. Oesfeld [1958, S. 9/10].

Nachdem v. Grolman als Generalstabschef im Dezember 1819 ausgeschieden war, wurde zunächst interimistisch [1937a, S. 312] [1970b, S. 18] und am 21. September 1820 endgültig die obere Leitung für die gesamte militärische trigonometrische und topographische Landesaufnahme an v. Müffling übertragen, der daraufhin am 11. Januar 1821 zum Chef des "Generalstabs der Armee" ernannt wurde [1933, S. 122/123] [1937a, S. 313] [1940, S. 4] [1958, S. 10] [1980, S. 60/61] [1988, S. 308] und unmittelbar dem Kriegsminister unterstand. Dies bedeutete praktisch eine Verselbständigung und damit Ausgliederung des größten Teiles des bisherigen allgemeinen Generalstabes [1970b, S. 18]. Durch Kabinettsorder vom 25. Januar 1821 wurde in diesen neu gebildeten Generalstab der Armee auch das bisherige Berliner Astronomisch-Trigonometrische Büro als "Trigonometrisches Büro" mit drei Offizieren (v. Oesfeld als Leiter, O'Etzel und Baeyer) eingegliedert [1940, S. 4,8] [1958, S. 11] [1970b, S. 18] [1988, S. 309].

Bis einschließlich des Jahres 1820 ist daher zu unterscheiden zwischen den beiden Vermessungsgruppen v. Müfflings für die Gebiete westlich und v. Oesfelds für diejenigen östlich der Elbe. Bezüglich der großen Dreieckskette vom Rhein nach Berlin galt als gegenseitige Abgrenzung die Seite Brocken-Ettersberg [1854, S. 20]. Von 1821 an war v. Oesfeld unter der Oberleitung v. Müfflings für die Durchführung der trigonometrischen Arbeiten in ganz Preußen zuständig.

Tatsächlich wurden unter v. Müfflings unmittelbarer Regie 1817 bis 1820 die Winkel der Kette vom Rhein bis zur Linie Brocken-Petersberg beobachtet, während v. Oesfeld und seine Mitarbeiter 1817 die Fortsetzung der Kette erkundeten sowie die erforderlichen Signale errichteten [1818] [1854, S. 20] und dann 1818 – 1820 auf Magdeburg, Hagelsberg, Berlin, Marienberg und Hutberg die Winkel nahmen, also auf Punkten, die teils westlich und teils östlich von Berlin lagen. Wenn H. K. Berghaus mitteilt, dass "die trigonometrische Verbindung der Sternwarte zu Berlin mit der Seeberger Sternwarte und mit den von den Franzosen am Rhein gemessenen Dreiecken am Schluss des Jahres 1820 vollständig zu Stande gebracht war" [1854, S. 21], so steht das in zeitlichem Widerspruch zum Beobachtungsregister 1840, wonach sie erst 1822 fertig gestellt wurde (Abb. 2).

Wie man versuchte, die Erkundung der Dreieckspunkte in der Örtlichkeit häuslich vorzubereiten, zeigt ein Brief vom 25. Juni 1818 aus Jena an v. Müffling, in dem es um die Sichtmöglichkeit von einem Punkt A auf der Finne nach den bereits ausgewählten Dreieckspunkten Struth und Possen ging [1818a](Anlage 2). Unter diesem Punkt A ist der Berg Wolfanger östlich von Lossa zu verstehen, etwa in einem Drittel der Entfernung zwischen Ettersberg und Petersberg (Abb. 2). Offenbar hatte man gehofft, über diesen Punkt eine Verbindung nach Lützen oder gar unmittelbar nach Leipzig zu erhalten; das Vorhaben scheiterte jedoch.

Zwischen 1821 und 1832 wurden schließlich alle weiteren Stationen bis zur Ostsee unter der Leitung v. Oesfelds durch Mitglieder des Trigonometrischen Büros Berlin und hinzukommandierte Offiziere beobachtet. Berghaus lässt uns dazu 1826 wissen: "Eine Reihe gut konstruierter Dreiecke der ersten Ordnung wurde von Berlin bis an die Oder und dieselbe aufwärts bis an die Karpaten geführt. Der österreichische und (der) preußische Generalstab verbanden ihre beiderseitigen Arbeiten auf den hohen Bergen der Sudeten; abwärts der Oder und über Posen hinaus zur Weichsel schritten die Arbeiten vor. So ist also alles eingeleitet, um mit den Hauptdreiecken nach dem Niemen (der Memel) vorzurücken und die Längengradmessung zu erweitern" [1826, S. 25].

Nachdem v. Müffling am 28. November 1829 zum Kommandierenden General des in Münster/Westf. stationierten Armeekorps ernannt worden war [1937a, S. 317], übernahm Generallieutenant Johann v. Krauseneck als Chef des Generalstabs der Armee [1933, S. 123] [1937a, S. 312] die Oberleitung aller militärischen Vermessungen in Preußen. Die Winkelmessungen waren 1829 bereits bis zur Linie Trzementowken-Kabott vorangeschritten. Die verschiedentlich in der Literatur zu lesende Behauptung, das Kettenstück von Schlesien bis zum Frischen Haff sei unter v. Krauseneck geschaffen worden (z.B. [1937, S. 251]), trifft also nur für ihren nördlichen Teil zu. Richtiger wäre daher zu sagen, es sei unter ihm vollendet worden. Im Gegensatz zu v. Müffling und v. Oesfeld hat sich v. Krauseneck selbst nie an trigonometrischen Vermessungen im Gelände beteiligt.

Wollte man nun gemäß dieser organisatorischen Gliederung eine Unterteilung der etwa 1750 km langen Gesamtkette vornehmen, so käme man zu keinem befriedigenden Ergebnis. Es empfiehlt sich daher, die folgende funktionale Einteilung, wie sie sich z. T. bereits eingebürgert hat, anzuwenden:

1. Teilkette "vom Rhein nach Berlin" 1817-1822 (Abb. 2) mit den Teilstücken
   - "vom Rhein zum Seeberg" 1817-1820 und
   - "vom Seeberg nach Berlin" 1818-1822.
2. Teilkette "von Berlin nach Schlesien" 1820-1827 (Abb. 3) mit den Teilstücken
   - "von Berlin bis Schlesien" 1820-1824, Nach- und Ergänzungsmessungen 1826, und
   - "entlang der Südgrenze Schlesiens" mit Anschluss an österr. Dreieckspunkte in Böhmen 1821-1823, Nach- und Ergänzungsmessungen im Nord- und Mittelteil 1824-1826. An dieses Kettenstück wurde ein Dreiecksnetz über den Nordwestteil der preußischen Provinz Schlesien angeschlossen 1824-1827 (Abb. 3).

3. Teilkette "von Schlesien bis zum Frischen Haff/Ostsee" 1827-1834 mit den Teilstücken
   - "von Schlesien bis zur Weichsel(mündung)" 1827-1832 (Abb. 4) und
   - "von der Weichsel(mündung) bis Ostpreußen", vermutlich von 1834, das 1837 im Zuge der Küstenvermessung ersetzt wurde (Abb. 5).
4. Teilkette "Gradmessung in Ostpreußen" vom Frischen Haff bis Memel
   - (1832-)1833-1834 [1984b, S. 582] (Abb. 5).

Durch diese Bildung von Kettenabschnitten wird allerdings das Problem der Abgrenzung zwischen den Teilketten und zwischen den Kettenstücken leider noch nicht gelöst, denn:

- Die Dreiecke zwischen Golmberg-Eichberg-Berlin-Colberg gehören sowohl der Teilkette vom Rhein nach Berlin wie auch der Teilkette von Berlin nach Schlesien an.
- Der Beginn der Teilkette von Schlesien bis zum Frischen Haff ist nicht exakt festzulegen. Nach Lips wurde sie "über die schlesischen Dreieckspunkte Todtenberg und Tschelentnig" nach Norden geführt [1937, S. 251]; sie hätte demnach an der Seite Gröditzberg-Zobten anfangen müssen. Zweckmäßiger dürfte es dagegen sein, für ihren Beginn die drei Punkte Priment, Trebchen und Kröben zu wählen, die jenseits von Schlesien und damit des schlesischen Dreiecksnetzes bereits in der damaligen Provinz Posen liegen.
- Die Aufteilung der Teilkette von Schlesien bis zum Frischen Haff in zwei Stücke erscheint ziemlich willkürlich und ist nur dadurch bedingt, dass für ihr Teilstück zwischen der Seite Trunz-Brosowken und dem Anschluss der Ostpreußischen Gradmessung keine Beobachtungsregister von 1840 vorliegen. In Ermangelung einer exakten Kenntnis dieser Verbindungsdreiecke sind in die Anlage 1 und in die Abb. 5 hilfsweise die 1837 gemessenen Dreiecke übernommen.

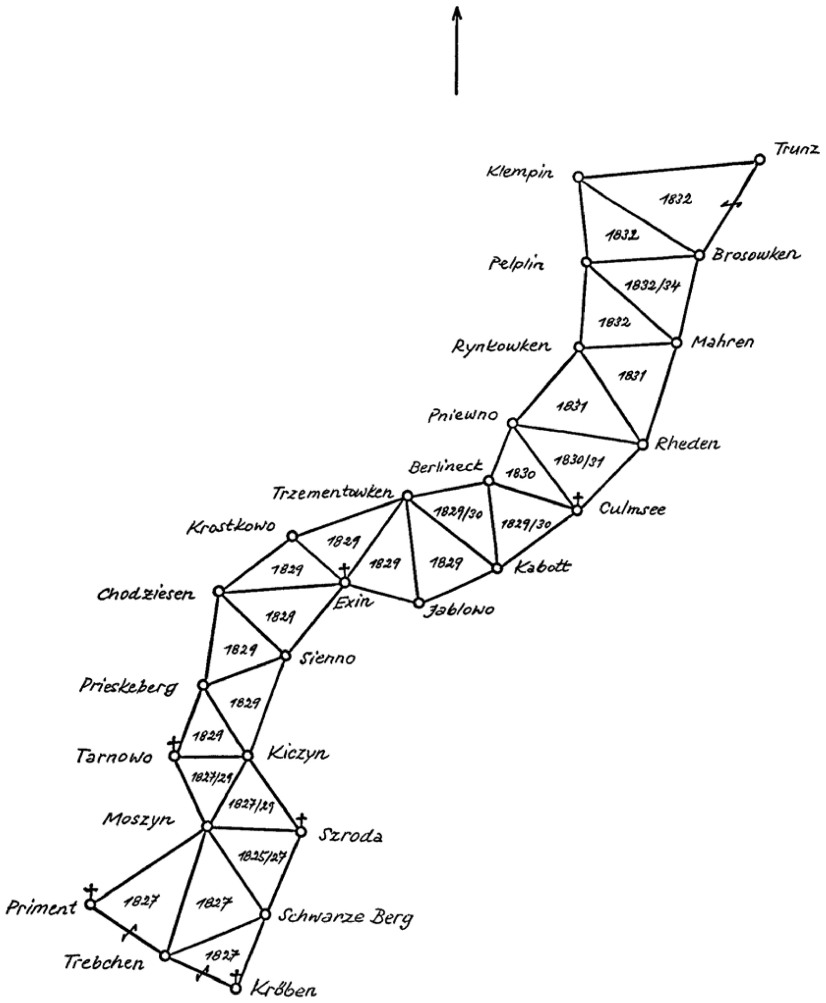


Abbildung 4: Teilkettenstück Schlesien – Weichselmündung 1827 – 1832

Anmerkung: Vom Verfasser anhand der Beobachtungsregister von etwa 1840 und andererUnterlagen gezeichnet.

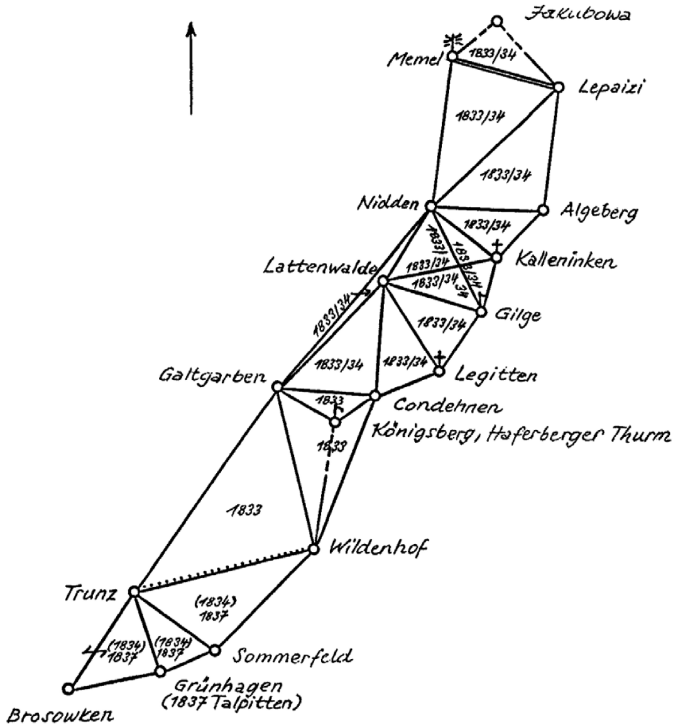


Abbildung 5: Teilkette Gradmessung in Ostpreußen 1833 – 1834 und Teilkettenstück von der Weichselmündung bis Ostpreußen (1834)1837

Anmerkung: Vom Verfasser anhand der Abrisse der Ostpreußischen Gradmessung und der Küstenvermessung gezeichnet.

Was den Anschluss an die linksrheinische Triangulation Tranchots (1801-1813)[1973, S. 72-125] angeht, so teilt uns v. Müffling in seinem Bericht über die Rheinvermessung vom November 1817 mit:

"Nachdem ich mein erstes Hauptdreieck berechnet und einige Tranchotsche Winkel, welche ich ebenfalls maß, mit den seinigen verglichen hatte, entdeckte ich, dass Tranchots Punkt Löwenburg unmöglich das Zentrum des alten Turms gewesen sein konnte, sondern auf der Mauer dieses Turmes gelegen haben müsse. Ich hatte erfahren, dass Tranchot auf der Mauer des Turmes der Löwenburg beobachtet hatte, und schrieb deshalb nach Paris um Aufklärung. Man antwortete mir von da, in seinen zurückgelassenen Papieren finde sich deutlich: la tour de Löwenburg, welches das Zentrum bedeute, und teilte mir seine Original-Beobachtungen mit.

Aus diesen war über diesen Punkt keine Gewissheit zu erlangen. Ich erfuhr nach näherer Erkundigung, dass Tranchot auf der Mauer der Löwenburg ein Signal in Form eines Türmchens hatte bauen lassen. Dieses Türmchen muss als sein Punkt Löwenburg gemeint gewesen sein, es lag circa 4 m vom Zentrum des Turmes …

In dieser Ungewissheit blieb mir nichts anderes übrig, als zum nächsten Tranchotschen Dreieck zu gehen, um die Seite Nürburg-Löwenburg daraus zu bestimmen. Der nächste Punkt war ein Signal; indes ich war so glücklich, das hölzerne Kreuz in der Erde unverrückt zu finden, auf dessen Endpunkten das Signal gestanden hatte, welches ich wieder erbauen ließ" [1818, S. 43/44].

Von vornherein in die Gesamtkette einbezogen wurde die bereits 1805 unter dem Direktor der Sternwarte auf dem Seeberg, dem Astronomen Franz Xaver v. Zach, im Meridian des dortigen Passageinstrumentes für Triangulationen in Thüringen gemessene Basis, von der 1818 jedoch nur der Südteil (5875m) nach Wiederherstellung ihres südlichen Endpunktes Schwabhausen benutzbar war [1820, S. 525, 527, 533-535] [1826, S. 13/14] [1861, S. 10/11] [1937, S. 248/249].

Von der hohen Qualität der Dreieckswinkelmessungen überzeugt, glaubte v. Müffling 1819/20, selbst bei einer Weiterführung seiner Kette bis Memel auf jede weitere Basis verzichten zu können; denn die Abweichung in der Basis Seeberg, gerechnet über 70 Dreiecke von der französischen, den Tranchotschen Dreiecken zugrunde liegenden Basis Melun aus, betrug nur 0,19 Toisen = 0,37 m [1820, S. 528, 532] [1826, S. 21]. Vielleicht spiegelte sich in seiner Ansicht aber auch nur die Angst vor den Schwierigkeiten einer solchen Basismessung wider oder die Angst davor, auf diese Weise augenfällig die doch nicht so hohe Genauigkeit in den Dreieckswinkeln aufzudecken. Jedenfalls hatte er 1817, also zwei Jahre zuvor, noch gemeint, "dass es in jedem Falle zweckmäßig wäre, die Dreiecke von Thüringen aus bis an die Elbe oder, so möglich, bis nach Berlin fortzusetzen und dort eine Grund-

linie zu messen, welche zugleich als Verifikationsbasis und als Grundlage zu neuen Dreiecksreihen nach Schlesien und nach Preußen dienen konnte" [1818, S. 41].

Tatsächlich maß dann Berghaus 1821 aus Anlass von Dreiecksmessungen in der Umgebung Berlins unter der Leitung v. Oesfelds die Riksdorfer Grundlinie auf der Landstrasse Berlin-Königswusterhausen (1118 m) und bestimmte über seine Dreiecke auch die Punkte Marienkirche Berlin sowie Eichberg der großen Kette quer durch Preußen [1937, S. 247].

Eigens für die Ostpreußische Gradmessung legte Bessel 1834 eine Basis bei Königsberg von 1822 m Länge an, die über ein kleines Vergrößerungsnetz und den Zwischenpunkt Königsberg, Haferberger Turm, mit den Dreieckspunkten Wildenhof, Galtgarben und Condehnen des Hauptnetzes verbunden wurde [1838, S. 1-58] [1876a, S. 64-84] [1895, Netzübersicht] [1937, S. 311/312] [1994a, S. 32, 34/35, 70].

Zum Zwecke der geplanten Längengradmessung beobachtete Bessel im Juli/August 1832 in Trunz und im Juli 1834 in Memel mit einem Passageinstrument und zwei Box-Chronometern die Zeit, Azimute zu eigens nördlich in der Nähe angebrachten Zeichen (Meridianmarken) sowie Polhöhen (geogr. Breiten), während Baeyer im Sommer 1834 auf beiden Stationen mit einem Theodolit zusätzlich Azimutmessungen nach benachbarten Punkten der Dreieckskette ausführte. Instrumentenstandpunkte waren in Trunz der sog. "astronomische Pfeiler" (Holzpfeiler von 1 m Höhe) und in Memel ein neben dem Leuchtturm errichteter Steinpfeiler (astronomischer Pfeiler), bei den Theodolitmessungen auch der Dreieckspunkt auf der Galerie des Leuchtturms selbst [1838, S. 59, 243/244, 257-297] [1876a, S. 84/85, 107] [1895, S. 163, 165] [1911, S. 306]. Die zugehörigen Berechnungen, an denen auch v. Mörner beteiligt war, wurden im Frühjahr 1835 abgeschlossen [1994a, S. 43, 63].

Jetzt fehlte nur noch, die Polhöhe der Königsberger Sternwarte mit den gleichen Sternen zu bestimmen, die zuvor in Trunz und Memel benutzt worden waren [1838, S. VIII] [1876a, S. 63]. Diese Arbeit führte Baeyer im Sommer 1836 mit einem kleinen Passageinstrument von Repsold aus [1838, S. 260, 298-304] [1994a, S. 66-74]. Im Frühjahr 1837 äußerte Bessel schließlich noch den Wunsch, dass Baeyer die ostpreußische Dreieckskette durch weitere astronomische Beobachtungen vervollständigen möge. Baeyer meinte daraufhin am 20. April 1837, dies sei "allerdings auch der meinige immer im Stillen gewesen"; doch musste er dies aus Zeitmangel wegen zu großer Arbeitsfülle ablehnen [1994a, S. 78, Brief 52].

Wie sehr es im Übrigen Baeyer daran gelegen war herauszustellen, wem das größte Verdienst an der Gradmessung in Ostpreußen zukäme, geht aus seinem Vorschlag vom 16. März 1838 an Bessel bezüglich der von Bessel allein vorbereiteten Veröffentlichung hierüber hervor: "In Bezug auf das Ganze habe ich nun noch den Wunsch, dass die einzelnen Teile der verschiedenen Operationen bei der Herausgabe durch einen allgemeinen und offiziellen Titel zusammengehalten würden und dass dieser schon der Gradmessung in (Ost-)Preußen vorgedruckt würde. Ich würde dazu in Vorschlag bringen "Geodätische Arbeiten des Preußischen Generalstabs" und frage bei Ihnen an, was Sie … dazu meinen" [1994a, S. 97, Brief 71]. Tatsächlich beschränkte man sich jedoch darauf, im Titelblatt unter "Ausgeführt von" die beiden Namen "F. W. Bessel, Direktor der Königsberger Sternwarte" und "Baeyer (ohne Vornamenkürzel!), Major im Generalstabe" zu nennen. Dies dürfte, selbst wenn Bessel zu einem solchen Obertitel bereit gewesen wäre, seinen Grund darin gehabt haben, dass er nicht wie der Generalstäbler Baeyer dem Kriegsministerium, sondern dem Ministerium für Geistliche, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten unterstand [1996a, S. 46], also unterschiedliche Ressortzuständigkeiten vorlagen.

4. Mitarbeiter bei den Beobachtungen

In der großen Dreieckskette vom Rhein bis Memel (1817 – 1834) waren gemäß den Beobachtungsregistern von 1840 und dem Vorwort zur Gradmessung in Ostpreußen [1838, S. VIII/IX] [1876a, S. 64] folgende Offiziere und Ingenieurgeographen als Beobachter eingesetzt (in den angeführten Zeitangaben sind Unterbrechungen von einem, höchstens auch zwei Jahren unberücksichtigt gelassen):

1. Assimont (auch Asimont), G., 1824-1827
   um 1819 Ingenieurgeograph, 1822 (Pionier-)Portepeefähnrich
2. Baeyer, Johann Jakob, 1820-1823, 1825-1827, 1829-1830, 1833-1834
   1815 Sekondelieutenant, 1823 Premierlieutenant, 1827 Hauptmann, 1836 Major
3. Berghaus, Heinrich Karl (auch: C. Heinrich W. [1978]), 1818-1820
   1818 Ingenieurgeograph, 1821 Lehrer an der Berliner Bauakademie, 1824 Professor
4. Bertram, Karl Ludwig Ferdinand, 1823-1824, 1826, 1829, 1831-1832, 1834
   1816 Ingenieurgeograph, 1818 Fähnrich, war 1832 Lieutenant
5. von Borke (auch Borcke), August Franz Heinrich Ludwig Karl, 1832-1834
   Lieutenant
6. Haenel von Cronenthal (auch Kronenthal) 1831
   Ingenieur-Capitaine (= Hauptmann)

7. von Happe 1832/34
   Lieutenant
8. Kulenkamp, Adolf, 1829-1830, 1832-1834
   Lieutenant, war 1832 Premierlieutenant
9. Laue, Friedrich Wilhelm, 1822-1823
   1813 Sekondelieutenant, 1816 Premierlieutenant, 1824 in türkischen Diensten
10. von Lobenthal 1831-1832
    (wahrscheinlich Lieutenant)
11. Michaelis, Ernst Heinrich, 1817-1820
    1814 Ingenieurgeograph, 1815 Sekondelieutenant, 1817 Premierlieutenant, 1819 Ingenieur-Capitaine (= Hauptmann), 1821 aus der preuß. Armee ausgeschieden
12. von Mörner 1832-1834
    Lieutenant, 1837 Hauptmann
13. von Müffling, Philipp Friedrich Karl Ferndinand,1817-1818
    1813 Generalmajor, 1818 Generallieutenant
14. von Negelein 1822-1823, 1829-1830
    Sekondelieutenant
15. von Oesfeld, Karl Wilhelm,1818-1820
    1811 Premierlieutenant, 1815 Capitaine (=Hauptmann), 1818 Major, 1837 Oberstlieutenant
16. O'Etzel, Franz August,1817-1819, 1821-1822, 1824
    1815 Premierlieutenant, 1817 Rittmeister (= Hauptmann), 1827 Major
17. von Vincke 1825-1827, 1829
    (wahrscheinlich Lieutenant)

Hierzu u.a.: [1933] [1940, S. 7/8] [1941, S. 187-189] [1973, Anhang 6] [1970, S. 11-15; Nr. 140 S. 05-09] [1996a, S. 45] [2001] [2004]

Außerdem hat Professor Johann Franz Encke, der Direktor der Sternwarte auf dem Seeberg, aufgrund einer Absprache mit v. Müffling [1973, S. 223] zwischen 1818 und 1821 einige Winkel auf Inselberg, Seeberg und Schwabhausen gemessen. Der Name Dalmer taucht nur einmal auf, und zwar bei der Station Struth 1819; der dort von ihm beobachtete Winkel Possenturm-Inselberg wurde jedoch für die Dreieckskette nicht benutzt.

Dass an den Winkelmessungen im Kettenstück von Seeberg nach Berlin in den Jahren 1818 bis 1820 auch der Hauptmann v. Cronenthal sowie der Premierlieutenant Assmann teilgenommen hätten [1937, S. 249/250] [1958, S. 13], kann anhand der Beobachtungsregister von 1840 nicht bestätigt werden; möglich wäre allerdings, dass deren Messungsergebnisse später verworfen wurden und daher nicht mehr darin aufgeführt sind.

5. Dreieckspunkte und Signale

Die gesamte Kette vom Rhein bis Memel hat 86 Dreieckspunkte, wobei die nur vorwärts angezielten Punkte sowie die aus Lipsschen Netzrissen [1937, S. 250] und der Anlage 3 übernommenen zusätzlichen Punkte nicht mitgezählt sind. Von ihnen waren 30, also gut ein Drittel, natürliche Hochpunkte, zumeist Türme von Kirchen, Klöstern und Burgen, Bauwerke auf Bergen (Kapellen, Aussichtstürme und –gerüste (=Belvedere), ein Einkehrhaus), auch eine Sternwarte (Mitte des Passageinstruments), die Pyramide auf einem Denkmal, ein Leuchtturm sowie der Schornstein eines Pfarrhauses.

In der Regel war die Helmstange, die Spitze oder die Mitte des betreffenden Objektes das Stationszentrum, manchmal aber auch ein anderer Punkt auf dem Gebäude, z.B. beim Kirchturm von Szroda eine Stelle, die man auf zwei Turmecken einmaß [1840].

Die übrigen Kettenpunkte wurden durchweg mit in den Boden eingegrabenen Holzpfählen oder Holzpfeilern bezeichnet, sowohl um auf diesen zu beobachten wie auch um sie von benachbarten Punkten aus anzuzielen. Leider sind ihre Höhen in den Beobachtungsregistern 1840 nicht angegeben, wohl aber finden sie sich teilweise bei der Gradmessung in Ostpreußen. Dort gab es z.B. einen Holzpfahl von 1 m Höhe (Trunz), aber auch Holzpfeiler von 4 m (Algeberg) und 11,2 m Höhe (Wildenhof) sowie Gerüste von 3,0 m (Nidden) und 7,8 m Höhe (Galtgarben). Derartige über Leitern besteigbare Beobachtungsgerüste baute man um die höheren Standpfeiler herum, jedoch völlig isoliert von ihnen [1849, S. 50]. Ein solches Signal ist in der Beschreibung der Küstenvermessung [1849] als Anlage dargestellt (Abb. 6). Die beiden Signale auf Nidden und Galtgarben, wie eigentlich gewünscht, höher zu bauen, war wegen des "losen Sandes der Dünen und der heftigen Stürme" an der Ostsee nicht möglich [1838, S. 60] [1876a, S. 85]. Das Signal, das Baeyer für seine Beobachtungen auf Lattenwalde vorfand, nannte er "ein unbrauchbares Gestell als Beobachtungspfahl" [1994a, S. 31, Brief 4].

Über eine wohl einmalige Besonderheit berichtete Bessel: "Auf dem Dreieckspunkte Wildenhof, auf welchem trotz seiner Höhe von 112 Toisen (= 218 m) über der Meeresfläche vorliegende Wälder die Aussichten verschlossen, wurde das Instrument 5,755 Toisen (= 11,2 m) über der Oberfläche des Bodens aufgestellt; eine sehr große, auf dem Schloßberge von Wildenhof wachsende Fichte wurde in dieser Höhe abgeschnitten, daselbst mit einem Stück Eichenholze bedeckt, von ihrer Rinde befreit und mit einem Zimmerwerke umgeben, welches dem schweren Instrumente beim Heraufbringen und den Beobachtern einen geräumigen, sicheren Standpunkt gewährte. Dieses Zimmerwerk war außer Verbindung mit dem Fichtenstamme, auf

welchen also auch die Bewegungen der Beobachter ohne Einfluss waren" [1876a, S. 86/87].

Neben dieser Art von Signalen gab es andere, unter denen Platz zum Beobachten (z.B. auf einem Stativ) war. Ursprünglich baute man diese mit Kanthölzern (Balken) zimmermannsmäßig mittels Verzapfungen und Verbolzungen von einem Balkenkreuz (Schwellenlager), das ohne Verankerung in der Erde auf Findlingen ruhte [1940, S. 15], pyramidenförmig in die Höhe. Ein solches, bereits um 1806 durch v. Zach für die Triangulation Thüringens (1803-1809) errichtetes Signal stand damals noch auf Hasserodt. Es war "eine vierseitige, oben mit Brettern bekleidete Pyramide … Das Instrument wurde auf einem über dem Kreuze der Grundbalken stehenden Pfosten nach dem Augenmaß senkrecht unter der Signalspitze aufgestellt und für die Aussicht nach Amöneburg in den Strebebalken südlich eine Höhlung eingehauen … Zur Prüfung (wurde) aus der Signalspitze herunter gesenkelt; allein der aus Nordost wehende Wind ging so heftig, dass das Lot nie vollkommen zur Ruhe gebracht werden konnte; überdies machten die Sperrkreuze des Gebälks das Senkeln sehr zusammengesetzt, so dass das Resultat sehr unsicher blieb" [1821, Beispiel zum Register 1]. Bei einer derartigen Bauart der Signale ist es nicht verwunderlich, dass im Januar 1818 ein Sturm [1940, S. 15] die schon 1817 erbauten Signale auf Boyneburg und Wieselsberg umstürzte, so dass 1818 neue Signale errichtet werden mussten [1973, Anhang 9, Bl. 12 und 14]. Erstaunlich ist, dass man damals das Abloten mit dem Theodoliten aus zwei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen noch nicht anwandte.

Später errichtete man dreiseitige oder vierseitige Pyramiden aus Rundhölzern (Stämmen, Stangen), deren Standbeine in die Erde eingelassen wurden (Abb.7) und die oben meist eine umlaufende Bretterbekleidung, doch keinen Einstellzapfen [1940, S. 15] trugen (wie etwa in Abb. 8). So gab es 1833 in Lepaizi ein 26,3 m hohes russisches Signal, unter dem sich exzentrisch ein Holzpfahl zum Aufstellen des Theodoliten befand [1876a, S. 87] [1895, S. 166]. Zu dieser Gruppe von Signalen dürfte auch die im Oktober 1814 unter Leitung der Lieutenants O'Etzel und Wittich zur Vorbereitung einer Kartenaufnahme des Herzogtums Nassau [1973, S. 203] von Einwohnern der Ortschaft Reifenberg aus Kiefernstämmen erbaute Pyramide auf dem Feldberg gehört haben, die dann in der Müfflingschen Kette mit benutzt wurde [1973, Anhang 9, Bl. 5].

In seinem Werk über die Gradmessung in Ostpreußen teilte Bessel Folgendes mit: "Wo wir unsere Beobachtungen von dem Sonnenschein unabhängig machen wollten, haben wir ein gleichschenkliges Dreieck von Lattenwerk über einem Dreieckspunkte aufgerichtet, dessen senkrecht stehende, sich auf den Himmel projizierende Ebene mit schwarzer Leinwand bekleidet war und dessen Spitze sich in der Lotlinie des Dreieckspunktes befand. Eine Signalisierung dieser Art ist oft vorteilhafter als Heliotropenlicht, vorzüglich wenn die Entfernung nicht größer ist als 15000 bis 20000 Toisen (30 – 40 km); eine quadratische Fläche über dem Signalpfeiler würde der dreieckigen wahrscheinlich noch vorzuziehen sein" [1876a, S. 88].

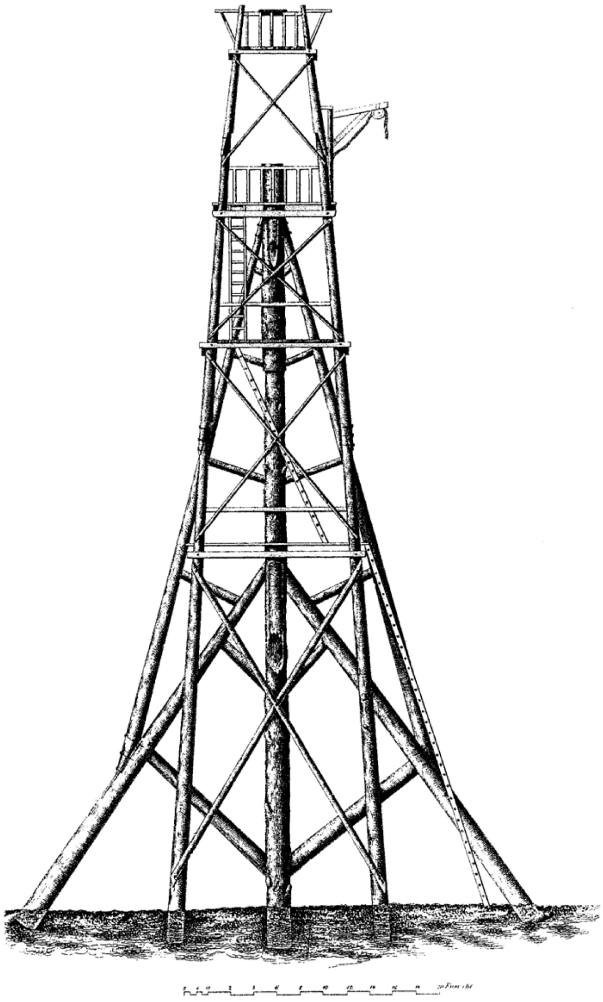


Abbildung 6: Standpfeiler mit Beobachtungsgerüst
Kopie aus: Baeyer, Johann Jakob: Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie. Berlin 1849.

Auch gab es noch einige Besonderheiten der Punktmarkierung: ein Rasenkegel auf Kühfelderstein, ein Baum mit weit ausladender Krone (Signalbuche) auf Knill sowie ein auf einem Felsen befestigter zylindrischer Beobachtungspfahl zu Hohenstein. In Löwenburg und Petersberg baute man hölzerne Signale in die dortigen Ruinentürme einer Burg bzw. einer Kirche ein. In Memel wurde "ein festes, aus dreizölligem (8 cm) Eichenholze konstruiertes Gestell an der äußeren Mauer des Leuchtturmes durch Schraubenbolzen … befestigt und diente zur Aufstellung des Instruments" [1876a, S. 86].

Grundsätzlich bildeten die Mitten der Standpfeiler bzw. Signale das jeweilige Stationszentrum. Eine zusätzliche Vermarkung im Boden wurde im allgemeinen nicht vorgenommen, da sie weder für die Gradmessungsauswertung noch für topographische Aufnahmen 1 : 25 000 (1 mm = 25 m), die alsbald der Triangulation folgen sollten, erforderlich war [1940a, S. 12]. Dass die Dreieckspunkte auch späterhin noch für genaue eigentumsrechtliche und ingenieurmäßige Vermessungen als Anschluss hätten

dienen können, lag außerhalb ihrer damaligen, vom Militärischen her geprägten Zweckbestimmung.

Dort, wo sich bereits Festlegungen im Erdboden vorfanden, benutzte man sie jedoch als Punktzentren, so z. B.

- auf Dünstberg einen hessischen kleinen spitzen Stein mit Bleiguss [1973, Anh. 9, Bl. 6],
- in Schwabhausen die südliche Meridianmarke der Sternwarte Seeberg,
- auf Bischofskoppe einen Grenzstein mit Kreuzschnitt auf der Bergspitze (Anschlusspunkt an die österreichischen Dreiecke in Böhmen) [1874, S. 301],
- in Lepaizi den unterirdischen russischen Granitstein [1895, S. 166],
- in Jakubowa den russischerseits 1821 etwa 0,3 m tief in die Erde versenkten Ziegelstein mit eingerissenen Diagonalen, der in einem Fundament von Feldsteinen und Kalk aufrechtstehend eingemauert war [1895, S. 172/173].
- In Krostkowo wurde 1829 "zum dereinstigen Wiederfinden des Standpunktes … in einem naheliegenden großen Stein ein kleines Dreieck eingemeißelt" sowie dessen Richtung und Entfernung vom Zentrum bestimmt [1840].

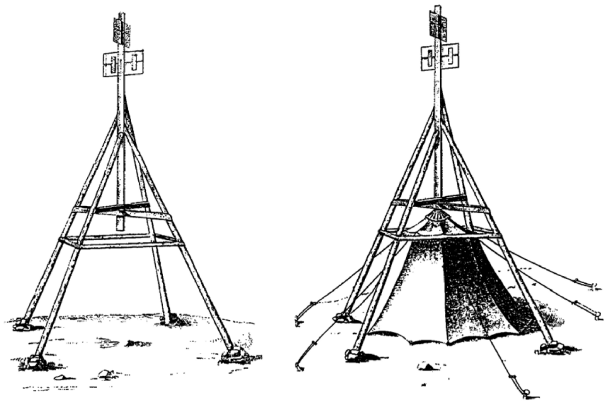


Abbildung 7: Pyramidensignale – ohne und mit Zelt

Anmerkung: Herkunft unbekannt. Vom Verfasser in einer Diplomarbeit gefunden und kopiert.

Wohl auf Veranlassung Bessels legte man bei der Ostpreußischen Gradmessung grundsätzlich Wert auf Sicherungsmarken. In Algeberg, Trunz und Wildenhof [1838, S. 121, 99, 96] brachte man 1833 exzentrisch zu den Holzpfeilern je zwei Granitblöcke bzw. Granitwürfel bzw. roh behauene Steinwürfel mit je 8 cm tiefen Bohrlöchern etwa 0,3 m tief in die Erde ein, deren Abstände von den Zentren zwischen 3 und 21 m betrugen. In Lattenwalde und Nidden verzichtete man jedoch "wegen der Beweglichkeit des Dünensandes" auf derartige Sicherungsmarken [1895, S. 164].

Wegen ihrer besonderen Art sind noch die Vermarkungen zweier ostpreußischer Dreieckspunkte erwähnenswert:

- Condehnen: Granitblock von beträchtlicher Größe in 1,5 m tiefem Loch, darin ein Messingzylinder mit Kreuzschnitt. Zur Ausführung der Beobachtungen war ein sechseckiger Sandsteinpfeiler über dieser unterirdischen Festlegung errichtet, darin ein 1,3 cm über die Pfeileroberfläche herausstehender Messingbolzen mit einer Vertiefung in der Mitte [1866, S. 11] [1870, S. 37] [1895, S. 160].
- Galtgarben: unterirdische eiserne Kanone, in deren Traube ein Kreuzschnitt eingezeichnet war. Zur Ausführung der Beobachtungen errichtete man ebenfalls einen sechseckigen Sandsteinpfeiler mit herausstehendem Messingbolzen. Als Exzentrum wurde ein ungefähr 5 m westlich befindliches eisernes Kreuz (Denkmal an die Freiheitskriege) eingemessen [1866, S. 11] [1870, S. 37] [1895, S. 160].

Die genannten Steinpfeiler ragten etwa 3 Fuß aus dem Erdboden heraus. Die Messingbolzen, die man übrigens auch in die Holzpfähle und -pfeiler einbrachte, dienten der Zwangszentrierung der Theodolite und der Zielmarken [1876a, S. 86, 87].

Offenbar angeregt durch die Vorbereitungen zur Ostpreußischen Gradmessung brachte man schon 1832 in dem zur Kette Schlesien-Ostsee gehörenden Dreieckspunkt Brosowken einen Stein mit eingebohrtem Loch etwa 3 Fuß tief in die Erde ein, und als 1834 ein neues Signal auf dem Punkt Mahren erforderlich war, versenkte man "zur dauernden Bezeichnung des (neuen) Zentrums in Richtung des alten Signals (von 1830) zu beiden Seiten … Granitblöcke mit eingebohrten Löchern" [1840].

Es ist jedoch nicht so, als ob nicht auch schon viel früher aus dem Kreise der trigonometrisch tätigen Offiziere Anregungen für eine Vermarkung der Dreieckspunkte gegeben worden wären. So trug 1820 v. Oesfeld dem Berliner Generalstab seinen Wunsch vor, den wichtigen Punkt Marienburg bei Lübben dadurch vor dem späteren Verlorengehen zu bewahren, dass er in seinem Zentrum ein Sandsteinmerkmal obeliskenartig errichte. Dies sollte bei gleich wichtigen Punkten durchweg geschehen. Der Obelisk hätte so viele Seitenflächen zu erhalten, als Richtungen zu messen wären. In jede von ihnen gehörten Namen und Entfernung des betreffenden Zielpunktes eingemeißelt. Das Zentrum wäre auf der stumpfen Spitze des Obelisken als Mittelpunkt einiger konzentrischer Kreise zu bezeichnen [1940, S. 17].

Um seine Ansicht befragt, bestätigte v. Müffling zwar die allgemeine Zweckmäßigkeit dieses Vorschlages, die Ausführung sei jedoch zu umständlich und kostspielig. Sein Gegenvorschlag war: Ausheben einer 5 Fuß tiefen Grube, Auspflastern dieser mit Findlingen, Einsetzen eines 4 Fuß hohen Sandsteinblocks von 1 Fuß Seite, dessen obere Fläche durch zwei sich rechtwinklig schneidende eingemeißelte Rillen das Zentrum zu bezeichnen habe. Aufsetzen eines weiteren behauenen Steins auf den ersteren, der ein eingemeißeltes Dreieck sowie die Stationsnummer erhält und beim Füllen der Grube zur Hälfte sichtbar bleibt. Eine derartige Festlegung habe er mehrfach bei seiner Triangulation vom Rhein zur Elbe angewandt [1940, S. 17].

Eine solche Punktbezeichnung konnte später jedoch an keiner Stelle nachgewiesen werden.

Im November 1821 drängte v. Oesfeld erneut darauf, eine Vorschrift für die Festlegungen zu erlassen, die aber erst 1856, also 35 Jahre später, erging. Doch schon im Juni 1823 war – wohl auf Veranlassung v. Oesfelds – auf dem Hagelsberg nach mühsamer Ablotung des dortigen Signals ein Festlegungsstein mit eingemeißeltem Diagonalkreuz und der Zahl 1823 in den Erdboden versenkt und darauf ein großer Findling in die Signalmitte gewälzt worden, der ein Dreieck eingemeißelt erhielt [1940, S. 17].

Für Baeyers Behauptung in seiner Denkschrift von 1851: "Die seit 1831 erfolgten Festlegungen mussten aus Mangel an Mitteln größtenteils mit Holzpfählen unter der Oberfläche des Bodens bewerkstelligt werden" [1868, S. 9, Fußnote 2], lässt sich, zumindest was die Hauptdreiecks-punkte anbelangt, in den älteren Unterlagen [1838] [1840] [1849] keine Bestätigung finden.

6. Winkelbeobachtungen

Beobachtet wurden in der Kette vom Rhein bis zur Ostsee grundsätzlich Einzelwinkel. Irgendein einheitliches System der Anordnung der Winkel auf den einzelnen Stationen ist aus den Beobachtungsregistern 1840 nicht erkennbar. Im allgemeinen beobachtete man das, was man gerade sah. An sonnigen Tagen waren dies morgens vorwiegend die Ziele im Westen, am Nachmittag diejenigen im Osten. So ergaben sich sowohl nebeneinander liegende wie auch sich überlagernde, den Horizont schließende oder auch offen lassende Winkel. Hin und wieder ließen sich Dreieckswinkel auch erst aus Winkeldifferenzen ableiten. In dem Kettenteil Schlesien-Ostsee sind nördlich von Tarnowo-Kiczin jedoch einheitlich nur die wirklichen Dreieckswinkel gemessen. Dort, wo es erforderlich war, musste man, um die nötigen Sichten zu erhalten, Schneisen durch den Wald schlagen, so bei Dünstberg. Von Rückenberg aus wurde bei Brandberg zusätzlich nach einem unweit des Signals stehenden Baum beobachtet, dessen Lage jedoch nicht eingemessen wurde, weil die dorthin beobachteten Winkel nur zu einer unabhängigen Zweitbestimmung des Winkels Hohenstein-Hutberg addiert wurden [1840].

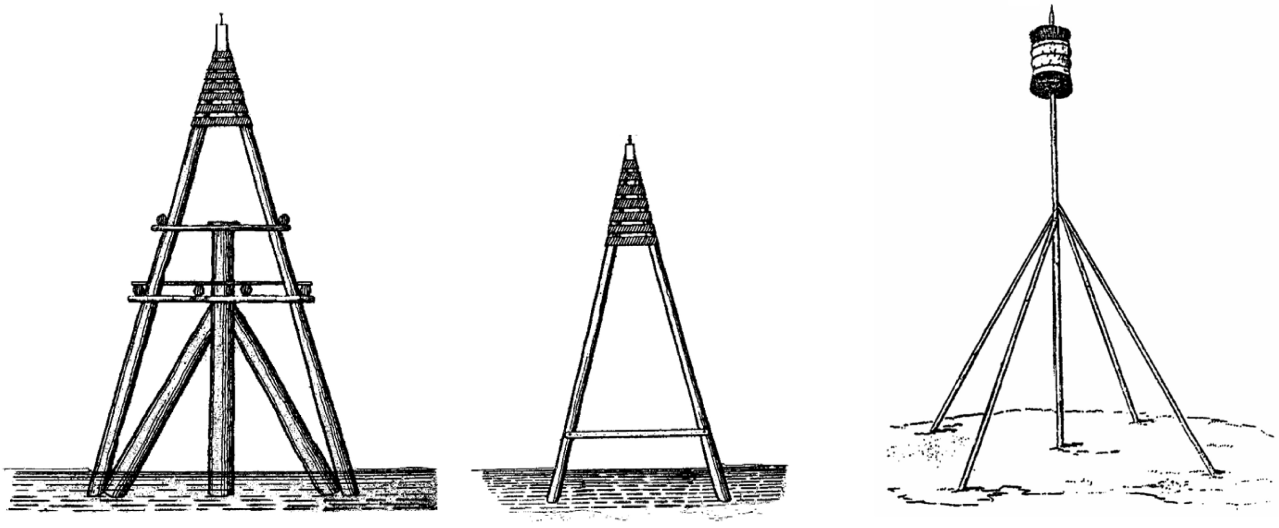


Abbildung 8: Signale mit Bretterverkleidung und mit Strohwisch

Anmerkung: Herkunft unbekannt.

Signale mit Bretterverkleidung: vermutlich aus: Baeyer, Johann Jakob: Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie. Berlin 1849.

Signal mit Strohwisch: vom Verfasser in einer Diplomarbeit gefunden und kopiert.

Angestrebt wurden Beobachtungsreihen mit 5 oder mit Vielfachen von 5 aufeinander folgenden Beobachtungen desselben Winkels. Gemäß einer Mitteilung v. Müfflings war auf diese Weise so lange zu repetieren, bis die Sekunde stehen blieb [1818, S. 42] [1826, S. 5]. Um dies zu überprüfen, las man am Anfang der Messung und nach jeweils 5 Repetitionen den Teilkreis an vier über Kreuz angeordneten Nonien ab und addierte diese 4 Ableseergebnisse. Aus den Differenzen zur Summe der 4 Anfangsablesungen rechnete man dann durch Division mit der vierfachen Anzahl der ausgeführten Repetitionen den jeweiligen Winkelwert [1821, S. 6 und Beispiele zum Register 1]. Abweichend hiervon sind in den Beobachtungsregistern 1840 die Mittel der 4 Teilkreisablesungen nach jeweils 5 Repetitionen und auch nur die Gesamtmittel der einzelnen Repetitionsreihen angegeben, so dass die Konvergenz der Winkelmittel bei zunehmenden Fünfergruppen nicht ersichtlich ist.

Um das gesetzte Ziel zu erreichen, waren meist 20, 25 oder 30 Repetitionen erforderlich. Vielfach reichten auch schon 10 oder 15 Repetitionen; manchmal beendete man die Messung sogar schon bei 5 Repetitionen. Allerdings waren, um die stehende Sekunde zu erreichen, häufiger auch 35 und 40, seltener darüber hinaus bis zu 90 Repetitionen in einer Beobachtungsreihe nötig, was sicherlich für die Augen sehr anstrengend war und äußerste Aufmerksamkeit verlangte. Nicht immer konnte man volle 5er-Gruppen erhalten, wenn etwa die Zielpunkte im Dunst verschwanden oder aus Versehen an das Instrument gestoßen wurde. Besonders mühsam und zeitraubend dürfte es gewesen sein, mit fortschreitender Repetition immer wieder die in Sexagesimalteilung (Grad, Minuten, Sekunden) erhaltenen Winkelvielfache durch die jeweilige Repetitionszahk zu teilen.

Grundsätzlich bemühte man sich, das Instrument in der Lotlinie des Dreieckspunktes aufzustellen und die Zentren der Zielpunkte anzuvisieren. Dies ging jedoch nicht immer. Insbesondere bei Kirchtürmen musste man sich auf Galerien, in Laternenöffnungen oder so im Innern aufstellen, "dass die einzustellenden Dreiecksrichtungen durch die Turmöffnungen hindurchgingen" (Kalleninken) [1895, S. 168]. Vielfach reichte bei Hochpunkten ein exzentrischer Standpunkt (z.B. Amöneburg, Herkules, Magdeburg, Memel), manchmal waren auch mehrere nötig (z. B. Nürburg, Seeberg, Priment, Legitten) [1840].

Selbst Signale konnten nicht immer zentrisch eingestellt werden. So visierte Michaelis 1819 vom Feldberg aus nach einem Laken, das am Signal Dünstberg exzentrisch angebracht war. Und beim Dreieckspunkt Inselsberg findet sich die Anmerkung: "Der geneigte Eckpfeiler der dreiseitigen Pyramide über dem Meridianstein sowie der mit einem Laken umwickelte Strohzylinder auf der Sternwarte waren keine sicheren Zielpunkte" [1840]. Wie man sich einen solchen Strohzylinder vorzustellen hat, geht aus Abbildung 8 hervor.

Eine besondere Schwierigkeit bereitete den Beobachtern die unterschiedliche Beleuchtung der Signale durch die Sonne. So musste z. B. Michaelis von Wieselsberg aus "wegen der Beleuchtung nach dem unteren Rande der einen Face (= Seitenfläche) des Signals" auf Boyneburg zielen [1840]. Zu diesem Problem wusste Berghaus 1826 zu berichten:

"Der General (v. Müffling) maß eines Tages einen Winkel seines ersten Dreiecks. Seine beiden Objekte waren zwei beleuchtete Signale, wovon das eine lichtes Gewölk, das andere eine dunkle Gewitterwolke im Hintergrund hatte. Nach zwanzigfacher Multiplikation stand der Winkel innerhalb einer Sekunde.

Die Operation wurde nach … einigen Stunden wiederholt. In dieser Zwischenzeit war die Gewitterwolke bis hinter das Signal gerückt, welches früher einen lichten Hintergrund hatte, und dagegen der früher dunkle Hintergrund des anderen Signals war licht geworden. Nach zwanzigfacher Multiplikation stand der Winkel abermals innerhalb einer Sekunde.

Aber die beiden Winkel waren bedeutend voneinander verschieden, und dieser Unterschied konnte in nichts anderem seinen Grund haben, als dass die beleuchtete Seite des Signals, welches einen dunklen Hintergrund, und die unbeleuchtete Seite des anderen Signals, welches einen hellen Hintergrund hatte, dem Beobachter unbewusst als Absehpunkt gedient hatte.

Der Generallieutenant hatte kurz darauf Gelegenheit, sich von der Richtigkeit dieser Vermutung zu überzeugen, als er an einem Tage Winkel beobachtete, an welchem die Sonne abwechselnd schien und dunkle und helle Wolken abwechselnd hinter den Signalen vorbeizogen. Im lichten Gewölk verschwand die … beleuchtete Seite, im dunklen Gewölk die … unbeleuchtete. Der mit dem Einstellen beschäftigte Beobachter kann aber nie wissen, welche Seite er beobachtet, vorzüglich wenn durch Wolkenstriche zuweilen ein Signal beleuchtet, das andere unbeleuchtet ist und dieser Zustand wechselt … Und … es gibt einen gewissen grauen Hintergrund, bei welchem es völlig unbestimmt bleibt, welche Seite des Signals man gesehen hat, die beleuchtete oder die dunkle, um so mehr, da oft gar nicht zu erkennen ist, ob ein 30000 Toisen (60 km) entferntes Objekt von der Sonne beleuchtet ist oder nicht" [1826, S. 22/23].

Falls exzentrische Zielpunkte erforderlich wurden, bevorzugte man es, sie vorwärts oder rückwärts in Richtung der Beobachtungsstation zu legen; denn auf diese Weise ließ sich eine Zielpunktzentrierung umgehen. In allen anderen Fällen exzentrischer Standpunkte und Zielpunkte musste man die zum Umrechnen der Beobachtungen auf die Punktzentren nötigen Zentrierelemente, nämlich die Winkel und die Entfernungen zwischen Exzentren und Zentren, durch örtliche Messungen bestimmen. Auf der Station Knill wurde hierbei ein Pistorscher Taschensextant benutzt [1840]; im übrigen finden sich keine Angaben zu dem verwendeten Winkelmessgerät. In den Beobachtungsregistern 1840 sind Standpunktzentrierungen als "Red. a. Cent." (Reduktion auf das Zentrum), Zielpunktzentrierungen als "Red. f. …" (Reduktion für Zielpunkt …) bezeichnet.

Die Zentrierungen für die 1818/20 im Ostteil der Kette vom Rhein nach Berlin durch v. Oesfeld und Berghaus gemessenen Winkel hatte im Sommer 1821 Hauptmann Haenel v. Cronenthal im Trigonometrischen Büro in Berlin berechnet. Dabei musste er für mehrere auf der Station Colberg mit dem Bordaschen Multiplikationskreis gemessene Winkel auch die bei Theodoliten nicht erforderliche Horizontreduktion ansetzen [1821a].

Im Zusammenhang mit den Zentrierungen wies Berghaus auf Folgendes hin:

"Die Sternwarte Seeberg gehört nicht zu den Hauptdreiecken. Da sie jedoch für die Messung von so großer Wichtigkeit war, so wurde von den Punkten Struth und Inselsberg mit der Sternwarte ein eigenes Dreieck gebildet und die Winkel mit der größten Sorgfalt gemessen. Hier fanden sich besondere Schwierigkeiten, da es nötig war, den Punkt Seeberg in das Zentrum des Passageinstruments zu legen und von diesem Punkte weder beobachtet, noch derselbe auf dem hoch erhabenen Dache für große Entfernungen genau bezeichnet werden konnte.

Die Beobachter in Struth hatten den Winkel zwischen dem Inselsberge und der südwestlichen Ecke des Gebäudes der Sternwarte beobachtet, und der Abstand bis zum Zentrum des Passageinstruments, mittels dessen sie den Winkel dahin transportieren wollten, betrug über 30 Meter. Der Winkel auf dem Seeberge war in einer ebenso großen Entfernung vom Zentrum gemessen, um ihn auf das Zentrum zu transportieren.

… v. Müffling verwarf diese ganze Operation; indes da nach allen Reduktionen das Dreieck bis auf 0,20" schloss und seine Gehilfen die Schwierigkeit bei Wiederholung der Beobachtungen vorstellten, so gab er nach, das Dreieck anzunehmen.

Späterhin wurden von … Professor Encke … Mitteilungen gemacht, … dass in dem Dreieck ein Fehler liegen müsse. Eine neue Messung des Winkels auf dem Seeberge auf einem anderen Wege zeigte, dass zwei gleiche, aber entgegengesetzte Fehler in den Winkeln Struth und Seeberg sich einander aufgehoben hatten. Dieser Umstand wird hier besonders erwähnt, um allen denen, welche sich großen trigonometrischen Operationen unterziehen, ein warnendes Beispiel zu geben, wie man sich nicht durch Übereinstimmung täuschen lassen muss, wenn die Operation selbst nicht alle mögliche Vollkommenheit in sich trägt" [1826, S. 11/12].

Für die grundsätzlich, somit auch bei den Zentrierungsmessungen anzuwendende Längeneinheit hatte v. Müffling in seiner am 15. Januar 1821, also nach Fertigstellung seines eigenen Anteils an der großen Dreieckskette, herausgegebenen Instruktion bestimmt: "Das Maß, dessen sich künftig ausschließlich zu allen militärisch-geodätischen Arbeiten des Preußischen Staates bedient wird, ist als Einheit die Preußische Ruthe mit ihren dezimal(en) Unterabteilungen" [1821, S. 4]. Aus den Beobachtungsunterlagen ergibt sich, dass insgesamt drei verschiedene Messeinheiten verwendet wurden: im Westteil der Dreieckskette bis zur Linie Brocken-Petersberg fast ausschließlich "mètres", von dort bis zur Ostsee “Preußische Ruthen" und in Ostpreußen auf Bessels ausdrücklichen Wunsch "toises du Pérou" [vergl. 1849, S. VIII]. Man erkennt hieraus unschwer den jeweils bestimmend gewesenen Einfluss des weltoffenen, französischem Beispiel folgenden v. Müffling, des vorschriftstreuen Offiziers v. Oesfeld und des unabhängigen, wissenschaftsorientierten Bessel, der eine bereits tote, daher in Zukunft unveränderliche Maßeinheit wählte.

Zusätzlich zu den Zentrierungen berücksichtigten im Jahre 1831 Bertram auf der Station Rheden und v. Lobenthal in Rynkowken die von der Sonneneinstrahlung abhängige Drehung des Beobachtungspfahls. Hierzu ist bei Rynkowken vermerkt: "Die Drehung beträgt während 5/4 Stunden zwei Minuten von West nach Ost, wodurch sich für die Zeit der Einstellung (etwa 49 Minuten) eine Korrektion von -1,30 Sekunden ergibt"; und bei einem anderen dort gemessenen Winkel steht: "Die ganze Drehung des Pfahls betrug in 5/4 Stunden = + 35,0 Sekunden, daraus Reduktion + 0,38."

In seinem Werk über die Küstenvermessung lässt uns Baeyer hierzu ergänzend wissen: "Das Drehen der Pfähle, besonders der von Kiefernholz, ist oft sehr beträchtlich; es ist ein Fall vorgekommen (auf dem Signal bei Trunz), wo die Drehung bei einer Länge des Pfahls von 24 Fuß und in Zeiträumen von ½ Stunde bis zu 60" betrug, während diese gewöhnlich bei oft viel längeren Pfählen von demselben Holze und in denselben Zeiträumen sich nur auf wenige Sekunden belief. Es scheint, dass Pfähle, welche schon mehrere Jahre gestanden haben, stärker drehen als solche, zu denen das Holz erst einige Monate vorher gefällt wurde. Bei Eichenholz ist die Drehung geringer als bei Kiefernholz …" [1849, S. 69/70].

In einem Schreiben vom 24. Juni 1837 berichtete er an Bessel noch Genaueres über die auffällige zeitabhängige Drehung des Beobachtungspfeilers in Trunz: "Seitdem der Beobachtungspfahl mehr ausgetrocknet ist, scheint die Drehung geringer geworden zu sein, doch ist sie des Abends und des Morgens noch immer beträchtlich und beträgt dann in 2' Zeit etwa 1 Sekunde. Des Vormittags dreht sich der Pfeiler von Osten über Süden nach Westen und des Nachmittags in entgegengesetzter Richtung; der Indifferenzpunkt liegt zwischen 4 und 5 Uhr" [1994a, S. 86/87, Brief 61]; ferner am 04. Juli 1837: "Unsere Beobachtungen in Trunz habe ich nun zusammengestellt. … Es stellt sich danach eine Drehung des Pfahls ganz evident heraus, und die Beobachtungen, welche ich über die Drehung selbst gemacht habe, zeigen, dass dieselbe sehr regelmäßig gewesen ist, und so hoffe ich, dass die Winkel gut sein werden" [1994a, S. 88, Brief 63]; und schließlich am 24. September 1837: "Ich bin überzeugt, die Dreiecke würden viel besser schließen, wenn der Pfahl in Trunz nicht eine so gewaltige Drehung gezeigt hätte; sonderbar ist es, dass bei den übrigen Pfählen die … noch beträchtlich höher waren, sich eine kaum bemerkbare Drehung zeigte" [1994a, S. 93, Brief 67].

Demgegenüber hatte sich gemäß Schreiben vom 27. Juli 1837 der Beobachtungspfahl in Wildenhof "um 5 Zoll (13 cm) nach südlicher Richtung hin verschoben, so dass

ich nicht im alten Zentrum beobachten kann, weil sonst das Instrument zum Teil neben dem Pfahl zu stehen käme" [1994a, S. 90, Brief 64]. Dies nimmt nicht eigentlich wunder, weil man dort als Beobachtungspfahl ja eine lebende Fichte in 11 m Höhe abgesägt hatte (siehe Abschnitt 5).

Bildet man die Gesamt-Wiederholungszahlen aus mehreren Beobachtungsreihen für die einzelnen Winkel, so liegen die durchschnittlichen Werte (jeweils mit einzelnen Ausnahmen) für die Stationen im Bereich des Kettenteils Rhein-Berlin bei 20 bis 40 und von Berlin ostwärts bei 40 bis 60. Auffällig sind zwei signifikant herausfallende Punktgruppen mit 60-90 Repetitionen: Petersberg-Eichberg-Golmberg und Moszyn-Szroda-Schwarze Berg-Priment. Auf Golmberg erreichten bei insgesamt 125 Repetitionen die Abweichungen zwischen den 5 Beobachtungsreihen des Winkels Eichberg-Colberg bis zu 13,6" (!); die drei Reihen mit den niedrigsten Werten wurden später im Beobachtungsregister 1840 gestrichen, wodurch sich das Winkelmittel um 3,7" vergrößerte. Auch auf Hasserodt wurde eine "15fache Multiplikation ausgestoßen, weil ihr Resultat zu merklich von den übrigen abweicht" [1821, Beispiel zum Register 1].

Lagen mehrere Beobachtungsreihen für denselben Winkel vor, so wurde als Schlussergebnis das gewogene Mittel mit Gewichten entsprechend der jeweiligen Anzahl der Repetitionen gebildet. Die Zweckmäßigkeit dieses Vorgehens muss bezweifelt werden, da die unterschiedlichen Repetitionszahlen ja nur dadurch zustande gekommen waren, dass man die gleiche Genauigkeit, nämlich die stehende Sekunde, erhalten wollte. Am Schluss der einzelnen Beobachtungsregister sind die stationsausgeglichenen Winkel zusammengestellt und für die Einführung in eine Netzausgleichung vorbereitet.

Insgesamt lassen sich 38 Horizonte bzw. Winkelsummenbedingungen auf den Stationen vom Rhein bis zur Ostsee aufstellen. Daraus findet sich, abgesehen von den nachfolgend genannten Ausreißern, im Durchschnitt eine mittlere Richtungsungenauigkeit von ± 0,6" (maximal ± 1,1"). Das ist ein unerwartet guter Wert; zum Vergleich: die Preußische Landesaufnahme erzielte 70 Jahre später aus den Stationsbedingungen durchschnittlich ± 0,2" [1940a, S. 49]. Auf den drei benachbarten Stationen Trebchen, Moszyn und Schwarze Berg findet sich jedoch durchschnittlich ± 2,0" (maximal ± 3,7"). Diese Punkte befinden sich im südlichen Bereich der Kette Schlesien – Ostsee, der auch schon durch die besonders hohe Zahl der Repetitionen aufgefallen war. Hier liegt offenbar eine der schwächsten Stellen der gesamten Triangulation, sofern man voraussetzen darf, dass nirgendwo manipuliert wurde. In dieser Hinsicht ist auffällig, dass meist dort, wo einzelne, nicht durch die Konfiguration kontrollierte einseitige Vorwärtsrichtungen (z. B. auf Nürburg nach Löwenburg, von Magdeburg nach Tangermünde, von Gröditzberg nach Tafelfichte) in die Winkelsummenbedingungen eingehen, wesentlich höhere mittlere Richtungsfehler als sonst auftreten, im Durchschnitt ± 2,6" (max. ± 5,1").

Gegen Ende der Arbeiten 1831/32 wurde auf drei Stationen bei allerdings insgesamt nur 4 Winkeln eine andere Methode der Winkelmessung angewendet: nach jeder einzelnen Beobachtung wurde der Teilkreis um 15° (= 90°/6) durch v. Lobenthal bzw. um 18° (= 90°/5) durch Kuhlmann verstellt und so der Winkel mehrfach je einmal gemessen. Auf diese Weise entstanden Folgen von 6 (Rynkowken), 16 und 24 (Pelplin) am gleichen Tag hintereinander gemessenen Einzelwinkeln, während ein anderes Mal (Klempin) in dieser Art an vier verschiedenen Tagen 44 Einzelwinkel beobachtet wurden.

Möglicherweise musste man hier die fortwährende Einzelwinkelmessung anwenden, weil der benutzte Theodolit keine Repetitionseinrichtung besaß und man auf diese Weise das Repetieren simulieren konnte. Wahrscheinlich aber handelt es sich um den Versuch für ein neues Verfahren, das die praktischen Nachteile des Winkelrepetierens vermied und zudem die Ablesungen über den ganzen Teilkreis verteilte, um so mit einer Elimination der systematischen Teilungsfehler rechnen zu können [1882, S. 24].

Wohl auf Grund der dabei gesammelten guten Erfahrungen wurde diese Methode für die Ostpreußische Gradmessung 1832 – 1834 weiterentwickelt. Auf eine Kurzformel gebracht, heißt es hierzu in den Vorbemerkungen der Preußischen Landesaufnahme: "Die Beobachtungen mit dem (1831 gebauten 15zölligen Theodolit von) Ertel (in München) fanden nach Richtungen statt, wobei nach je zwei Reihen (Halbsätzen), bei welchen die Einstellung der Ziele einmal von links nach rechts, das andere Mal in umgekehrter Ordnung erfolgte, der Kreis um etwa 15 Grad verändert wurde" [1895, S. 152] (im Einzelnen dargelegt in [1838, S. 61/62, 67-69] [1876a, S. 85/86, 89]). In seinem Werk über die Küstenvermessung erläuterte Baeyer zur “Anordnung der Beobachtungen: Obgleich der Ertelsche Theodolit zum Multiplizieren der Winkel eingerichtet ist, so wurde er doch nicht dazu gebraucht, weil man die einfache Beobachtungsweise vorzog. Der Grund hierzu wurde darin gefunden, dass die Ablesefehler des Instruments sehr gering sind, und da das Multiplizieren der Winkel vorzugsweise nur die Ablesefehler vermindert, so ist dasselbe für kleine Instrumente mehr geeignet als für große" [1849, S. 68/69].

Volle Sätze mit allen benachbarten Zielpunkten zu erzielen, war zwar wünschenswert, aber selten zu erreichen [1876a, S. 89]. Die Folge davon war, dass in der Gesamtheit aller unvollständigen Sätze auf einer Station die einzelnen Richtungen unterschiedlich häufig vorkamen [1911, S. 306] [1984b, S. 583] und daher von vornherein ungleichwertig waren [1876a, S. 93] [1882, S. 24]. Als Begründung für das von ihm gewählte Verfahren gab Bessel an: "Wenn man allen Richtungen ein gleiches Gewicht hätte geben wollen, so würde man die häufigeren Gelegenheiten zur Anstellung der von dem Zustande der Atmosphäre weniger abhängigen Beobachtungen haben versäumen müssen, um die seteneren abzuwarten, welche die Beobachtung aller Richtungen zugleich erlaubt haben würden. Es würde daher offenbar nicht zweckmäßig gewesen sein, die Beobachtungen dieser Forderung unterzuordnen" [1876a, S. 93]. Als Beispiel für den dadurch eingetretenen Mangel erwähnte W. Jordan, dass "die Objekte Nidden und Lattenwalde in den

Richtungsmessungen auf Galtgarben nur 6mal zusammen in einer Beobachtungsreihe vorkommen", womit er den hohen Änderungsbetrag von 1,35" in der Netzausgleichung erklären zu können glaubte [1882, S. 37].

Andererseits galt für den nur auf den vier ostpreußischen Stationen Algeberg, Kalleninken, Gilge und Legitten durch Kuhlenkamp benutzten 12zölligen Repetitionstheodolit von Pistor und Schiek in Berlin, dass er tatsächlich auch teilweise zum Repetieren gebraucht wurde [1876a, S. 86] [1895, S. 152]. Auf der Station Legitten kam für einen Winkel auch ein 8zölliger Theodolit zum Einsatz [1876a, S. 96] [1895, S. 152], der sonst gern zur Beobachtung von Nebenpunkten benutzt wurde [1994a, S. 75/76, Brief 50]. 1882 stellte dann allerdings W. Jordan fest: "Dass auf jenen Stationen und namentlich in dem Viereck Nidden-Kalleninken-Gilge-Lattenwalde nicht alles (so) ist, wie es erwartet wird, ist schon vor Jahren Gegenstand einer öffentlichen Erörterung gewesen" und durch Vergleich "der auf jenen Stationen gemachten Repetitionsmessungen mit den ebendaselbst gemachten Richtungsmessungen … folgt mit großer Wahrscheinlichkeit (aber nicht sonderlich überzeugend), dass die repetierten Winkel mit einem konstanten Fehler behaftet waren (im Mittel + 1,15"), der um so schädlicher wirken musste, als die repetierten Winkel nicht den Horizont füllten, wodurch ihre Fehler sich hätten eliminieren können" [1882, S. 35/36]. Und schon am 24. Juni 1834 hatte Baeyer zu berichten gewusst: "Nach einer vorläufigen Zusammenstellung wird der Winkel auf Galtgarben mit Nidden und Stangenwalde (=Lattenwalde) wahrscheinlich um einige (!) Sekunden zu groß sein" [1994a, S. 31, Brief 4].

Leider enthalten die Beobachtungsregister von 1840 keinerlei Angaben über die in der großen Dreieckskette vom Rhein bis zum Frischen Haff benutzten Theodolite. Doch teilte v. Müffling in seiner Biographie mit, dass er "die Winkel der Hauptdreiecke zwischen dem Rhein und der Sternwarte Seeberg … mit einem Reichenbachschen Kreise multiplizierte" [1851, S. 281]. Dieser Theodolit war im Oktober 1816 in Koblenz angekommen, erreichte aber erst die erforderliche Genauigkeit, nachdem v. Müffling eine Vorrichtung hatte anbringen lassen, "welche das Fernrohr sehr sanft auf und ab bewegt, ohne dass ein Druck vorkommen kann, welcher das Fernrohr in seiner Horizontallage verrückte" [1818]. "Wenn v. Müffling in einem späteren Bericht erwähnte, dass er mit zwei Reichenbachschen Multiplikationskreisen seine Messungen vornehme", so erklärte sich dies nach Ansicht Degners daraus, "dass für ihn schon 1803 beim Beginn der thüringischen Messungen ein solcher Theodolit beschafft" worden war [1940, S. 13].

Der Gruppe v. Oesfelds standen je "ein Repetitionstheodolit und ein Bordascher (Multiplikations-) Kreis, beide von Reichenbach in München erbaut", zur Verfügung [1854, S. 21]. Bei den Reichenbachschen Theodoliten war die Angabe der Teilkreise unmittelbar 10", beim Bordakreis 4" [1821, S. 6] [1854, S. 21], bei dem in der Ostpreußischen Gradmessung verwendeten Theodoliten von Ertel 2" und demjenigen von Pistor und Schiek 5" [1838, S. 61, 62] [1876a, S. 85, 86]. Mit dem Bordakreis war nur die Messung von Positionswinkeln in der schrägen Ebene der beiden Zielpunkte möglich, nicht also von Horizontalwinkeln. Die durch v. Oesfeld und Berghaus mit diesem Instrument 1820 auf dem Punkt Colberg ausgeführten Beobachtungen [1821a] wurden später verworfen und durch Theodolitmessungen ersetzt. Möglicherweise hat dies auch für noch andere Stationen in diesem Bereich der Dreieckskette gegolten.

In seinem Bericht über die Küstenvermessung 1837 – 1846 erläuterte Baeyer: "Die Winkelmessung mit dem 15zölligen Theodoliten erfordert zwei Beobachter, teils weil einer das Instrument nicht handhaben kann, teils weil das stundenlange anstrengende Sehen durch das Fernrohr … die Augen so anstrengen würde, dass daraus Unsicherheiten entständen oder dass sie gar ihren Dienst versagen" [1849, S. 71] [1996b, S. 89]. So wechselten sich z. B. im Oktober 1817 auf den Stationen Kühfelderstein und Hasserodt O'Etzel und Michaelis beim Winkelmessen und Nonienablesen ab [1821, Beispiele zu Register 1]. Auch in Ostpreußen wurde so vorgegangen, doch Bessel schränkte dies etwas ein: "Einige Male war nur einer von uns auf einem Dreieckspunkte gegenwärtig und beobachtete also allein" [1876a, S. 86].

Die praktischen Probleme, wie sie bei den Winkelbeobachtungen in ähnlicher Form immer wieder auftraten, schilderte Baeyer in zwei Briefen für den Dreieckspunkt Nidden so:

- am 10. Juni 1834: "Von Gilge habe ich seit Sonntag früh sehr schönes Licht (vom Heliotropen) gehabt, leider war es nicht viel zu benutzen, weil von den übrigen Punkten kein Fünkchen zu sehen war, außerdem war die Luft so unruhig, besonders auf der Nehrung, dass ich Lattenwalde gar nicht einstellen konnte; es blieb daher nichts weiter übrig, als den Winkel zwischen Kalleninken und Gilge zu beobachten, obgleich auch Kalleninken schlecht zu sehen war. Aus 12 Beobachtungen finde ich diesen Winkel … um 1,33" größer, als wir ihn im vorigen Jahr gemessen haben.
- Gestern bekam ich zuerst Licht von Memel und beobachtete zwischen Memel, Kalleninken und Gilge, wo aber Kalleninken wieder nicht gut zu sehen war. Heute früh sah ich zum ersten Mal Licht auf dem Galtgarben, aber so schwach, dass ich nur zwei Einstellungen zustande brachte; in Memel aber regnete es, ich konnte ihn (den Galtgarben) daher nur mit Lattenwalde und Gilge verbinden. Die Luft ist hier außerordentlich undurchsichtig, den Memeler Turm habe ich bis jetzt nur schimmern sehen; Lepaizi und Algeberg konnte ich noch nicht entdecken, es ist daher möglich, dass der Sturm sie (die Signale) umgestürzt hat" [1994a, S. 29, Brief 1].
- und am 17. Juni 1834: "Nachdem wir um 10 Uhr wenigstens das Dasein von Galtgarben wahrgenommen hatten, ließ er sich, ungeachtet das Wetter sehr schön war, nicht wieder sehen bis 13 Uhr nachmittags, wo ich gegen Abend den ganzen Berg und sogar die Waldlücke sehr deutlich sah, doch dauerte die Freude etwa nur 1½ Stunden. Außerdem sahen wir ihn gestern Vormittag wieder ebenso lange. Ein schlimmer Umstand ist, dass bis jetzt Memel in dickem Nebel saß, wenn wir von

Galtgarben Licht hatten, und dass Galtgarben trübe war, wenn Memel leuchtete, so dass wir bis jetzt nur zwei direkte, nicht sehr zuverlässige Einstellungen zwischen Memel und Galtgarben bekommen konnten; ich habe daher den Winkel zwischen Memel und Gilge, so oft ich konnte, beobachtet und Galtgarben mit Kalleninken, Gilge und Stangenwalde (=Lattenwalde) verbunden, je nachdem diese Objekte zu sehen waren. Auf die direkte Beobachtung zwischen Memel und Galtgarben glaube ich Verzicht leisten zu müssen, denn das Wetter kann nicht wohl besser werden, als es bis jetzt war, und es ist nicht abzusehen, wann die Seenebel bei Memel verschwinden werden. Den Turm von Memel habe ich nur erst ein einziges Mal und da nur wie einen Schatten gesehen. Ich denke, nun wie folgt zu disponieren: bis Donnerstag will ich hier warten und sehen, was ich bis dahin bekommen kann; wenn ich aber auch nichts mehr bekomme, so glaube ich doch abschließen zu müssen. Freitag gehe ich nach Rositten und fange am Sonnabend in Stangenwalde (= Lattenwalde) an" [1994a, S. 30, Brief 2].

Als Fehlergrenze hatte v. Müffling in seiner Instruktion vom 15. Januar 1821 vorgeschrieben: "Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei sorgfältiger zwanzigfacher Multiplikation die drei Winkel eines Dreiecks innerhalb einer Sekunde schließen, insofern die Beleuchtung der Signale … nicht ein anderes Resultat gibt … Es wird keine Zahl der Multiplikation festgesetzt, jedoch bestimmt, dass ein Dreieck, welches mehr als 3" Fehler hätte, nicht passieren kann, sondern noch einmal gemessen werden müsste" [1821, S. 6].

Im November 1817 hatte v. Müffling dies etwas anders ausgedrückt: "Die Erfahrung hat mich belehrt, was dazu gehört, um die drei Winkel eines Dreiecks, dessen Seiten über 40 Sm mètres (vermutlich: etwa 40 m) haben, bis auf 1" genau zu messen; und es wäre zu wünschen, dass manche Gelehrte, welche immer von 100 Sm Teilen (vermutlich: etwa Hundertsteln) reden, sich im Praktischen versuchen, um billiger in ihren Urteilen zu werden. Diese schiefen Urteile kommen aber vorzüglich daher, dass Leute mit wenigen Mitteln und gewöhnlichen oder gar schlechten Instrumenten außerordentliche Dinge zu leisten vorgaben, die Wahrheit verbargen oder gar Beobachtungen unterschoben, wodurch das bloß lesende, nicht selbst arbeitende gelehrte Publikum verwöhnt ist" [1818, S. 42/43].

Und im Dezember 1820 (richtiger wohl 1819) stellte er mit sichtlicher Befriedigung fest, dass für “Le triangle Brocken, Ettersberg et Petersberg … l' erreur sur les trois angles n'était que de 0,79" … J'ai … la distance de Seeberg au Mont-Brocken par trois différents triangles, dont les trois angles ont été d'accord à moins d'une seconde" [1820, S. 528].

Dreieckszusammenstellungen aus der Entstehungszeit der Kette Rhein – Memel liegen nur für ihr erstes Teilstück, nämlich für die 15 Dreiecke von Nürburg – Fleckert bis Seeberg – Schwabhausen [1820, S. 530/531] [1821, Beispiel zu Register 3] und die 17 Dreiecke von der Seite Nürburg – Löwenburg bis Brocken – Ettersberg [1897, S. 15/16], sowie ferner für die Ostpreußische Gradmessung [1882, S. 36] [1895, S. 153] vor.

Nach den Beobachtungsregistern 1840 lassen sich für insgesamt 78 Dreiecke der großen Generalstabskette Rhein – Ostsee, in denen alle 3 Winkel unmittelbar gemessen sind, nach Abzug der sphärischen Exzesse die Dreiecksschlussfehler bilden. Davon halten 72 (= 92%) die vorgegebene Fehlergrenze von 3" ein, 5 liegen bis zu 0,39" (= 13 %) und einer mit maximal 0,87" (= 29%) darüber. Zwischen den Teilketten ist keine auffällige Ungleichheit hinsichtlich der Verteilung von Größe und Vorzeichen der Dreiecksschlüsse zu erkennen, wohl aber zeigt sich ein gewisser Unterschied zwischen großen und kleineren Dreiecken: bei den 61 Dreiecken unter 1250 km² (Seitenlängen bis etwa 50 km) findet sich als mittlere Richtungsungenauigkeit ±0,74", bei den 17 größeren jedoch mit ±0,49" ein kleinerer Wert, wie es bei der Triangulation erwünscht ist. Lediglich regional gibt es einzelne Stellen in der Kette, an denen benachbarte Dreiecke höhere Schlussfehler aufweisen (z. B. südlich Berlin, bei Exin und bei Rheden) oder wo deren Vorzeichen bei mehreren aufeinander folgenden Dreiecken gleich sind (z. B. im nördlichen Teil des Schlesischen Netzes und im Mittelstück der Kette Schlesien – Ostsee). Aus den 14 Dreiecken der Ostpreußischen Gradmessung ergibt sich ± 0,52" (das einzige größere Dreieck ist hier mit einbezogen). Rechnerisch bedeutet das eine Genauigkeitssteigerung um 30 %. Zum Vergleich: Die Preußische Landesaufnahme gab 70 Jahre später für ihre Ketten und Netze als Durchschnittswert ± 0,26" an [1940a, S. 49].

Durch Vergleich der bei der Ostpreußischen Gradmessung mit verschiedenartigen Theodoliten erzielten Winkelgenauigkeiten zog Baeyer am 11. März 1835 die gleiche Folgerung wie zuvor schon sein Briefpartner Bessel: "… es tut mir ebenfalls sehr leid, dass wir nicht alle Beobachtungen mit dem großen Instrument gemacht haben" [1994a, S. 43, Brief 15].

Am Ende der Beobachtungsregister 1840 sind für alle Winkel der 11 Dreiecke zwischen Trzementowken-Jablowo und Trunz-Brosowken "Correctionen" angegeben, die dadurch ermittelt worden sind, dass man die Dreiecksschlussfehler im umgekehrten Verhältnis der Wiederholungszahlen auf die drei jeweils beteiligten Winkel verteilte. Bei den anschließenden drei Dreiecken bis Chodziesen-Exin sind derartige Werte jeweils nur für einen oder zwei Winkel angegeben. Hinsichtlich dieser Art der Verteilung der Dreiecksschlussfehler muss man die gleichen Bedenken äußern wie bei der Mittelbildung aus mehreren Repetitionsreihen, da ja die Wiederholungen nicht der Steigerung, sondern der Sicherung der Genauigkeit im Ergebnis dienten. Offenbar zog man damals die Einhaltung eines formalen mathematischen Prinzips einem plausiblen praxisgerechten Verfahren vor.

Dass die Dreieckswinkel seinerzeit korrekt gemäß "la stricte vérité" ausgewählt wurden, betonte v. Müffling ausdrücklich, indem er schrieb: "Ceux qui ne me connaissent pas, pourront prendre inspection de tous mes registres originaux, qui leur seront toujours ouverts. Un de mes officiers avait fait des meilleurs angles, c'est-à-dire de ceux qui s'accordaient le mieux à fermer les triangles, sans y appliquer aucune correction. J'ai rejeté cette méthode, et

j'ai pris le milieu de toutes mes observations indistinctement" [1820, S. 526]. Doch: Hinterher stellte sich heraus, dass die Genauigkeit der Dreiecksschlüsse wesentlich geringer war, als man nach den Angaben in den Berechnungen annehmen konnte, denn man hatte "bei Bildung der Dreieckswinkel den Beobachtungen durch Aussuchen, Verwerfen und Nachmessungen zum Teil einen ganz bedeutenden Zwang angetan" [1897, S. 17], auch [1977, S. 153].

Ein Grund für das Verwerfen mancher vor Erlass der Instruktion von 1821 gemessener Winkel könnte darin gelegen haben, dass v. Oesfeld und seine Mitarbeiter aus alter Gewohnheit zu ihren Beobachtungen anfänglich auch noch Sextanten benutzten. Hierfür scheint eine Bemerkung Degners einen wichtigen Hinweis zu geben. Danach bedeutete die durch v. Müffling angeordnete Fehlergrenze von 3" im Dreieck "eine sprunghafte Genauigkeitsverschärfung im Vergleich zu den Messungen v. Oesfelds, die noch mit Sextanten auszuführen waren. Zwar gibt auch dieser im Januar 1821 bei 8 Hauptdreiecken im Zuge Brocken – Obere Spree – Mittlere Oder (also bis etwa Marienberg-Hutberg) einen durchschnittlichen (!) Fehler von 4 Sekunden an, zwei Dreiecke wiesen jedoch Fehler von –13,44" und sogar –20,68" auf, wofür ihm eine Erklärung fehle" [1940, S. 18].

Die Feldarbeitszeit dauerte normalerweise von Juni bis Oktober; die weitaus meisten Winkel wurden in den Monaten Juli bis September gemessen. Im Umkreis von etwa 100 km um Berlin nutzte man auch die Monate April und Mai, insbesondere 1826. Einzelne Nach- und Ergänzungsmessungen fanden gar in der Winterzeit statt, so im Februar 1820 durch Michaelis (Struth) und in den Novembern 1822 durch Baeyer (Brandberg) und durch v. Negelein (Hohenstein) sowie 1824 durch Assimont (Zobten).

7. Reflektorlampen und Heliotrope

In den großen Dreiecken zwischen den Punkten Struth-Brocken-Petersberg-Ettersberg mit Seitenlängen von 70 bis 100 km machte das Auffinden und Einstellen der körperlichen Zielpunkte erhebliche Schwierigkeiten. v. Müffling entschloss sich daher, nach dem Vorbild von Biot und Arago an der spanischen Ostküste [1854, S. 20] die Winkel hier bei Nacht nach künstlichem Licht, im Beobachtungsregister 1840 "Leuchten" genannt, messen zu lassen [1820, S. 528]. Die Nachtbeobachtungen führten Michaelis und O'Etzel in der Zeit vom 11. August bis 13. Oktober 1819 nach dem Fünfergruppen-Repetitionsverfahren aus, wobei zwischen 10 und 35 Repetitionen erhalten wurden.

Bei den zum Leuchten verwendeten Argandschen Öllampen, wohl Petroleumlampen [1940, S. 13], wurde durch vermehrte Luftzufuhr mit Hilfe eines Runddochtes ein helles Licht erzeugt, das große, parabolisch geschliffene Spiegel, die sog. "Reverber" (von franz. réverbérer = zurückwerfen), nach den Beobachtungspunkten sandten [1940, S. 13] [1955, S. 91] [1977, S. 153]. Dank seiner guten Beziehungen zu den französischen Geodäten hatte v. Müffling "aus besonderer Gefälligkeit" von ihnen zwei "Réverbères" erhalten, nach welchen er weitere herstellen ließ [1826, S. 24]. Daher konnten insgesamt 4 solcher Geräte eingesetzt werden, die man entweder zusammen über dem betreffenden Stationspunkt oder nach einer Seite neben ihm aufstellte; auch war es möglich, sie zwei zu zwei oder eins zu drei aufzuteilen. Die Abstände der Lampenmitten voneinander betrugen 50 cm [1840].

Für die Zentrierung ging man grundsätzlich vom Mittelpunkt der zusammen brennenden Lampen aus, setzte also bei 4 nebeneinander stehenden Lampen, wenn die äußere unmittelbar an den Stationspunkt grenzte, einen Abstand von 1 m von ihm an. Fiel eine Lampe von diesen vier aus, so nahm man z. B. als Abstand 0,75 m an (so auf Ettersberg bei der Beobachtung vom Brocken). War eine der Leuchten besonders stark und überstrahlte die anderen, so wählte man diese für die Zentrierung des Lichtes. Konnte man je zwei Lampen im gleichen Abstand beiderseits des Zentrums anbringen, so entfiel, wenn sie gleich stark brannten, eine Zentrierungsberechnung [1840].

Nachteilig war, dass die ganze Apparatur sehr umfangreich war und im Gelände, besonders auf hoch gelegene Punkte, kaum transportiert werden konnte, auch dass nur beim Schein einer Laterne der Theodolit aufgestellt, die Beobachtungen vorgenommen und der Teilkreis abgelesen werden konnten. Zudem bestand die Notwendigkeit, das Fadenkreuz des Theodolits zu beleuchten [1826, S. 24] [1955, S. 91]. Wegen all dieser Schwierigkeiten wurden Nachtbeobachtungen im weiteren Verlauf der Kette nicht mehr ausgeführt, wenngleich v. Müffling in seiner Instruktion von 1821 dieses Verfahren noch propagierte und dabei konstatierte: "Nach der Erfahrung bedarf man bei der Entfernung von 15000 Ruthen (= 56 km) einen, bei 20000 (= 75 km) drei und bei 25000 (= 94 km) vier zusammengestellte Reverberes von der Konstruktion, wie der Generalstab sie besitzt, um die Winkel mit den théodolites répétiteurs bequem zu nehmen" [1821, S. 6].

In einem Schreiben aus Jena vom 25. Juni 1818 (Anlage 2) war v. Müffling ein Vorschlag gemacht worden, der auf etwas Ähnliches hinauslief: "Um die Signale vom Inselsberg und dem Brocken auf der Finne und umgekehrt sehen zu können, werden Sie mehrere Lampen nebeneinander stellen müssen. Vielleicht baut man am besten das Signal

sechskantig und umhängt die Kanten in mehreren Absätzen übereinander mit Lampen. Die stärkste kommt in die Spitze zu stehen. Vielleicht erhält man dann den Vorteil, die Mitte des Signals beim Visieren darauf stets so genau als möglich zu treffen" [1818a]. In der Praxis war dies jedoch nicht durchführbar, da es noch wesentlich mehr Aufwand erfordert hätte.

So suchte man nach einem Verfahren, das es erlaubte, auch am Tage von der Gegenstation ein helles Licht zu bekommen. Hierzu bot sich die Sonne an, deren Strahlen am Zielpunkt so reflektiert werden mussten, dass sie in Richtung auf den Theodolitstandpunkt fielen. Zu diesem Zweck hatte der Göttinger Astronomie- und Mathematikprofessor, zugleich Mitdirektor der dortigen Sternwarte, Carl Friedrich Gauß im Herbst 1820 den sog. Heliotrop erfunden, dessen erstes Exemplar im Juli 1821 fertiggestellt war. Im gleichen Jahr erfolgte von ihm noch eine zweite, etwas einfachere Konstruktion [1955, S. 91], durch die "das schnelle Richten bedeutend erleichtert" wurde [1822]. Beide vom Mechaniker Ph. Rumpf in Göttingen gebaute Geräte hatten einen theodolitartigen Aufbau mit einer drehbaren Spiegelkombination vor einem Fernrohr [1955, Abbildungen nach S. 92]. Nachteilig war, wie Baeyer später erklärte, "dass die Spiegel am Gaußschen Heliotropen sich fast nach jedem Transport derangierten und dass die Leute, welche ich zum Heliotropieren benutzen musste, sie nicht zu korrigieren verstanden, so dass ich bei jedem Stationswechsel einen Gehilfen dazu abschicken musste" [1878, S. 35]. Dies stand im genauen Widerspruch zu einer Mitteilung von C. F. Gauß an v. Müffling vom 24. April 1822: "Übrigens lehrt die Erfahrung, dass bei einer verständigen, nicht rüden Behandlung des Instruments die Berichtigungen (der Spiegel) sehr stabil sind und nur zu Anfang der Campagne einmal gemacht zu werden brauchen" [1822].

Noch im Jahre 1821 erfand der Hamburger Mechaniker Repsold ein wesentlich einfacheres Prinzip (Brief von Gauß an Olbers vom 5. Dezember 1821) [1955, S. 91], das in seinen hauptsächlichen Teilen und in der Anwendung demjenigen des 1829 von Bertram verbesserten und wegen seiner Unkompliziertheit besonders feldtüchtigen und daher gern benutzten Heliotrops [1941, S. 187] entsprochen haben soll [1955, S. 91]. Noch 1878 sah sich Bertram genötigt zu betonen, dass er sein Gerät völlig unabhängig von Repsold entwickelt habe [1878a, S. 193]. Einer schriftlichen Erklärung Baeyers vom 26. Oktober 1877, er habe schon 1825 mit Repsold über dessen Konstruktion gesprochen, hielt Bertram entgegen, von einer solchen Unterredung nichts erfahren zu haben. Ob sich Baeyer nach über 50 Jahren tatsächlich noch so genau an sein Gespräch mit Repsold erinnerte? Vielleicht wollte er es ja auch nur mit niemandem verderben, wenn er sich für den Namen "Repsold-Bertramscher Heliotrop" aussprach [1877, S. 609] [1878, S. 34-36] [1878a, S. 193/194] [1895, S. 26-28].

Für seine trigonometrischen Arbeiten erhielt v. Müffling im Mai bzw. Juli 1822 zwei Gaußsche Heliotropen zweiter Bauart [1822] [1937, S. 307], die der Geheime Postrat Pistor in Berlin sodann um 6 Stück vermehrte [1826, S. 25] [1958, S. 14]. Und am 13. Februar 1823 konnte v. Müffling mitteilen: "Sie (= unsere Dreiecke) sind bereits … fortgesetzt, und bei ihrer Messung waren die Gaußschen Heliotrope in diesem Jahr (offenbar 1822) sehr nützlich" [1824, Sp. 37/38]. Ausweislich der Beobachtungsregister 1840 wurden erstmals 1823 in dem Kettenstück zwischen Schneekoppe – Zobten und Psow Heliotrope eingesetzt (was vermuten lässt, dass v. Müfflings Schreiben vom 13. Februar 1824 – und nicht 1823 – stammt, oder aber, dass Beobachtungen von 1822, bei denen bereits zu Heliotropen gemessen worden war, kassiert worden sind. Wenn auch v. Müffling 1823 bereits 8 Heliotrope im Einsatz hatte [1977, S. 154], wurde dennoch in diesem Kettenstück auch teilweise noch nach körperlichen Zielen beobachtet.

In den Jahren 1824 bis 1827 wurden die Gaußschen Heliotrope nur vereinzelt benutzt, 1826 insbesondere bei Nach- und Ergänzungsmessungen im Raum südlich Berlin, ferner 1826/27 in Schlesien und nördlich bis Moszyn-Szroda. Weiter nördlich davon dürfte dann die Bertramsche Konstruktion von 1829 eingesetzt worden sein. In diesem 1829 – 1832 entstandenen Kettenstück wurde mit ganz wenigen Ausnahmen nur mehr nach Heliotroplicht beobachtet, während wiederum in Ostpreußen zwar meistenteils Heliotrope, Gaußsche und Bertramsche, verwendet wurden [1876a, S. 88], des öfteren aber auch nach Signalspitzen und Helmstangen von Kirchtürmen gezielt wurde, einerseits um die höchst möglich gelegenen Zielpunkte zu benutzen, andererseits um Zentrierungsmessungen und –berechnungen zu vermeiden. Exzentren geben nämlich bei der Auswertung von Beobachtungen oftmals Anlass zu Unsicherheiten. So musste sich Bessel im März 1835 bei Baeyer wegen Details zu den Heliotropstandorten auf den Stationen Galtgarben, Lattenwalde, Lepaizi und Trunz erkundigen [1994a, S. 44, Brief 16]. Von drei der an den Heliotropen eingesetzten Mitarbeitern Baeyers sind ihre Namen bekannt: Leutnant Adon (1834 in Memel) sowie die Gehilfen Luchs (1834 in Gilge und Condehnen) und Neumann (1837 auf Galtgarben) [1994a, S. 79/81 und 85/86, Briefe 54 und 59, 60].

Der Bertramsche Heliotrop (Abb. 9) wurde über einen Durchblick im Spiegel und ein Fadenkreuz im Objektivröhrchen auf das Ziel ausgerichtet; dann drehte man den Spiegel so, dass – ggf. unter Benutzung eines Hilfsspiegels – sein Licht in die Richtung des Röhrchens fiel [1893, S. 38/39]. Voraussetzung war dabei natürlich stets, dass die Sonne schien. Allerdings musste, wie bei den nächtlichen Lampen, zusätzliches Personal vorhanden sein, doch kam jetzt am Tage noch hinzu, dass die Spiegel entsprechend dem Lauf der Sonne ständig nachgedreht werden mussten. Benutzt wurden die Heliotrope auch zur Übertragung von kurzen Nachrichten vom und zum Beobachter durch Ab- und Aufblenden des Lichtes nach einem festen Code [1955, S. 92].

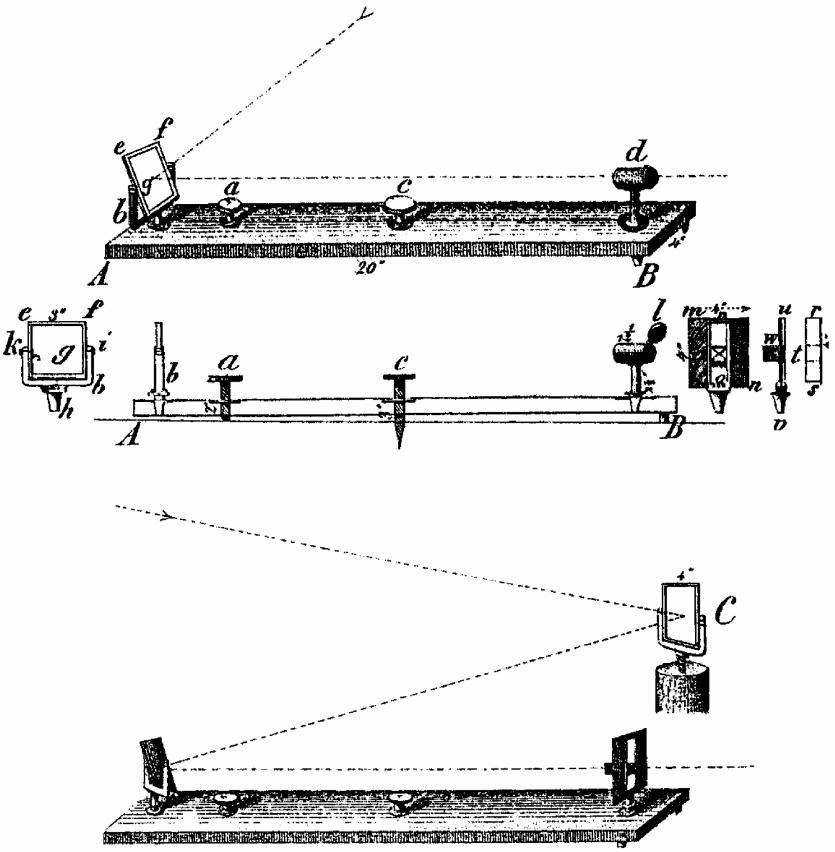


Abbildung 9: Bertramscher Heliotrop

Kopie aus: Baeyer, Johann Jakob: Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie. Berlin 1849. dort: Figurentafel III.

Zur praktischen Arbeitsweise schrieb Baeyer in seinem Bericht über die Küstenvermessung: "Sobald der Theodolit über das Zentrum gebracht war, wurde er von einem Beobachter berichtigt; der andere stellte unterdessen den Heliotropen auf und revidierte auf allen Stationen die Heliotropenlichter. Wurden Lichter vermisst, so forderte er durch Signale zum Lichtgeben auf. Waren alle Lichter vorhanden, die einen zu hell, die andern zu matt, so gab er den ersten das Signal zum Verkleinern, den zweiten zum Vergrößern der Spiegel.

Das Heliotropenlicht ist nur dann zum Beobachten geeignet, wenn es ruhig, klein und nicht zu hell ist; zu helles, strahlendes Licht hat einen nachteiligen Einfluss auf die Messung; es war aber bei der häufig mangelhaften Übung und Intelligenz der Leute nicht immer so herzustellen, wie es wünschenswert gewesen wäre; denn in Ermanglung eines stehenden Personals musste der größte Teil der Heliotropisten alljährlich aus Arbeitsleuten und Bauernburschen neu angeworben und eingeübt werden.

Wenn die Lichter so viel als möglich in Ordnung gebracht waren und das Zittern derselben nachgelassen hatte (es kommen alle Abstufungen von der vollkommenen Ruhe der Bilder im Fernrohr bis zu dem heftigen Zittern und Wallen derselben vor, welches sehr häufig so stark wird, dass man das Beobachten aufgeben muss [1876a, S. 88]), nahmen die Beobachtungen … ihren Anfang …

Über die günstigste Beobachtungszeit ist zu bemerken, dass das Heliotroplicht in unseren Gegenden des Vormittags selten, in den Mittagsstunden nie zum Beobachten brauchbar ist … (am besten mehrere Stunden vor Sonnenuntergang [1893, S. 40]) … Auf dem Festlande fällt bei uns die längste Dauer der ruhigen Bilder in die Monate Juli und August. An der Küste, wo die Gesichtslinien zum Teil über Wasser gingen, war auch die Herbstzeit den Beobachtungen noch günstig" [1849, S. 71,70].

Kaum dass der Heliotrop erfunden war, schrieb bereits der Berliner Physiker Johann Georg Tralles am 9. November 1821 an v. Müffling: "Der Gedanke des Herrn Gauß gehört allerdings zu den sehr glücklichen und wird sehr schöne Folgen haben. Unter andern ist mir beigefallen, dass man dadurch ein Mittel zur Bestimmung des (geographischen) Längenunterschiedes sich bewirken könne, sicherer und weniger umständlich als mit Pulversignalen. Es wird darauf ankommen, ob man zu Messungsgehilfen leicht gute Heliostaten und geschickte Gehülfen genug zur Hand bringen könne, welches indessen bei den Operationen unter … (Ihrer) … Leitung wohl keine Schwierigkeiten macht" [1822]. Ob daraufhin entsprechende Versuche angestellt wurden, ist nicht bekannt.

8. Berechnung der Dreieckskette

Aus dem Brief Baeyers vom 11. März 1835 an Bessel geht hervor, dass die Dreiecke zwischen Seeberg und Trunz damals zwar bereits zusammengestellt waren, dass er aber eine "neue Zusammenstellung und Ausgleichung des ganzen Netzes" für nötig hielt, an der er "wahrscheinlich ein ganzes Jahr zu arbeiten" habe [1994a, S. 43, Brief 15]. Offensichtlich trug er sich mit dem Gedanken, den Lieutenant Kuhlenkamp mit den Berechnungen zu betrauen, wenn er am 25. März 1835 an Bessel schrieb: "Mit Kuhlenkamp wird sich die Sache vielleicht arrangieren lassen, wenigstens habe ich Hoffnung; es war schon immer meine Idee, dass er bei der Berechnung des ganzen (!) Netzes wenigstens helfen sollte" [1994a, S. 44, Brief 16].

Anderthalb Jahre später, am 27. November 1836, schrieb er ihm dann: "Ihren … Brief … habe ich noch nicht früher beantwortet, weil ich mir erst eine genaue Übersicht verschaffen wollte über die Arbeit, welche die Berechnung unserer Dreieckskette zur Verbindung mit den übrigen Messungen machen würde. Ich habe nun gefunden, dass es nicht möglich ist, die Rechnungen bis zum Frühjahr fertig zu machen; es gehört gewiss ein ganzes Jahr dazu, um sie zu vollenden" [1994a, S. 70, Brief 43]. Dies wurde dann offenbar auch im Verlaufe des Jahres 1837 erreicht; denn einem Brief des Mindener Obergeometers Johann Jakob Vorlaender vom 18. November 1837 an den Generaldirektor des Katasters in Köln entnimmt man: "(Ich) erlaube … mir, das Wesentliche einer Mitteilung des Herrn Majors vom Generalstabe Baeyer über die Vergleichung der wichtigsten bisher in Europa ausgeführten und in Verbindung gesetzten Basismessungen (meinem Schreiben) voranzuschicken. Es ist dazu die Entfernung von Trunz nach Wildenhof in Ostpreußen gewählt worden. … Herr Baeyer bemerkt, dass es hiernach scheine, als ob nur die ersten fünf Basismessungen (Königsberg, Polangen/Litauen, Melun/Paris, Hamburg, Wiener Neustadt) brauchbar seien", die vier anderen (Seeberg, Darmstadt, Ensisheim/Elsass, Romney Marsch/England) jedoch nicht [1837].

Hieraus ergibt sich unzweifelhaft, dass die gesamte Generalstabskette vom Rhein bis zum Frischen Haff mit Anschluss an die Ostpreußische Gradmessung Ende 1837 berechnet vorlag. Ziemlich unverständlich wirkt deshalb die Äußerung Baeyers in seinem Brief vom 8. Oktober 1838 an Bessel: "Über die Berechnung der alten Dreieckskette weiß ich bisher nichts und kann auch meiner Überzeugung nach nichts weiter tun, als mich ganz passiv verhalten, weil ich sonst leicht der ganzen Sache Schaden tun könnte, bin aber überzeugt, dass es doch über kurz oder lang ins Werk gesetzt werden muss. Oft wirkt eine scheinbare Teilnahmslosigkeit mehr als das regste Interesse" [1994a, S. 102, Brief 77]. Was ist hier unter "dass es (!) ins Werk gesetzt werden muss" zu verstehen? Wenn hiermit die Berechnung selbst gemeint wäre, müsste es ja wohl "sie" heißen. Möglicherweise ging es jedoch um eine Publikation der Berechnungsergebnisse. Diesbezüglich dürfte es jedoch bei der bloßen Absichtserklärung geblieben sein. Vielleicht war Baeyers Formulierung aber auch nur eine mehr oder weniger gut verklausulierte Absage an eine Bekanntgabe, möglicherweise aber auch ein Hinweis darauf, dass er eine Neuberechnung für erforderlich hielt. Wie dem auch sei: Berechnungsakten oder Ergebniszusammenstellungen für die Gesamtkette sind nicht bekannt geworden.

Demgegenüber ist die Berechnung der ersten 15 Müfflingschen Dreiecke vom Rhein bis zum Seeberg in [1820, S. 530/531] und in [1821, Beispiel zum Register 3] veröffentlicht. Angewendet wurde dabei der sphärische Sinussatz unter Benutzung von Additamenten. Nähere Einzelheiten zum Verfahren und seiner Ergebnisse einschließlich der Fehlerbereinigung finden sich in [1973, S. 231-234]; neuere Erkenntnisse hierzu liegen nicht vor.

Was die Rechenarbeiten bei der Ostpreußischen Gradmessung angeht, so lässt uns Bessel in seinem Vorwort über diejenigen, die ihn dabei unterstützt haben, wissen: "Vor allem nennen wir Herrn Premierlieutenant Kuhlenkamp, dessen Kenntnisse und Umsicht uns von großem Nutzen gewesen sind. Er hat nicht nur … Winkelmessungen … ausgeführt, sondern auch die Rechnungen, welche die Messungen der Grundlinie erforderten, und die weit umfangreicheren, welche die vollständige Ausgleichung aller Winkelbeobachtungen und die endliche Konstruktion des Dreiecksnetzes herbeiführten, gemeinschaftlich mit einem von uns (Bessel) während seines Aufenthaltes in Königsberg im Winter 1834/35 vollendet, so dass von Tage zu Tage jede Zahl verglichen werden konnte und wir die vollkommenste Überzeugung von ihrer Richtigkeit erhielten … Ähnliche Hilfe genossen wir von … Lieutenant … von Mörner, … auch in der Wiederholung einzelner Teile der Rechnungen" [1838, S. VIII/IX] [1876a, S. 63/64]. Hierzu ergibt sich aus dem Schriftwechsel noch, dass auf Bessels Wunsch sich Baeyer im Februar 1835 an General Krauseneck gewandt hatte, um Kuhlenkamps Abkommandierung zu Bessel zu verlängern, was das Kriegsministerium allerdings nur noch bis zum 1. Mai 1835 bewilligte [1994a, S. 42, Brief 14].

Nachdem die Berechnungen eigentlich bereits abgeschlossen waren, wandte sich Bessel im Sommer 1836 nochmals an Baeyer, dass er sich jemanden zum Berechnen der Entfernungen und Azimute der ostpreußischen Dreieckspunkte von der Königsberger Sternwarte wünsche. Weil v. Mörner in Berlin nicht abkömmlich war, antwortete ihm Baeyer am 2. Oktober 1836: "Ich erlaube mir daher, Ihnen den Vorschlag zu machen, ob Sie mir nicht die ganze Rechnung übertragen wollen; ich glaube, dass ich sie zu Ihrer Zufriedenheit würde ausführen können, wenn Sie mir die nötigen Datas und eine kleine Anleitung dazu mitteilen. Ich rechne dann mit Mörner zusammen alles doppelt und mit jeder nur möglichen Sorgfalt" [1994a, S. 67/68, Brief 39]. Bereits einen Tag später, am 3. Oktober 1836, teilte er ihm dann – offenbar ein wenig enttäuscht – mit: "… Ich hatte eben eine 10stellige Logarithmentafel angeschafft, um die Rechnung der Entfernungen und Azimute unserer

Punkte anzufangen, als ich heute Ihr Schreiben erhielt, nach welchem Sie damit schon fertig sind; ich unterlasse es daher jetzt" [1994a, S. 68, Brief 40].

Das von Bessel angewandte Ausgleichungsverfahren erläuterte Prof. Otto Eggert so: "Die verschiedenen unvollständigen Sätze, die auf jeder Station gemessen waren, wurden zunächst einer Ausgleichung unterworfen, aus der die Winkel zwischen den einzelnen Strahlen als Unbekannte hervorgingen. Diese Winkel mussten zur Erfüllung der verschiedenen Bedingungen des Dreiecksnetzes nochmals ausgeglichen werden. Die Methode der kleinsten Quadrate verlangt, dass die endgültigen Verbesserungen der ursprünglichen Beobachtungen in ihrer Quadratsumme zu einem Minimum gemacht werden, und hierdurch wird die zweimalige Ausgleichung kompliziert. Man kann die Aufgabe so formulieren: Aus einer Reihe von Messungsgrößen sollen mehrere Unbekannte berechnet werden, zwischen denen eine Anzahl von Bedingungsgleichungen besteht. Bessel hat diese Aufgabe in eleganter Weise gelöst" [1911, S. 307/308]. Details über das Ausgleichungsverfahren und die Ergebnisse, Richtungswinkel und Entfernungen, sind enthalten in [1838, S. 129-170] [1876a, S. 93-100] [1882, S. 29-32].

9. Zusammenfassende Schlussbetrachtung

Durch seine eigenen Äußerungen ist belegt, dass v. Müffling seine trigonometrischen Arbeiten von Anfang an nicht nur unter dem militärischen Gesichtspunkt einer Grundlage für topographische Aufnahmen sah, sondern mit ihnen auch einer besseren Bestimmung der Erddimensionen aus Gradmessungen beitragen wollte. Dies mag darauf zurückzuführen sein, dass er schon 1803 und 1804, als er unter der Leitung des Gothaer Kammerherrn und Direktors der Sternwarte auf dem Seeberg Franz Xaver Freiherr v. Zach mit trigonometrischen Vermessungen in Thüringen beauftragt war, von diesem auch zu umfangreichen Versuchen über die Eignung von Pulverblitzen zur Übertragung von Ortszeiten für eine Längengradmessung herangezogen worden war [1826, S. 10] [1851, S. 280] [1855, S. 40] [1936, S. 250] [1940, S. 6] [1988, S. 307].

Mit dieser doppelten Zielsetzung schrieb er im November 1817 an v. Zach: "Nachdem Deutschland im Jahr 1813 befreit war, erschien die Möglichkeit der Ausführung unserer früheren Messungsprojekte der Jahre 1803-1805 und vorzüglich der Fortsetzung der Dreiecke aus Thüringen bis an den Rhein (gekommen zu sein) … Ein großes Dreiecksnetz zu führen, kann man von keinem der kleineren deutschen Staaten fordern, auch ist es nun unnötig … Sind die Hauptdreiecke erst vom Rhein bis zur Elbe fertig, so kann unbedenklich auf jede Dreiecksseite die Aufnahme eines ganzen Landes gebaut werden … Ein andermal teile ich … ein anderes Projekt mit, wie die Fortsetzung der Tranchotschen Dreiecke von Dünkirchen bis zum Rhein durch die meinigen bis zum Seeberg zur Vervollkommnung der Kenntnis der Gestalt der Erde nützlich werden kann" [1818, S. 33 und 47/48].

Doch der Krieg des Jahres 1815 unterbrach die 1814 begonnenen Vorbereitungen hierzu, und so konnte v. Müffling erst im Frühjahr 1816 mit der Ausführung seines Planes beginnen. In seiner Biographie lässt er uns dazu wissen: "Die Hauptdreiecke (der französischen Triangulation auf dem linken Rheinufer von 1801-1813) waren mit den besten Instrumenten und mit Sorgfalt gemessen; ich hielt sie geeignet zu einer Gradmessung … Ich baute darauf den Vorschlag, dergleichen Dreiecke vom Rhein bis zur Basis vom Seeberg, nach Umständen bis Berlin fortzuführen und die Endpunkte im Raum wie in der Zeit (durch Blinkfeuer) zu messen, um eine Längengradmessung zu erhalten, welche überhaupt (zum Bedauern vieler Astronomen) noch gar nicht ausgeführt war … Auch dieser Vorschlag wurde vom König genehmigt … Ich empfahl diese Methode in einer Vorlesung, die ich im Bureau des Longitudes in Paris hielt, und schlug den französischen Gelehrten eine gemeinschaftlich auszuführende Gradmessung zwischen Dünkirchen und Seeberg vor" [1851, S. 280].

Hierzu ergänzte Degner anhand der Akten der Kriegswissenschaftlichen Abteilung des Generalstabes des Heeres 1940 (ins Präteritum gesetzt): "Mit dem Mathematiker Delambre verabredete er ausgedehnte geographische Längenbestimmungen unter Anwendung von Pulversignalen. Der König hatte keine Einwendungen, während Generalstabschef v. Grolman dem Kriegsminister gegenüber Bedenken äußerte; Versuche in Thüringen, Schlesien, Sachsen und Böhmen hätten unbefriedigende Ergebnisse gehabt. Wenn auch die neuen Versuche nicht geradezu abgelehnt wurden, zu einer Ausführung kam es nicht" [1940, S. 13].

Doch wurden, während die deutschen Truppen noch in Frankreich weilten, zur Zeitübertragung zwischen Seeberg und Dünkirchen 15 geeignet liegende Punkte (einschließlich der beiden Endpunkte) ausgewählt [1980, S. 54]. Im Zusammenhang hiermit dürfte stehen, dass der Ingenieurgeograph Schmiedeberg 1816 durch v. Müffling beauftragt wurde, die Gegend zwischen Koblenz und Longwy (etwa in der Mitte zwischen Koblenz und Paris) nach hohen Geländepunkten zu erkunden [1973, S. 208]. Auf den ausgesuchten Punkten mit ungerader Nummer sollten nach einem ausgeklügelten Verfahren die Zeitintervalle zwischen den auf benachbarten Punkten mit geraden Nummern abgebrannten Pulversignalen ermittelt werden, und zwar in

21 Nächten hin und zurück. Bei praktischen Versuchen im Raum Paris wurden neben Pulversignalen auch durch Reverber erzeugte Lichtblitze erprobt, "allein der Beobachtungspunkt (vom Montmartre) war ungünstig, die Dünste der Stadt Paris verhinderten genaue Beobachtungen, und so blieb die Sache bis auf eine gelegenere Zeit liegen" [1826, S. 5-10]. Sie wurde auch nicht wieder aufgenommen, u. a. weil die Okkupationsarmee 1818 Frankreich verließ [1861, S. 25].

v. Müffling gab deshalb jedoch seinen Plan nicht auf, musste ihn aber auf Preußen begrenzen, wenngleich er nicht verkannte, "dass eine solche (Längen-)Gradmessung viel größere Schwierigkeiten hat als eine Breiten-Gradmessung; indessen kann nach der geographischen Lage des preußischen Staates nur eine Längen-Gradmessung zu einem Vertrauen erweckenden Resultat führen, da die Ausdehnung des Staates in der Breite zu gering ist, dagegen die Längen-Gradmessung besonders begünstigt" [1826, S. 25].

Nachdem v. Müffling 1817 mit der Ausführung der erforderlichen Triangulation begonnen hatte, teilte er im Dezember 1820 (richtig wohl 1819) v. Zach mit: "Je crois avoir démontré pour mes quinze triangles (vom Rhein zum Seeberg) …, que je peux aller de Seeberg jusqu'au Niemen (= Memel) sans avoir besoin d' une nouvelle base" [1820, S. 528]. Er hatte also schon zu diesem Zeitpunkt die Absicht, seine Dreieckskette bis nach Memel zu führen. Nach einem festen Plan [1940, S. 11] kamen dann nach und nach – vielleicht in einer Art von Salamitaktik – zu der Kette Rhein-Seeberg die anderen Kettenteile hinzu, bis 1833/34 über die Dreieckspunkte Nidden, Lepaizi und Jakubowa der Anschluss an eine bereits 1821 gemessene und 1832 entsprechend ergänzte Dreieckskette des russischen Generallieutenants v. Tenner in Westrussland (heute Polen und baltische Staaten) geschaffen [1866, S. 192-196] [1870, S. 459-463] und damit das gesteckte trigonometrische Ziel erreicht war.

Im Vorwort des Werkes über die Gradmessung in Ostpreußen liest sich das so: "Gegen Westen von dem Lande, in welchem die neue Gradmessung auszuführen war, liegen ausgedehnte Gradmessungen in Frankreich, England, Hannover und Dänemark, und es ist eine mit Sorgfalt gemessene Dreieckskette vorhanden, welche Herr Generallieutenant v. Müffling von den Dreiecken des Herrn Tranchot angefangen und durch Hessen, Thüringen und Brandenburg nach Schlesien geführt hat, welche die schon miteinander verbundenen französischen und englischen Gradmessungen nicht nur mit der dänisch-hannöverschen Gradmessung, sondern auch mit bayerischen und österreichischen Messungen in Verbindung setzt und welche unter dem gegenwärtigen Chef des Königlichen Generalstabes, Herrn Generallieutenant Krauseneck, fortgesetzt und durch das Großherzogtum Posen und Westpreußen bis in die Nähe des Frischen Haffs geführt ist" [1838, S. III/IV] [1876a, S. 62] [1882, S. 17/19]. Die neue Triangulation wurde sodann als Bestandteil einer ununterbrochenen trigonometrischen Verbindung von Formentera und von dem nördlichen England bis zu den russischen Gradmessungen bezeichnet, welche, an die Hauptsternwarten Europas angeschlossen, "eine Grundlage für die Bestimmung der Figur der Erde wenigstens im Umfang dieses Weltteils" geben sollte [1882, S. 19] zu [1876a, S. 63].

Daher konnte v. Oesfeld 1833, als die Ostpreußische Gradmessung bereits angelaufen war, feststellen, dass bald "im gebildeten Teil des europäischen Staaten-Verbandes alles, was die höhere Geodäsie betrifft, abgeschlossen sein wird" [1833, S. 394/395].

Für nicht unmittelbar wissenschaftlich interessierte Personen konnte als Deckmantel für v. Müfflings ehrgeizige Ideen, die sein Mitarbeiter Baeyer gerne aufgriff und später selbstständig weiter verfolgte, sowohl dienen, dass auf diese Weise die abgelegenen Provinzen mit der Hauptstadt Berlin entfernungsmäßig wesentlich genauer verbunden werden konnten, als es mit Hilfe der bisher üblichen astronomischen Methode je möglich gewesen wäre, wie auch, dass die einzelnen Dreiecksseiten die Ausgangslängen für daran anschließende Nebendreiecke zum Zwecke der Kartenherstellung waren. Auf diese Weise ließ sich die zugleich verfolgte wissenschaftliche Bemühung um die Bestimmung von Größe und Figur der Erde gewiss leichter durchsetzen.

v. Müfflings damaliger Vorgesetzter, Generalmajor v. Grolman, bis 1819 Chef des Generalstabes, zeigte dafür offenbar ein gewisses Verständnis; H. Degner formulierte das so: "Nicht zuletzt ist das ungestörte Hand-in-Hand-Arbeiten mit v. Müffling bei v. Grolman bemerkenswert, das nur dadurch ermöglicht wurde, dass ein seine Umgebung überragender hoher Militär der vertieften Wissenschaftlichkeit des anderen auf einem Sondergebiet die Anerkennung niemals versagte" [1940, S. 8]. Dies hatte seinen Grund sicherlich in der gleichen Interessenslage beider. So nahm z. B. v. Grolman bereits in seinen Entwurf für die Organisation des Generalstabs und dessen Aufgaben vom Oktober 1814 bezüglich einer systematischen Kartenherstellung und -sammlung für militärische Zwecke u. a. folgende Absichtserklärung auf: "In der Mark (Brandenburg) hat man die Basis jeder guten Karte, ein trigonometrisches Netz, angefangen; es muss vollendet und mit dem sächsischen und ostpreußischen in Verbindung gebracht werden, dann muss man dies Netz nach der Ostsee und nach Schlesien ausdehnen" [1980, S. 69/70].

Dass die Dreiecksketten von Seeberg bis nach Berlin einerseits und von Berlin nach Schlesien andererseits unabhängig voneinander geplant und ausgeführt worden seien, wie man es aus den unterschiedlichen gebietsmäßigen Zuständigkeiten v. Müfflings und v. Oesfelds vielleicht schließen könnte, ist keineswegs der Fall. Es gab vielmehr verbindliche Absprachen zwischen den damals in Thüringen und den in Sachsen-Brandenburg arbeitenden Triangulationsgruppen [1826, S. 11], und auch die Tatsache, dass die Winkelmessungen westlich und östlich von Berlin aus den gleichen Jahren 1819 bis 1822 stammen und sich mit den anderen zu einem Ganzen vereinigen, beweist das Gegenteil.

Hierzu wie auch zu seinem eigenen Anteil an diesen Arbeiten berichtete Berghaus 1854:

"Man teilte die vom Rhein ostwärts zu führende Dreieckskette in zwei Hälften, deren Scheidungslinie die Seite Brocken – Ettersberg bei Weimar war … Die Ausführung der östlichen Hälfte … war eine Aufgabe der trigonometrischen Abteilung des Großen Generalstabes …

Der ganze Sommer des Jahres 1817 ging über die Auswahl der Dreiecksspitzen und die damit in Verbindung stehende Errichtung von Signalen hin. Infolge des aufgestellten Prinzips, die möglichst größten Dreiecksseiten zu wählen …, bestand die Kette, welche die Seite Brocken -Ettersberg durch Preußisch Sachsen, den südlichen Teil der Mark Brandenburg und die Nieder- und Oberlausitz bis zur Seite Gröditzberg – Schneekoppe (!) in Schlesien geführt wurde, nur aus 14 Dreiecken, denen ein fünfzehntes Dreieck behufs des Anschlusses an Berlin hinzugefügt wurde. … Mit diesen Instrumenten sind die großen Dreiecke der östlichen Hälfte in den Jahren 1818 und 1819 von Oesfeld und von mir gemessen und im Jahre 1820 von ersterem und dem ihm zugeteilten Hauptmann Hänel vervollständigt worden" [1854, S. 20/21].

Daraus, dass die Dreiecke in Oberschlesien (südöstlich der Schneekoppe) alle im Jahre 1823 beobachtet sind, kann man schließen, dass die Dreieckskette von Berlin bis Psow, in Schlesien entlang der preußisch-österreichischen Grenze verlaufend, bis zu diesem Jahr komplett fertiggestellt war. Tatsächlich lässt sich aus den Beobachtungsregistern 1840 ableiten, dass die Dreiecke bis zur Schneekoppe bereits 1822 beobachtet waren. Auch geht aus einem Schriftwechsel von 1821/22 zwischen v. Müffling, v. Oesfeld, O'Etzel und Baeyer (Anlage 3) hervor, dass die beiden letzteren im Juli, August und September 1821 Winkelmessungen auf den Dreieckspunkten Spiegelberg, Meiseberg, Rückenberg, Dalkau, Hohenstein und Gröditzberg ausgeführt haben. Eine Zielverwechslung in der Richtung Rückenberg – Dalkau sowie die noch fehlende Richtung Rückenberg – Gröditzberg führten noch im gleichen Jahr zu Nach- und Ergänzungsbeobachtungen auf Rückenberg. Doch trat auch dann noch in dem Dreieck Rückenberg – Dalkau – Gröditzberg ein Schlussfehler von 20" (zulässig 3") auf.

Eine Verbindung mit dem Kettenstück westlich Marienberg – Hutberg bestand allerdings 1821 noch nicht, sie wurde erst 1822 geschaffen, was offenbar daran lag, dass der zunächst ausgewählte Punkt Mühlenberg für die Weiterführung der Kette ungünstig lag und durch Brandberg ersetzt werden musste. Nachdem sich für einige der 1821/22 beobachteten Winkel das Erfordernis von Nachmessungen unzweifelhaft herausgestellt hatte, wurden diese dann 1824 – 1826 im Zusammenhang mit dem Anschluss des Flächennetzes im Nordwesten Schlesiens an diesen Kettenteil ausgeführt.

Welche Bedeutung dem von Lips [1937, S. 250] wiedergegebenen Netzbild "Die preußische Dreieckskette von Berlin bis Breslau" zukommt, kann anhand der Beobachtungsregister 1840 nicht entschieden werden. Aus der Tatsache, dass es anstelle von Brandberg als Dreieckspunkt noch Mühlenberg enthält, ist zu schließen, dass es etwa 1820/21 erstellt wurde. Die größte Abweichung gegen die endgültige Form der Kette ist jedoch, dass in ihm die Punkte Wohlau und Breslau mit ihren Bestimmungsdreiecken eingetragen sind. Die Literatur gibt zu diesem Problem lediglich Folgendes her:

1. v. Müffling, Dezember 1820 (richtiger wohl 1819):
   "Partant du côté Struth et Inselsberg, j'ai continué les triangles jusqu'à Berlin et au délà. Tous les signaux sont plantés jusqu'à Breslau" [1820, S. 528].
2. v. Müffling, Februar 1823:
   "Sie (unsere Dreiecke) sind bereits von Berlin bis Breslau fortgesetzt" [1824, Sp. 37/38].
3. N.N. (vermutlich Berghaus), Juni 1826:
   "Die Messung der Hauptdreiecke ging überall erwünscht vonstatten; sie waren vom Rhein über Berlin bis Breslau projektiert, Signale errichtet …" [1826, S. 11].

Möglicherweise ist in diesen Aussagen "Breslau" nur als Synonym für Schlesien zu verstehen; möglicherweise gab es aber auch schon vor 1823 Beobachtungen, die bis Breslau reichten, dann aber verworfen oder aus anderen Gründen nicht in die endgültigen Hauptdreiecke einbezogen wurden; möglicherweise jedoch gingen die tatsächlichen Messungen auch nur bis zur Seite Gröditzberg – Schneekoppe und der Rest bis Breslau stand noch aus.

Bekannt ist hierzu lediglich aus einem Brief O'Etzels vom 2 September 1821 (Anlage 3), dass er zusammen mit Baeyer von Zobten aus nach Breslau gehen wollte, "um den letzten Turm für die Beobachtung auszusuchen und den Girus zu nehmen", d.h. alle sich im dortigen Horizont darbietenden Punkte grob anzumessen, und dass einer von beiden dann "nach einem (noch) zu findenden Punkt, von wo aus man die Verbindung mit Breslau bewirken kann", gehen sollte. Es ging also um eine Erkundung der günstigsten Anbindung Breslaus, wo man gemäß Bericht vom 27. September 1821 den Turm der Elisabethkirche auswählte, mit dem bis zur Seite Gröditzberg – Zobten bereits fertig erkundeten Teil der Dreieckskette.

In diesem ebenfalls erst 1821 ausgewählten Kettenteil wurde der zunächst als Hauptpunkt vorgesehene Punkt Tafelfichte 1822 zwar von Hohenstein und Gröditzberg angezielt, bei der endgültigen Netzgestaltung jedoch übersprungen, weil die Sicht Hohenstein – Schneekoppe direkt erhalten werden konnte. Damit dürfte mit einiger Sicherheit feststehen, dass der von Lips veröffentlichte Netzriss Ende 1821 entstanden ist und zu einem Teil bereits beobachtete, zu einem anderen Teil aber erst geplante Dreiecke enthält. Was nun Breslau und den vorgesehenen Verbindungspunkt Wohlau angeht, so bleibt offen, ob man auf sie später nicht ebenfalls verzichtete, als man die Dreieckskette 1823 von Gröditzberg – Schneekoppe aus südöstlich bis Psow verlängerte. Nach bisherigem Wissensstand ist dies anzunehmen.

Die Mitteilung von E. Lehmann: "Als letzter Teil des Müfflingschen Netzes wurden die 11 Dreiecke I. Ordnung von der Seite Golmberg – Kolberg bei Storkow bis Zobten – Breslau im Zeitraum von 1820 bis 1828 beobachtet" [1988, S. 309], kann nach Vorstehendem wie auch nach den Beobachtungsregistern 1840 nicht stimmen.

H. Degner sprach 1940 noch von einem weiteren Netzentwurf, in dem noch andere Punkte genannt sind: "Im Juni 1817 übersendet v. Oesfeld dem Departement (Generalstab in Berlin) einen Netzentwurf für die von ihm geplanten neuen Dreiecke. Nach diesem soll sich eine Kette südöstlich … über die … Punkte … Marienberg, Rückenberg bei Sorau, Ruine Gröditzberg, einen Pavillon auf der Landeskrone, Schneeberg, Zobten, Sternwarte Breslau, Heuscheuer nach dem Glatzer Schneeberg erstrecken" [1940, S. 15] (hierzu auch [1988, S. 309]). Als Herkunft seines Wissens gab Degner leider nur an: "Nach dem archivalischen Material der Kriegswissenschaftlichen Abteilung des Generalstabes des Heeres mit dessen Erlaubnis zusammengestellt", so dass eine Überprüfung seiner Aussage nicht möglich ist. Es handelt sich hierbei vielleicht um einen allerersten, möglicherweise nur häuslich anhand vorhandener Unterlagen, also ohne vorherige örtliche Erkundung, aufgestellten Netzentwurf.

Was den Kettenteil Schlesien – Frisches Haff angeht, so gibt Lips als Beobachtungszeitraum 1828 bis 1832 an [1937, S. 251]. Hier müsste man ihm entgegen halten, dass nach den Beobachtungsregistern 1840 im Jahre 1828 überhaupt keine Winkelmessungen ausgeführt wurden, möglicherweise wegen des russisch-türkischen Krieges auf dem Balkan [1851, S. 292]; allerdings könnte dieses Jahr vielleicht zur Erkundung des gesamten Kettenstücks nördlich von Tarnowo – Kiczyn genutzt worden sein. Der Vollständigkeit halber sei hier nochmals erwähnt, dass das kleine Stück der Kette am Frischen Haff zwischen Trunz – Brosowken und dem Südende der Ostpreußischen Gradmessung nicht exakt bekannt ist, da es weder in den Beobachtungsregistern 1840 noch sonst irgendwo nachgewiesen ist.

Die Gradmessung in Ostpreußen war von ihrer Zweckbestimmung her nicht, wie es in neuerer Zeit allgemein dargestellt wird, der Anfang der späteren mehr oder weniger flächenhaften Preußischen Landesaufnahme, wenn sie auch dazu genutzt wurde, sondern das Ende des einer vorangegangenen Periode angehörenden, quer durch Preußen verlaufenden Systems aneinander gereihter Dreiecksketten. Die Bezeichnung "Gradmessung in Ostpreußen" könnte übrigens dazu verleiten zu meinen, dass sie eine selbstständige Bestimmung von Erddimensionen zugelassen hätte. Da sie wegen ihrer geringen Ausdehnung jedoch nicht imstande war, ein signifikantes Ergebnis hervorzubringen, muss man sie als den ostpreußischen Anteil an einer Gradmessung verstehen. Dazu steht nicht im Widerspruch, dass sie wohl in der Lage war, innerhalb ihrer Erstreckung kleinförmig bedingte Krümmungsunterschiede des Erdkörpers zu ermitteln.

Sie lieferte darüber hinaus auch die Maßstabsunterschiede zu den im Norden und Süden angrenzenden Triangulationen. Vergleicht man die beiden gemeinsamen Dreiecksseiten der Gradmessung in Ostpreußen (Basis Königsberg) und der russischen Dreiecksketten (Basis Polangen), für welche Berechnungsergebnisse vorliegen, miteinander, so finden sich folgende Differenzen (Vorzeichen: Ostpreußen – Russland):

- Jakubowa-Lepaizi = -0,508 m (-17,2 cm/10 km) [1895, S. 172] und
- Lepaizi-Memel, Kirchturm = +0,430 m (+13,1 cm/10 km)[1866,S.4/5,194] [1870,S.29, 461].

Hierzu stellte Baeyer am 26. April 1835 in einem Antwortschreiben auf Bessels Mitteilung vom 19. d. M. fest: "Die Übereinstimmung der Seite Memel, Turm – Lepaizi zwischen unserer und der Tennerschen Operation ist wirklich überraschend" [1994a, S. 45, Brief 17]. Doch enthält sein Brief vom 24. Februar 1837 detaillierte Erörterungen über Differenzen zu den Ergebnissen russischer Messungen, Verwechslungen, fehlende Feldbuchnotizen und missdeutbare Zielmarkierungen [1994a, S. 75, Brief 50], woraus sich möglicherweise die ungleichen Vorzeichen der Abweichungen erklären. Die Dreiecksseite Lepaizi – Algeberg diente nicht, wie in [1996a, S. 47] angegeben, als Verbindung mit der russischen Triangulation.

Im Süden gab es nur eine Anschlussseite zwischen der Gradmessung in Ostpreußen (Basis Königsberg) und der Dreieckskette des preußischen Generalstabs (Basis Seeberg), für die sich als Unterschied fand:

- Trunz – Wildenhof = -3,726 m (-63,5 cm/10 km) [1838, S. 169] [1994a, S. 45],

also ein etwa viermal größerer Wert als im Norden.

Zu den innerhalb der großen preußischen Gradmessungskette gelegenen Sternwarten Königsberg [1895, S. 171/172], Berlin (Marstallgebäude), Breslau und Seeberg sowie der daran angeschlossenen, weiter südlich befindlichen Sternwarte Leipzig (Pleißenburg) [1937, S. 248-250] kamen durch die Verbindungen mit den französischen und russischen Dreiecken sowie der Hannoverschen Gradmessung (1821 – 1825) ferner noch die dort in etwa gleicher geographischen Breite vorhandenen Sternwarten Greenwich, Brüssel, Göttingen, Warschau sowie die astronomisch bestimmten Punkte Dünkirchen und Aachen hinzu. Auch beabsichtigte Baeyer weitere astronomische Bestimmungen im Bereich der großen Dreieckskette; denn er schrieb am 1. Juli 1836 an Bessel: "Ich freue mich außerordentlich darauf, unter Ihrer Aufsicht die astronomischen Beobachtungen (in Königsberg) machen zu können, und hoffe dadurch, es dahin zu bringen, dass ich später allein sie ausführen kann, um in unserer großen Kette vom Rhein bis an die Weichsel das nachzuholen, was wir bis dahin nicht imstande waren auszuführen …" [1994a, S. 67, Brief 38].

Damit hätten dann die Voraussetzungen für eine umfangreiche Längengradmessung oder gar zu einer Erdkonstantenbestimmung vorgelegen. Dass sie in dieser Form jedoch nicht zustande kam, begründete Bessel 1838 so: "Der geodätische Teil unserer Unternehmung setzt jetzt alle in der neueren Zeit in Europa ausgeführten Gradmessungen in Verbindung miteinander. Es war unsere Absicht, diese Verbindung weiter zu verfolgen und daraus nicht nur die Längen der geodätischen Linien – von einem willkürlich zu wählenden Mittelpunkte nach allen astronomisch bestimmten Punkten der verschiedenen Gradmessungen gezogen – abzuleiten und diese mit den astronomischen Bestimmungen der Polhöhen, Mittagsunterschiede und

Azimute zu vergleichen, um darauf ein Urteil über die Krümmung der Oberfläche in Europa zu gründen. Allein, wir konnten diese Absicht jetzt noch nicht durchführen, indem einige Messungen noch nicht bekannt geworden sind und andere noch eine genauere Berechnung erwarten" [1838, S. 423] [1876a, S. 127]. Bessel ging also damals schon von dem Gedanken einer bloßen Längengradmessung zugunsten eines flächenhaften astronomisch-geodätischen Netzes ab. Wenngleich auch seine ostpreußischen Dreiecke sich mehr oder weniger gut in eine große Längengradmessung vom Atlantik bis nach Russland hinein einpassten, so waren sie doch mehr in Nord-Süd-Richtung angeordnet und hätten sich daher eher für eine Breitengradmessung geeignet.

Dass die ursprünglich geplante große Längengradmessung nicht zustande kam, mag möglicherweise daran gelegen haben, dass die astronomischen Zeitbestimmungen und deren Übertragungen nicht gut genug gelangen und zum Teil zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt hatten, auch zu den terrestrisch ermittelten Werten nicht passten (wie z. B. bei der Sternwarte Berlin [1821a] [1854, S. 21/22] oder für den Brocken [1820, S. 529, 536/537] [1822]); vielleicht hielt man auch die beobachteten Dreieckswinkel in Kenntnis dessen, wie ihre Ergebnisse erhalten waren, als zu ungenau für eine exakte Entfernungsbestimmung. Wenn Baeyer sein Vorhaben, den Bogen Seeberg – Trunz aus der großen Dreieckskette des Generalstabes zu berechnen, nicht ausführte, so mag das, wie er selbst angab, auf Zeitmangel beruht haben [1994a, S. 43/44, Briefe 15, 16], könnte aber auch mit vorgenannten Problemen zusammenhängen, so dass sich der große Arbeitsaufwand nicht gelohnt hätte.

Bessel musste sich deshalb damit begnügen, die geodätischen und astronomischen Verbindungen zwischen den innerhalb Ostpreußens gelegenen Punkten Trunz, Memel und Sternwarte Königsberg zusammenzustellen: einerseits die Entfernungen (geodätischen Linien) und die Richtungswinkel zu benachbarten Dreieckspunkten, andererseits die Polhöhen und die Azimute, um damit Vergleiche anzustellen [1838, S. 424-426] [1876a, S. 127/128]. Hieraus folgerte er u.a., dass die drei astronomisch bestimmten Punkte nicht durch ein und dasselbe elliptische Rotationssphäroid mit einer der Drehungsachse der Erde parallelen Achse horizontal berührt werden können [1838, S. 438] [1876a, S. 134]. Dies führte ihn dann zu differenzierten theoretischen Überlegungen zur mathematisch-physikalischen Figur der Erde.

Nur wenige Jahre später, 1841, benutzte Bessel die Ostpreußische Gradmessung zusammen mit 9 weiteren in Peru, Indien (kleine und große), Frankreich, England, Hannover, Dänemark, Russland und Schweden zur Bestimmung seiner in vielen Ländern, so auch seit 1865 in Preußen verwendeten Erdkonstanten [1861, S. 28]: Große Halbachse = 3272077,14 Toisen, Abplattung 1 : 299,15286.

Nicht unerwähnt darf in diesem Zusammenhang jedoch bleiben, dass schon 1823 Baeyer im Auftrage v. Müfflings unter Verwendung der 15 Dreiecke vom Rhein zum Seeberg sowie französischer und niederländischer Triangulationen aus dem großen Dreieck Dünkirchen-Seeberg-Mannheim bereits einmal Erdkonstanten berechnet hatte [1824, Sp. 33-38] [1826, S. 11, 15-21] [1851, S. 280/281] [1988, S. 308]. Das Ergebnis war nach dem Bericht v. Müfflings: "Der von mir gefundene Quadrant beträgt in Toisen = 5 131 276,55; … es beträgt aber der französische Quadrant = 5 131 111,00 …, folglich ist der von mir gefundene größer = 165,55 Toisen (= 322,66 m / 10 000 km)." Die Abplattung war 1 : 315,2 [1861, S. 25].

Weiteres hierzu und zu den Vergleichen zwischen verschiedenen europäischen Grundlinien (Melun, Ensisheim, Darmstadt, Seeberg, Romney-Marsh) sowie zum Kettenteil Rhein-Seeberg-Berlin finden sich in [1960, S. 70-72] und, speziell auch Aussagen über seine Genauigkeit, in [1973, S. 191-245]. Näheres zur Einordnung in die zeitgenössischen trigonometrischen und topographischen Arbeiten erfährt man in [1996, S. 43-48] und [2002, S. 97-108].

Zum Schluss dieser dokumentarischen Abhandlung erwartet der Leser vom Verfasser gewiss eine Positionsbestimmung der damaligen Arbeiten. Aus einem Abstand von mehr als 150 Jahren wird man heute zu etwa folgender Gesamtbeurteilung kommen:

Die große, als Längengradmessung deklarierte Kette vom Rhein bis nach Memel bot den damaligen Trigonometern, die noch nie zuvor eine solch umfangreiche geodätisch-astronomische Aufgabe auszuführen hatten, die Gelegenheit des Erfahrungsammelns, also die Möglichkeiten und Grenzen der Dreiecksmessung zu erkennen und zweckorientierte Verfahrensweisen zu entwickeln. Dies betraf alle Teilgebiete der Triangulation, beginnend bei der praktischen Zielsetzung und Organisation der Durchführung über Erkundung, Signalbau, Punktfestlegung, Beobachtungsverfahren, Zielbezeichnung durch Licht, Berechnungsmethoden und Qualitätsprüfung bis hin zur kritischen Würdigung des Erreichten. Es war eine Zeit des Experimentierens auf Grund mancher sicherlich wohlbegründeter theoretischer Überlegungen, aus welchem sich in knapp zwei Jahrzehnten (1817-1834) nach dem Prinzip "Aus Fehlern wird man klug" (learning by doing) die praktisch ausführbaren und zum Erfolg führenden Methoden herausschälten. Von den so gewonnenen Erkenntnissen konnte dann die nächste Generation profitieren.

10. Quellen und Literatur

1818 von Müffling, Friedrich Carl Ferdinand: Geschichte der Rheinvermessung, aus einem Schreiben vom General Freiherrn von Müffling an den Direktor der Sternwarte Seeberg, Freiherrn von Lindenau, Coblenz, November 1817; in: Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften, 5. Band, Tübingen 1818, S. 33-48

1818a (N.N.:) Brief aus Jena vom 25. Juni 1818 an v. Müffling; in: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt a.M., Aktenstück Nr. 671: Schriftwechsel bekannter Wissenschaftler mit Generalfeldmarschall v. Müffling und seinen Mitarbeitern (1804-1822)

1820 von Müffling, Friedrich Carl Ferdinand: Lettre de M. le Lieutenant-Général Baron de Müffling, Erford, le 7 Décembre 1820 (Bericht über die Herstellung der Seeberger Basis und über die 15 Dreiecke von der Tranchotschen Dreiecksseite Nürburg-Fleckert bis zur Seeberger Grundlinie); Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique, Tome 4, Gênes 1820, pag. 525-537 (Anmerkung: Dieser Brief ist im Juni-Heft 1820 erschienen, daher muss seine Jahreszahl wohl 1819 heißen; Druckfehler?)

1821 von Müffling, Friedrich Carl Ferdinand: Instruction für die topographischen Arbeiten des Königlich Preußischen Generalstabes; Berlin, 15. Januar 1821, 19 S., 8 Beispiele und Register, 8 Hilfstafeln, 6 Muster (erhielt am 5. Februar 1821 die königliche Genehmigung [1940, S. 16])

1821a Auszug aus: Generalia in Betreff der Trigonometrischen Abteilung 1821-1823; in: Geh. Staatsarchiv, H. A. Rep. 5, ZD 17 (das Aktenstück wurde gemäß Mitteilung des Staatsarchivs Merseburg im 2. Weltkrieg vernichtet)

1822 Schriftwechsel bekannter Wissenschaftler mit Generalfeldmarschall v. Müffling und seinen Mitarbeitern (1804-1822); Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt a.M., Aktenstück 671

1824 von Müffling, Friedrich Carl Ferdinand: Schreiben des Herrn Generals von Müffling, Chef des Königlich Preußischen Generalquartiermeisterstabes, (vom 13. Februar 1823) an den Herausgeber (Prof. Heinrich Christian Schumacher, Direktor der Sternwarte in Altona), Bericht über trigonometrische Arbeiten und die Längengradmessung; in: Astronomische Nachrichten, 2. Band, Altona 1824 (Nr. 27 vom März 1823), Spalte 33-38

1826 (Berghaus, Heinrich:) Über die Längen-Gradmessung zwischen Dünkirchen und dem Seeberg bei Gotha, ausgeführt von … Generallieutenant Freiherrn von Müffling; in: Hertha, Zeitschrift für Erd-, Völker- und Staatenkunde, 7. Band, Stuttgart 1826, S. 5-25, 1 Dreieckskarte

1830 von Oesfeld, Karl Wilhelm: Andeutungen zu zwei wichtigen geodätischen Operationen; in: Annalen der Erd-, Völker- und Staatenkunde, 8. Band, Berlin 1833

1837 Vorlaender, Johann Jakob: Brief aus Minden, 18. November 1837, an Rolshausen, Generaldirektor des Katasters in Köln; in: Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bonn-Bad Godesberg, Trig. Akte 6/H, Notizen zu den Dreiecken I. und II. Ordnung im Regierungsbezirk Minden, 1824-1839

1838 Bessel, Friedrich Wilhelm, und Baeyer, Johann Jakob: Gradmessung in Ostpreußen und ihre Verbindung mit Preußischen und Russischen Dreiecksketten; Berlin 1838, 452 S., 7 Tafeln

1840 (Baeyer, Johann Jakob:) Zusammenstellung sämtlicher Winkelmessungen der Hauptdreieckskette zwischen Rhein und Weichsel aus den Jahren 1817 bis 1834, (Berlin um 1840); befand sich um 1965 im damaligen Geodätischen Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

1849 Baeyer, Johann Jakob: Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie, ausgeführt von der trigonometrischen Abteilung des Generalstabes, Berlin 1849, 587 S., 1 Karte, 3 Figurentafeln

1851 von Müffling, Friedrich Carl Ferdinand: Aus meinem Leben; Berlin 1851, 403 S. (2. Auflage Berlin 1855)

1854 Berghaus, Heinrich: Landbuch der Mark Brandenburg und des Markgrafenthums Nieder-Lausitz in der Mitte des 19. Jahrhunderts oder geographisch-historisch-statistische Beschreibung der Provinz Brandenburg; 1. Band, Brandenburg 1854; darin S. 1-36 Geographische Lage (Beschreibung der astronomischen, trigonometrischen und topographischen Vermessungen)

1855 (von Müffling, Friedrich Carl Ferdinand:) Auszug aus den hinterlassenen Papieren des Generalfeldmarschalls Freiherrn von Müffling; Beiheft zum Militärwochenblatt für Juli 1855, Berlin, S. 25-42

1857 Baeyer, Johann Jakob: Die Verbindungen der Preußischen und Russischen Dreiecksketten bei Thorn und Tarnowitz, ausgeführt (1852-1854) von der trigonometrischen Abteilung des Generalstabes, Berlin 1857, 442 S., 4 Tafeln; darin u. a. die Weichselkette 1853

1859 (Baeyer, Johann Jakob:) die Triangulation (2. Ordnung) von Thüringen, ausgeführt in den Jahren 1851 bis 1855 von der trigonometrischen Abteilung des Königlich Preußischen Generalstabes, Berlin 1859, 183 S., 6 Figurentafeln und 1 Karte

1861 Baeyer, Johann Jakob: Über die Größe und Figur der Erde, Eine Denkschrift zur Begründung einer Mitteleuropäischen Gradmessung; Berlin 1861, 111 S., 1 Übersichtskarte

1866 Bureau der Landes-Triangulation: Die Königlich Preußische Landes-Triangulation, Hauptdreiecke, I. Teil: Hauptdreiecke in der Provinz Preußen, an der Weichsel und östlich derselben; Berlin 1866, 208 S., 3 Karten

1867 Bureau der Landes-Triangulation: Triangulation der Umgegend von Berlin, Berlin 1867, 516 + 40 S.

1868 Baeyer, Johann Jakob: Mein Entwurf zur Anfertigung einer guten Karte von den östlichen Provinzen des Preußischen Staates, Ein Beitrag zur Entwicklung der Messkunde in Preußen, Berlin 1868, 77 S.

1870 Bureau der Landes-Triangulation: Die Königlich Preußische Landes-Triangulation, Hauptdreiecke, I. Teil, zweite vermehrte Auflage, Berlin 1870, 470 S., 3 Karten

1874 Bureau der Landes-Triangulation: Hauptdreiecke, II. Teil, 2. Abteilung, Berlin 1874, S. 283-622; darin:

B. Ergänzung zu älteren Hauptdreiecken, S. 283-302

C. Die Märkisch-Schlesische Kette 1868-1872, S. 303-468

D. Die Schlesisch-Posensche Kette 1868-1872, S. 469-597

1876 Trigonometrische Abteilung der Landesaufnahme: Die Königlich Preußische Landes-Triangulation, Hauptdreiecke, III. Teil, Berlin 1876, 341 S., 1 Übersichtstafel; darin: Das Posensche Dreiecksnetz und das Märkische Dreiecksnetz

1876a Engelmann, Rudolf: Abhandlungen von Friedrich Wilhelm Bessel; 3. Band, Leipzig 1876, S. 62-138: Gradmessung in Ostpreußen und ihre Verbindung mit Preußischen und Russischen Dreiecksketten (Berlin 1838)

1877 Steppes, Carl: Bericht über die VI. Hauptversammlung des Deutschen Geometervereins zu Frankfurt am Main, 11. bis 14. August 1877; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band VI, Stuttgart 1877, S. 585-669; darin S. 609: Urheber des einfachen Heliotrops (Fußnote von Friedrich Robert Helmert)

1878 Nagel, August: Urheber des einfachen Heliotrops; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band VII, Stuttgart 1878, S. 34-36

1878a Bertram, Karl Ludwig Friedrich: Erklärung (zur Erfindung seines Heliotrops); in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band VII, Stuttgart 1878, S. 193

1882 Jordan, Wilhelm: Höhere Geodäsie und Topographie des Deutschen Reiches, Stuttgart 1882; Band I von Jordan, Wilhelm, und Steppes, Karl: Das deutsche Vermessungswesen, historisch-kritische Darstellung, 288 S.

1893 Kahle, Paul: Landesaufnahme und Generalstabs-Karten, Die Arbeiten der Königlich-Preußischen Landesaufnahme, Berlin 1893, 86 S.

1894 Trigonometrische Abteilung der Landesaufnahme: Die Königlich Preußische Landes-Triangulation, Hauptdreiecke, VI. Teil, Berlin 1894, 314 S., 26 Skizzen, 1 Übersichtstafel; darin S. 13-14: Die alte Preußische Dreieckskette von Berlin nach dem Rhein

1894a Helmert, Friedrich Robert: Vortrag über Leben und Werk von Johann Jakob Baeyer anlässlich seines 100. Geburtstages; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band XXIII, Stuttgart 1894, S. 659-662

1895 Trigonometrische Abteilung der Landesaufnahme: Die Königlich Preußische Landes-Triangulation, Hauptdreiecke, VII. Teil, Berlin 1895, 471 S., 8 Skizzen, 3 Übersichtsblätter; darin S. 149-177: Die Gradmessung in Ostpreußen, S. 179-243: Die Küstenvermessung

1895a Steiff, E.: Zur Geschichte des Heliotrops (Mitteilung vom Oktober 1894); in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band XXIV, Stuttgart 1895, S. 26-28

1897 Trigonometrische Abteilung der Landesaufnahme: Die Königlich Preußische Landes-Triangulation, Hauptdreiecke, IX. Teil, Berlin 1897, 484 S., 19 Skizzen, 1 Übersichtstafel; darin S. 14-18: Die alte Preußische Dreieckskette von Berlin nach dem Rhein

1903 Matthiass: Hauptdreiecke der Königlich Preußischen Landes-Triangulation; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band XXXII, Stuttgart 1903, S. 2-17, 33-52

1911 Eggert, Otto: Bessel als Geodät; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band XL; Stuttgart 1911, S. 301-310

1914 Pfitzer, Albert: Baeyer an Vorlaender vor 50 Jahren; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Band XLIII, Stuttgart 1914, S. 129-134

1933 Jany, Curt: Die Königlich Preußische Armee und das Deutsche Reichsheer 1807 bis 1814, Berlin 1933, S. 122-129: Obere Militärbehörden

1936 Lips, Kurt: Die mitteleuropäischen Dreiecksmessungen vor dem Jahre 1861; in: Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme, Berlin 1936, S. 246-276

1937 Fortsetzung von 1936, Berlin 1937, S. 229-261 und 304-326, insgesamt 10 Beilagen

1937a von Priesdorff, Kurt: Soldatisches Führertum, Band IV, Hamburg 1937, 495 S.; darin S. 308-322: Philipp Friedrich Karl Ferdinand Freiherr von Müffling gen. Weiß

1937b Gigas, Erwin: Triangulation I. Ordnung und Basismessung, Berlin 1937, 56 S.

1938 von Priesdorff, Kurt: Soldatisches Führertum, Band VI, Hamburg 1938, 512 S., darin S. 215-217: Johann Jakob Baeyer

1940 Degner, Hermann: Die Aufnahmearbeiten des Preußischen Generalstabs nach den Freiheitskriegen; Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme, 16. Jg., Berlin 1940, S. 1-20

1940a Gigas, Erwin: Die Grundlagen der deutschen Landesvermessung, Die geschichtliche Entwicklung der deutschen Triangulationen bis zum Werden des deutschen Reichsdreiecksnetzes; in: Reichsamt für Landesaufnahme, Dreiecks- und Höhenmessung, Berlin 1940, (244 S.), S. 5-27

1941 Degner, Hermann: Die Preußischen Ingenieurgeographen; in: Nachrichten aus dem Reichsvermessungsdienst (Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme) 17. Jg., Berlin 1941, S. 184-194

1955 Gerardy, Theo: Die Triangulation des Königreichs Hannover durch C. F. Gauß (1821-1844); in: Niedersächsische Vermessungs- und Katasterverwaltung: C. F. Gauß und die Landesvermessung in Niedersachsen, Hannover 1955, S. 83-114, darin S. 90-92 Gaußscher Heliotrop

1958 Schroeder-Hohenwarth, Joachim: Die preußische Landesaufnahme von 1816-1875; in: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 5, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main 1958, 59 S.

1958a Gigas, Erwin: Geschichte der Geodäsie; in: Studium Generale; 11. Jg., Heft 1, Berlin et al. 1958, S. 47-62

1960 Schmidt, Rudolf: Die Triangulationen in Nordrhein-Westfalen, Bad Godesberg 1960, 273 S., darin S. 70/71: Hauptdreiecke vom Rhein zum Seeberg unter Generalmajor v. Müffling (1817-1820) und S. 72: Bestimmung der Erdkonstanten durch Leutnant Baeyer (um 1823)

1960a Reicheneder, Karl: Zum 75. Todestag von General Baeyer; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, 85. Jg., Stuttgart 1960, S. 461-463

1970 Albrecht, Oskar: Lebensbilder aus dem militärischen Karten- und Vermessungswesen in Preußen, Teil IV, Der Generalstab 1816-1875 (Bad Godesberg 1970, 22. S.)

1970a Albrecht, Oskar: Das Porträt, Generalfeldmarschall Freiherr von Müffling; in: Soldat und Technik 1970, S. 580-581

1970b Albrecht, Oskar: Kurze Geschichte des militärischen Karten- und Vermessungswesens bis zum Anfang des ersten Weltkrieges; in: Fachdienstliche Mitteilungen des obersten Fachvorgesetzten des Militärgeographischen Dienstes, 1970, Sonderdruck S. 3-34

1973 Schmidt, Rudolf: Die Kartenaufnahme der Rheinlande durch Tranchot und v. Müffling 1801-1828, 1. Geschichte des Kartenwerkes und vermessungstechnische Arbeiten; Publikationen der Gesellschaft für Rheinische Geschichts-

kunde XII, Bd. 10, Köln-Bonn 1973, 372 S., 20 Anlagen, Register, 1 Bd. Anlagen

1977 Gerardy, Theo: Geodäten als Korrespondenten von Carl Friedrich Gauß; Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 84. Jg., Karlsruhe 1977, S. 150-160

1978 Lehmann, Ernst: Buchbesprechung von Engelmann, G.: Heinrich Berghaus, der Kartograph von Potsdam; in: Vermessungstechnik, 26. Jg., Berlin 1978, S. 251

1980 Albrecht, Oskar: General Freiherr von Müffling und die Kartenaufnahme der Rheinlande 1814-1828; in: Schriftenreihe des Militärgeographischen Dienstes der Bundeswehr, 1980, S. 45-65

1980a Albrecht, Oskar: General Karl Wilhelm von Grolman, der organisatorische Begründer der Landesaufnahme des preußischen Generalstabes; in: Schriftenreihe des Militärgeographischen Dienstes der Bundeswehr, 1980, S. 67-75

1984 Minow, Helmut: Friedrich Wilhelm Bessel zum 200. Geburtstag; in: Der Vermessungsingenieur, 35. Jg., Wiesbaden 1984, S. 80-82

1984a Schoeps, Dietrich: Friedhelm Wilhelm Bessel, Astronom und Geodät, zur 200. Wiederkehr seines Geburtstages; in: Vermessungstechnik, 32. Jg., Berlin 1984, S. 202-203

1984b Seeber, Günter: Zum 200. Geburtstag von Friedrich Wilhelm Bessel; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, 109. Jg., Stuttgart 1984, S. 576-585

1985 Kautzleben, Heinz: Zum 100. Todestag von J.J. Baeyer; in: Vermessungstechnik, 33. Jg., Berlin 1985, S. 307-309

1988 Lehmann, Ernst: Aus der Anfangsperiode weiträumiger preußischer Landesaufnahme im norddeutschen Raum; in: Vermessungstechnik, 36. Jg., Berlin 1988, S. 306-310

1994 Torge, Wolfgang: Die Geodäsie im Übergang zur international organisierten Wissenschaft: Zum 200. Geburtstag von Johann Jakob Baeyer; in: Zeitschrift für Vermessungswesen, 119. Jg., Stuttgart 1994, S. 513-522

1994a Buschmann, Ernst: Dokumente 1 und 2 sowie "Aus Baeyers Briefen an F. W. Bessel (1834-1840)"; in: Buschmann, Ernst (Hrsg.): Aus Leben und Werk von Johann Jacob Baeyer; Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 112, Frankfurt a.M. 1994, S. 17-104

1994b Dick, Wolfgang R.: Die Vorgeschichte von Johann Jacob Baeyers "Entwurf zu einer Mitteleuropäischen Gradmessung" sowie Dokumente 3 bis 6; in: wie 1994a, S. 105-181

1996 Torge, Wolfgang: Von Gauß zu Baeyer und Helmert, Frühe Ideen und Initiativen zu einer europäischen Geodäsie; in: Junius, Hartwig, und Kröger, Kurt (Hrsg.): Europa wächst zusammen; Vermessungswesen bei Konrad Wittwer, Band 30 = Schriftenreihe des Förderkreises Vermessungstechnisches Museum Dortmund, Band 23, Stuttgart 1997, 87 S.

1996a Hamel, Jürgen, und Buschmann, Ernst: Friedrich Wilhelm Bessels und Johann Jacob Baeyers Zusammenwirken bei der Ostpreußischen Gradmessung 1830-1838; in: Beiträge zum J.J. Baeyer-Symposium; Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe E, Heft 25, Frankfurt a.M. 1996, 179 S., hier S. 45-57

1996b Pieper, Herbert: Johann Jacob Baeyer; in: wie 1996a; S. 89-119

1996c Schöler, Horst: Freiherr von Müffling und seine geodätischen Arbeiten im Thüringen des 19. Jahrhunderts; in: Mitteilungen der DVW-Landesvereine Hessen und Thüringen, 47./7. Jahrgang Wiesbaden 1966, Heft 2, S. 33-36

2001 Albrecht, Oskar: Beiträge zum militärischen Vermessungs- und Kartenwesen in Brandenburg-Preußen; Schriftenreihe des Militärgeographischen Dienstes der Bundeswehr, Heft 34, Euskirchen 2001, S. 89-92

2002 Torge, Wolfgang: Müfflings geodätisches Wirken in der Umbruchepoche vom 18. zum 19. Jahrhundert; in: ZfV = Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 127. Jahrgang, Augsburg 2002, S. 97-108

2004 Albrecht, Oskar: Beiträge zum militärischen Vermessungs- und Kartenwesen und der Militärgeographie in Preußen (1803 – 1921); Schriftenreihe des Geoinformationsdienstes der Bundewehr, Heft 1, Euskirchen 2004, S. 72-73

Anlagen

1. Dreieckskette vom Rhein bis Memel 1817-1834
2. Brief aus Jena vom 25. Juni 1818
3. Trigonometrischer Schriftwechsel 1821/22

Anlage 1 (Beilage)

Preußische **Dreieckskette vom Rhein über Schlesien nach Memel 1817 – 1834**

Vom Verfasser gezeichnetes Netzbild anhand der Beobachtungsregister von etwa 1840 und anderer Unterlagen. Die Namen der Dreieckspunkte gehen aus den Abbildungen 2 bis 5 auf den Seiten 9, 10, 13 und 14 hervor.

Kartengrundlage: Deutschland 1 : 1 000 000 in den Grenzen vom 31.12.1937, herausgegeben von Institut für Angewandte Geodäsie – IfAG (heute Bundesamt für Kartographie und Geodäsie – BKG) in Frankfurt a.M. 1968, verkleinert auf den Maßstab von etwa 1 : 1 900 000.

Anlage 2

Brief aus Jena vom 25. Juni 1818

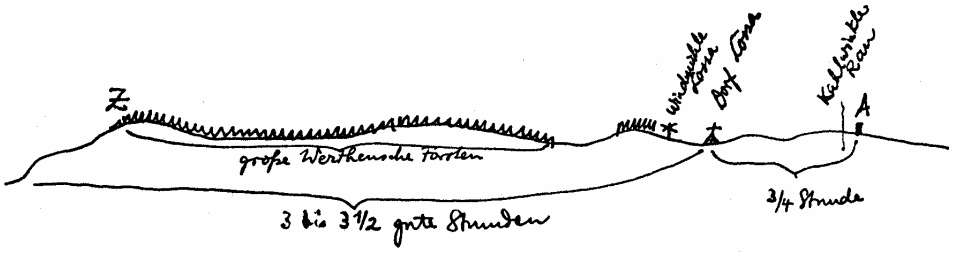
Um 1965 durch den Verfasser aus dem Aktenstück Nr. 671 "Schriftwechsel bekannter Wissenschaftler mit Generalfeldmarschall v. Müffling und seinen Mitarbeitern" im früheren Institut für Angewandte Geodäsie abgeschrieben.

Anmerkung: Das Herkunftsaktenstück war im September 2002 beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie nicht auffindbar.

Jena, 25. Juni 1818 (ohne Verfasser)

Im Augenblick der Ankunft dreier Briefe aus der Müfflingschen Familie, nämlich vom Vater, der Mutter und dem Sohn, setze ich mich sogleich zur Antwort nieder. Ich habe gegenwärtig gerade ein paar freier Stündchen zu freier Disposition und weiß nicht, ob dieser Fall morgen oder übermorgen wieder eintreten wird.

Was nun zuerst die Beantwortung der Frage betrifft, ob man von einem, im Punkte A errichteten, 30 bis 40 Fuß hohen Signal Hoffnung habe, die Struth oder doch wenigstens die Posse zu erblicken, so muß ich leider die Antwort geben, dass die Wahrscheinlichkeit eine solche Hoffnung nicht begünstige. Ich glaube, schon in meinem vorigen Briefe bemerkt zu haben, dass der Vorteil des Punktes A nicht davon herrührt, dass er sich auf der höchsten Erhebung der ganzen Finne befindet, sondern vornehmlich davon, dass er in der Mitte einer nicht mit Holz bewachsenen Gegend und wo zugleich die hohe Finne etwas minder breit als anderer Orten ist, einen ihrer Gipfel bildet. Außerdem liegt der größte Teil der gesehenen Punkte auch noch über der Horizontalebene des Punktes A. Fast alle diese Umstände sind aber in Beziehung auf die in Frage stehenden Punkte anders. Der Durchschnitt der Finnberge westlich vom Punkte A und in der ungefähren Richtung der Struth (also auf nahe in der der Posse) genommen, mag im allgemeinen etwa folgende Form haben.



Hiernach befände sich der Punkt Z, wo nicht in einer höhern, doch gewiß in sehr nahe derselben Horizontalebenen mit dem Punkte A. Rechnen wir den hohen Baumbewuchs der dortigen Forsten hinzu, so ist sehr wahrscheinlich der Punkt A durch den Punkt Z um etwas überhöht. Für die andern hier in Erwägung kommenden Umstände nehme ich folgendes an:

1.) Der Punkt A liegt von Z wenigstens 18000 Schritt (5 auf eine rheinländische Ruthe gerechnet, oder 5 x 12 rheinländ. Fuß) entfernt.

2.) Der Punkt A hat eine Erhöhung von 900 bis 1000 Fuß über dem Spiegel der Unstrut.

3.) Die Entfernung von Z bis zur Struth ist 4 ½ mal so groß als der Abstand des Punktes Z von A. (Dieser Umstand läßt sich aus der Karte herleiten, wenn man bedenkt, dass Z nur um ein weniges westlicher als Schloß Beichlingen liegt).

4.) Die Struth liegt über dem Spiegel der Unstrut bei Mühlhausen höchstens in einer Erhebung von 300 Fuß. (Bei diesem Umstande stütze ich mich auf die Karte. Diese läßt die Landstraße von Mühlhausen auf Wanfried zuletzt in der Richtung auf die Struth bis zum Dorfe Eigenrieden gehn. Bei Eigenrieden befindet man sich aber schon auf den Höhen, die nach dem Unstrut-Tale von der Struth her abfallen, also gewiß sehr nahe mit der Struth auf einerlei Höhe. Diese Landstraße zieht sich aber fast ganz gerade die Höhen hinauf, mithin können diese Höhen nur unbedeutend sein und vielleicht nicht einmal 200 Fuß. Auch das ist mir hierbei bedeutend, daß fast alle, die in der Gegend von Mühlhausen gewesen waren, sich nicht genug wundern konnten, daß ich sie nach der Struth als einem bedeutend erhöhtem Punkte befragte, und sie meinten endlich, wenn es so sei, so könne es nur von der weitausgedehnten sanften Erhebung bis zu jenem Punkte herkommen.)

5.) Die Unstrut hat von Mühlhausen bis zur Brücke bei Wendelstein unterhalb Wiehe, d.h. bis über den Meridian des Punktes A hinaus, höchstens 250 Fuß Fall. Meine Wahrscheinlichkeitsgründe stehen so:

   a. Die ganze Ansicht der goldenen Aue und des Unstrutgrundes vor Schloß Beichlingen zeigt die Unstrutufer in einer fast wassergleichen Ebene.

   b. Jeder starke Regen in den Harzgegenden und auf dem Eichsfelde bringt bis Wendelstein Überschwemmungen, und meistens sehr starke, in dem

Unstrut-Tale hervor, ein Zeichen, daß das zuströmende Wasser nur sehr langsam fortgeschafft werden kann, oder mit anderen Worten, daß der Fall des Unstrut-Tales nur sehr unbedeutend ist. Dasselbe zeigt sich aber auch darin, daß

c. alle zwischen Mühlhausen und Wendelstein in die Unstrut fallenden Bäche und Flüßchen (mit Ausnahme eines einzigen) auf eine stundenweite Erstreckung von ihrer Einmündung (die meisten auf eine noch viel weitere) sehr nahe rechtwinklig, ja einige sogar etwas stumpfwinklig gegen den Lauf der Unstrut gerichtet sind. Wenn alle diese Umstände schon einen höchst unbedeutenden Fall anzeigen, so führt endlich der Umstand, daß

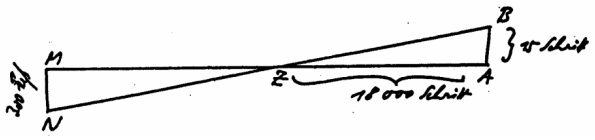
d. zwischen Mühlhausen und Wendelstein 16 Wassermühlen sich befinden (die größtenteils besonders abgeleitete Mühllachen (Teiche) haben, also durch Stauung, nicht durch einen vom Fall herrührenden Wasserstoß ihre Bewegungskraft erhalten) zu einer nähern Schätzung. Rechnen wir für jede dieser Mühlen 10 Fuß Gefälle, so gibt dies in Summe 160 Fuß Fall, den die Mühlen verbrauchen. Nun ist allerdings dieser Fall nicht als der ganze Fall des Unstrut-Tales zwischen den angegebenen Grenzen anzusehen. Inzwischen wird dieser Fall gewiß nicht über 130 bis 140 Fuß betragen. Denn oberhalb Mühlhausens treibt die Unstrut noch gar keine Mühle, ja die erste, die Ringmühle, liegt wohl noch 2 gute Stunden unterhalb Mühlhausen. Von hier an bis Herbsleben kommen in einer Länge von 5 bis 6 Stunden 8 Mühlen vor, von den mehrere aber schon besondere Mühllachen haben, hier kann ein Fallüberschuss stattfinden, der aber nur gering anzuschlagen sein wird, wenn man alle übrigen Umstände mit in Erwägung zieht, und insbesondere bedenkt, daß ein Fall von 3 Zoll auf 500 Schritt schon zu den bedeutenden gehört. Auf 5000 Schritt gäbe dies erst 1 Fuß 6 Zoll. Im ganzen also auf unsere Länge weit weniger als die angeführten 8 Mühlen schon verbrauchen. Von Herbsleben bis Wendelstein befinden sich nun wieder nur 8 Mühlen, von denen noch dazu die zweite bei Sömmerda auf Rechnung des von Rohrborn kommenden Bachs, wenigstens zum Teil, zu setzen ist.

Nach all diesem Umständen glaube ich die angegebene Fallhöhe von 250 Fuß als ziemlich wahrscheinlich ansehen zu dürfen.

Ich ziehe nun meine Schlüsse:

1.) Aus 2, 4 und 5 folgere ich, daß die oberen Teile des Turms der Struth sehr nahe 300 Fuß unter der Horizontalebene des Punktes A liegen. Ich will indessen nur 180 bis 200 Fuß annehmen.

2.) Lägen Z und A in einerlei Horizontalebene und würde in A ein 15 Schritt hoher Turm zur Aufstellung des Instruments errichtet, so gäbe dies folgendes Dreieck



Setzt man nun die Linie AZ nach Westen in Gedanken bis zur Scheitellinie MN der Struth fort, sodaß bleirecht unter M die Struth zu liegen kommt, und schnitte die an Z vorbeigehende Gesichtslinie von B, nämlich die Linie BN in diese Scheitellinie bei N ein, so würden die bei M und A rechtwinkligen Dreiecke ZAB und NMZ ähnlich sein, und daher sich BA zu MN verhalten wie AZ zu MZ, d.h. (aus drei der obigen Voraussetzungen):

BA: MN = 1 : 4,5

oder 1 : 4,5 = BA : MN = 15 Schritt : MN

Hiernach wird MN = 67,5 Schritt = 162 rheinländische Fuß, mithin fällt der tiefste faßbare Punkt N von der durch die Struth gehenden Vertikallinie nur 162 Fuß unter der Horizontalebene des Punktes A. Liegt daher nach der hier unter 1.) gezogenen Schlußfolge, der obere Teil des Struthturmes noch 180 bis 200 Fuß unter der obengedachten Ebene, so kann man ihn von dem Punkte B aus noch nicht sehen, wenn Z mit A in einerlei Horizontalebene sich befinden. Noch weniger aber, wenn wie es mir nicht unwahrscheinlich ist, der Punkt Z mit seinen Forsten den Punkt um etwas überhöhte.

Man könnte den Gedanken fassen, das Signal in A noch höher als 36 Fuß (wie ich mit 15 Schritt angenommen habe) zu bauen, und zugleich, wenn es angehen sollte, den Struthturm zu erhöhen. Gesetzt den Fall, daß man auf diese Art den Punkt N noch überstiege, so würde dies doch nur

1.) um wenige Fuß sein,

2.) würde sich dieser Überschuss schwerlich am Lufthorizont zeigen, weil man von B nach N zu in die Tiefe sieht.

Es würde demnach auch hier das Gelingen einer Verbindung mittelst der Struth noch sehr zweifelhaft bleiben, wenn nicht Nachtsignale Hülfen leisteten.

Und solche Signale können auch am besten angewendet werden, um vorläufig zu erfahren, ob ich mit meinen oben ausgeführten Wahrscheinlichkeitsgründen (die allerdings noch zu viel Hypothetisches enthalten, um sich durch sie allein bestimmen zu lassen) die Wahrheit getroffen habe oder nicht. Man muß nämlich auf dem Struthturm ein starkes Licht in dunstfreien Nächten zu bestimmten Stunden unterhalten, und an einem 30 bis 40 Fuß hohen Baume unter denselben Umständen und zur selben Zeit ein gleiches im Punkte A tun. Kann man dann Fernröhre von der Stärke der Theodolitenfernröhre ruhig in den gehörigen Richtungen an beiden Punkten aufstellen, so wird sich die Sache zur Entscheidung bringen lassen. Wollte man eine noch mehr bloß vorläufige Maßregel anwenden,

so möchte sich diese in barometrischen Beobachtungen auf der Struth und in Lossa darbieten. Es wird an beiden Orten an hinlänglich genau eingerichteten Barometern und mit Rücksicht auf die jedesmalige Temperatur der Luft und des Quecksilbers eine Zeit hindurch täglich dreimal, am besten um 5 Uhr morgens, 4 Uhr nachmittags und 10 Uhr abends der Barometerstand aufgeschrieben und damit solange fortgefahren, bis man einige Tage hintereinander erhält, an welchen dieser Stand nur ganz unbedeutende Veränderungen erlitt. Auf diese Beobachtungen gründet man dann die Berechnung des Höhenunterschieds der beiden Orte, den man sehr genau erhalten wird, wenn die beiden Barometer übereinstimmend gut gebaut sind und genauen und kundigen Beobachtern übergeben werden. Weniger Sicherheit in diesen Bestimmungen würde man erwarten dürfen, wenn man diese Beobachtungen nicht gleichzeitig, sondern an demselben Barometer nacheinander an beiden Orten wollte anstellen lassen. Natürlich muß dem Aufenthalte der beiden Beobachter noch ein anderes, der Vermessung dienendes Geschäft als Hauptsache sich unterlegen lassen. Die geringe Erhöhung des Punktes A über den Beobachtungsort in Lossa wird zuletzt durch ein leicht ausführbares Nivellement ausgemittelt.

Ich überlasse nun das Ganze Ihrer eigenen Beurteilung. Sie werden, da ich die Gründe meiner Meinung ausführlich (vielleicht für Ihre Zeit zu ausführlich) dargelegt habe, leicht ermessen können, an welchen Punkte meine Meinung mehr oder minder gestützt ist und auf welchen Grad der Wahrscheinlichkeit sie Anspruch machen dürfe. Da ich die Lage von Struth nicht aus eigener Ansicht kenne und über dieselbe nur schlechte Karten um Rat fragen kann, so liegt allerdings in diesem Umstande für mich selbst noch ein nicht unbedeutender Zweifelsknoten.

Um die Signale vom Inselsberg und dem Brocken auf der Finne und umgekehrt sehen zu können, werden Sie mehrere Lampen nebeneinan(der) stellen müssen. Vielleicht baut man am besten das Signal sechskantig und umhängt die Kanten in mehreren Absätzen übereinander mit Lampen. Die stärkste kommt in die Spitze zu stehen. Vielleicht erhält man dann den Vorteil, die Mitte des Signals beim Visieren darauf stets so genau als möglich zu treffen.

Wenn ich bedenke, daß es in jedem Fall doch vorteilhaft sein wird, das Signal auf der Finne so ausgezeichnet und hoch als möglich zu bauen, so scheint es mir nicht einmal ein weggeworfenes Geld zu sein, wenn man für dieses Signal etwa wie 30 bis 40 rthl Geld mehr aufwendet, um durch einen höhern und zweckmäßigen Bau zugleich Gelegenheit zu einem Versuch auf die Erblickung der Struth oder doch wenigstens der Posse zu erhalten, vorausgesetzt, daß man sich zuvor darüber völlig entschieden habe, daß das Signal auf der Finne in jedem Falle notwendig sei.

Lassen Sie den Versuch noch anstellen, so richten Sie nur alles auch zugleich darauf ein, wie es gehalten werden soll, wenn die Struth oder die Posse nicht erscheinen.

[Dieser Brief dürfte von einem guten Bekannten Müfflings geschrieben sein, denn es fehlt das sonst übliche “EW. Excellenz” oder “Hochwohlgeboren”. Andererseits dürfte der Verfasser auch keiner der Gehilfen Müfflings gewesen sein, da diese die vermessungstechnischen Grundbegriffe nicht erst so eingehend erläutert hätten. – Anmerkung des Verfassers]

Anlage 3

Trigonometrischer Schriftwechsel 1821/1822

Um 1965 durch den Verfasser von einem vor dem 2. Weltkrieg vom damaligen Leiter des Stadtarchivs Köln, Herrn Dr. Kuphal, gefertigten handschriftlichen Auszug aus der Akte H. A. Rep. 5, ZD17 des Geheimen Staatsarchivs Berlin abgeschrieben.

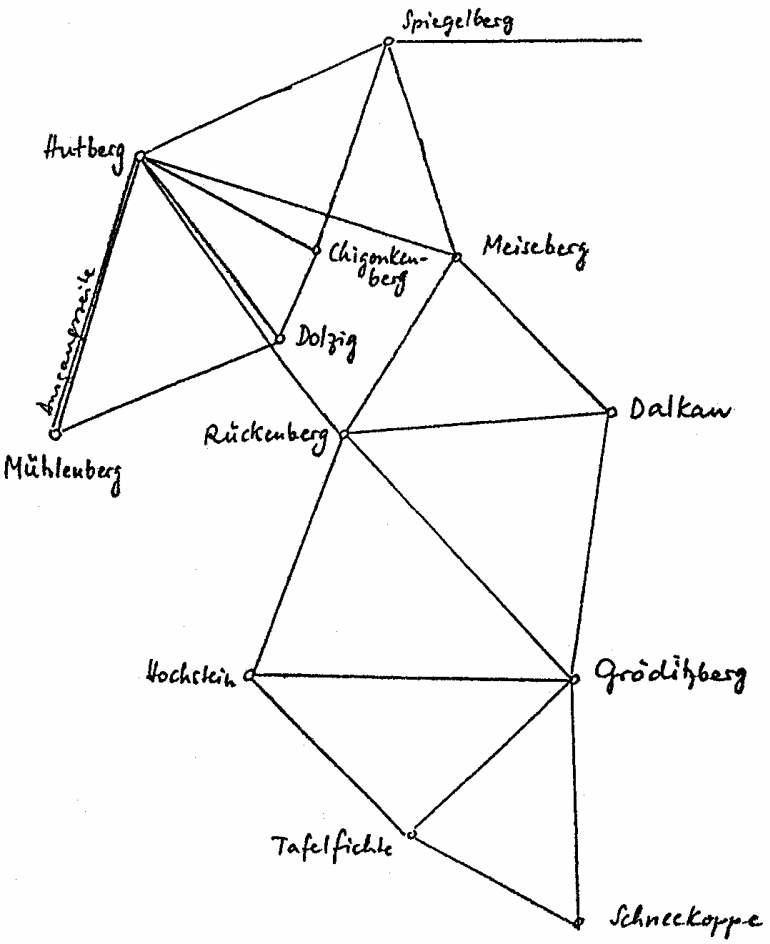
Anmerkung: Gemäß einer Mitteilung des Staatsarchivs Merseburg wurde das Aktenstück im 2. Weltkrieg vernichtet.

30. Juli 1821 O'Etzel an v. Müffling

übersendet: 1) die auf Spiegelberg gemessenen Winkel

2) Plan für die Berechnung als Grundlage der top. Aufnahme
(das sind noch nicht die "wirklichen" Hauptdreiecke)
– siehe Beilage –

teilt mit: "Ihren Befehlen gemäß teilen wir uns hier (in Grünberg); der Lieutenant Baeyer wird über Meiseberg und Rückenberg gehen, ich werde in Dalkau das Signal und die Messung besorgen und von da sogleich zur Tafelfichte gehen und ebenfalls das Signal errichten, damit Lieutenant Baeyer, wenn er auf dem Rückenberge fertig ist, nach Hochstein gehen und dort die Winkel nehmen kann. Dann denke ich, gleich auf der Schneekoppe zu messen, um dort Ende August fertig zu werden, weil späterhin dort oben nichts mehr zu machen ist. Auf Rückkehr werden wir dann den Zobten- und Gröditzberg beendigen, um von dieser Seite hoffentlich durch einen einzigen Zwischenpunkt Breslau festzulegen."



Albrechtsdorf bei Sorau, 8. August 1821

Lieut. Baeyer an v. Müffling

übersendet die Winkelbeobachtungen auf dem Meiseberg

"Was die Hauptwinkel betrifft, so habe ich sehr viel Vertrauen auf ihre Schärfe, und obgleich der Standpunkt oben im Signal angebracht ist, so ist die Konstruktion doch so solide, dass sie schwerlich Ursache von Unrichtigkeiten sein könnte.

Anders aber ist es mit dem Signal Rückenberg. Das ist so schlecht gebaut, daß ich sehr daran zweifle, brauchbare Beobachtungen darauf zu bekommen; inzwischen will ich sie doch beenden. Von den Hauptwinkeln habe ich der ungünstigen Witterung wegen noch keinen nehmen können."

Berlin, 8. August 1821 v. Oesfeld an v. Müffling

"… Bekannt wird … Ihnen … die Notwendigkeit der Messung auf den Stationen Wurzelberg, Mühlenberg, Huthberg sein, um die bei Schließung der Dreiecke sich ergeben habenden starken Differenzen zu prüfen und um die … Rechnung bis zur Grenze der diesjährigen topographischen Aufnahmen führen zu können . …"

Arnsdorf, 16. August 1821 Baeyer an v. Müffling

übersendet die Beobachtungen auf Rückenberg

"Ich habe alle Mühe darauf verwendet, um bei der schlechten Konstruktion des Signals doch ein genügendes Resultat zu bekommen; ob dies mir aber ganz gelungen sein wird, daran zweifle ich selbst. … Auf dem Hohenstein habe ich noch nichts machen können, des schlechten Wetters wegen, als das Signal besehen, das von allen Richtungen wie ein Trapez erscheint. Der Mittelpunkt oder vielmehr die Senkrechte von der Spitze hat von allen 4 Ecken ungleiche Abstände (0,98 bis zu 2,00 m)."

Dalkau, 17. August 1821 O'Etzel an v. Müffling

übersendet die Winkel auf Dalkau.

"Das Belvedere ist ein aus Balken erbautes, mit Treppen versehenes etwa 50 Fuß hohes Gerüst mit mehreren Etagen. … Um es zum Zielpunkte brauchbar zu machen, mußte ich eine Spitze aufsetzen lassen. …" (Unter den Winkeln war auch Rückenberg-Dalkau-Meiseberg, am 4. und 16. August 1821 gemessen .)

Hirschberg, 2. Sept. 1821 O'Etzel an v. Müffling

ist mit Lieutenant Baeyer auf der Tafelfichte wieder zusammengetroffen, wo das alte Signal noch stand.

"Es ist aber grundschlecht konstruiert: ein flaches Dach von Brettern ruht auf vier senkrechten, durch einige Balken miteinander verbundenen Stämmen; das ganze hat etwa 20 Fuß Höhe und 10 Fuß Seite …

Auf der Schneekoppe bedarf es einer Vorrichtung, um auf dem Dache im Centrum messen zu können. Die Capelle hat viel Ähnlichkeit mit dem Häuschen auf dem Inselsberge, ist aber noch höher, und das Dach ist steiler … Um also keine Zeit zu verlieren, haben wir uns begnügen müssen, den Girus zu nehmen, insoweit die Nebel es erlaubten …

Mit dem Dreieck Meiseberg-Rückenberg-Dalkau ist uns ein Unglück begegnet. Voller Freude, ein geschlossenes Dreieck zu haben und in der Begierde, zu sehen, wie es stimmt, haben wir sogleich bei unserm Zusammentreffen die Winkel zusammengestellt und mit Schrecken gesehen, daß sie um 4° zu groß sind. Etwa 1 ½ Meile südlich von Dalkau steht ein Belvedere bei Leutbach, welches in der Ferne wohl für das andere genommen worden sein kann. … Da übrigens auf dem Signal Rückenberg die Winkel mit dem Gröditzberge noch nicht zu nehmen waren, so ist das Unglück weniger groß. Auf dem Zobtenberge ist kein Turm oder sonst ausgezeichneter Punkt an der großen im Walde gelegenen Kirche; wir müssten also ein Signal darauf anbringen.

Plan zur Fortsetzung der Arbeiten: Wir gehen zusammen nach dem Zobten, ordnen den Bau an; gehen nach Breslau, um den letzten Turm für die Beobachtung auszusuchen und den Girus zu nehmen. Von dort geht einer nach dem Zobten zurück und der andere nach einem zu findenden Punkt, von wo aus man die Verbindung mit Breslau bewirken kann. Dieser Beobachter geht dann nach dem Gröditzberge, und der vom Zobten nach dem Hohenstein; auf dem Rückenberge treffen wir dann wieder zusammen und sehen, was weiter für die rückwärts liegenden Dreiecke und ihre Verbindung zu tun sein wird."

Sorau, 27. Sept. 1821 O'Etzel an v. Müffling

"Breslau haben wir noch nicht festlegen können, denn der Signalbau auf der Zobtenkirche würde uns für jetzt zu viel Zeit gekostet haben."

übersendet: Winkel vom Elisabethturm (in Breslau)

Winkel vom Gröditzberg (von O'Etzel gemessen)

Winkel vom Hohenstein und Rückenberg (von Baeyer gemessen)

"Das Signal Gröditzberg hat uns viel zu tun gemacht; es steht nämlich auf der Ruine des Hauptgebäudes, und

zwar vom Rückenberg aus gesehen, im Aliniement mit der noch höher stehenden Mauer eines alten Turmes …, daher Signal gänzlich mit Brettern verschlagen und mit Kalk angeweißt. Hätten wir die Heliotropen schon gekannt, wäre diese Zeit und Ausgabe schon gespart.

Das Dreieck Dalkau-Rückenberg-Gröditzberg scheint einen großen Fehler (ca. 20") zu bekommen.

Jetzt sind wir nun wieder an die alten Dreiecke heran. … Wir wissen schon einen Punkt, bei dem es bloß darauf ankommt, ob man von dort aus Hutberg sehen kann. … Von dort aus trennen wir uns wieder, um auf dem Hutberg, Marienberg und Colberg zu messen, auf welchem letzteren ich jedoch zuvor das Signal in Ordnung setzen lassen muß."

Berlin, 13. März 1822

v. Müffling an Regierungsbaurat Vogel

" … Ihre gefällige Mitteilung des Netzes über die trigonometrische Vermessung des obern Odertales, so der Lt. Aßmann im verflossenen Sommer durchgeführt, ist mir gegenwärtig um so erfreulicher, als die diesseitige Landesvermessung im Begriff ist, die Mitteloder zu überschreiten und nur durch Nachholung einiger weniger Winkel in den rückwärtsliegenden Hauptdreiecken noch aufgehalten ist, die definitiven Rechnungen bis zur Oder und Tafelfichte fortzuführen …

… bis jetzt liegen daher nur genäherte Werte für die erforderlichen Seiten vor … (z.B. für Hutberg-Rückenberg usw.) …"