

Landeskundlicher Teil.

Landesaufnahme und Generalstabskarten.

Mit besonderer Berücksichtigung Thüringens.

Von

P. Kahle

Vorwort.

Seit einer Reihe von Jahren erblicken wir allenthalben auf Thüringer Höhen und Straßen die Wahrzeichen der Kgl. Preussischen Landesaufnahme in Gestalt von Holztürmen, Steinpfeilern und Höhenmarken, errichtet und eingesetzt zur Bestimmung und Festlegung des von ihr über das Land gebreiteten Dreiecks- und Höhennetzes. Der Wanderer, welcher sich der Führung einer Generalstabskarte anvertraut hat, weiß, daß zwischen jenen Zeichen und seinem Kartenblatt ein bestimmter Zusammenhang besteht; die Vorgänge jedoch, welche, mit der Errichtung trigonometrischer Signale beginnend, ihren Abschluß in einem Blatt der Generalstabskarte finden, sind, abgesehen von dem geringen Kreis derer, bei welchen der Beruf eine eingehendere Vertrautheit mit niederer und höherer Vermessungskunde mit sich bringt, weniger bekannt. Eine gemeinverständliche Darstellung der geschichtlichen Entwicklung, Arbeiten und Zusammensetzung der Preussischen Landesaufnahme erschien 1879 von der Hand des damaligen Chefs derselben, des Generallieutenants v. Morozowicz¹⁾; dieselbe ist jedoch trotz ihrer vortrefflichen, auch für Laienkreise bestimmten Ausführungen über militärische und Vermessungskreise hinaus nur wenig bekannt geworden. Seither sind die Arbeiten der Landesaufnahme aus der Osthälfte des Preussischen Staates bis in die westlichen Landesteile vorgeschritten, und es läßt sich nunmehr das Jahrzehnt angeben, in welchem sie, mit der Vollendung einer einheitlichen kartographischen Darstellung und Vermessung des Staatsgebietes, zu einem vorläufigen Abschluß gelangt sein werden. Auch unser Thüringer Land ist unterdes von neuem mit den trigonometrischen Netzen der Landesvermessung überspannt worden, welche die Grundlage für die im Lauf der nächsten Jahre

1) Die Kgl. Preussische Landesaufnahme, Berlin 1879 (37 Seiten).

vor sich gehende topographische Aufnahme desselben seitens des Generalstabs liefern sollen. Vorliegende Erörterungen bezwecken, soweit dies unter Beiseitelassung mathematischer Entwicklungen möglich ist, einiges zum Verständnis dieser Arbeiten, sowie zu rechter Handhabung und Würdigung der Hauptergebnisse der ältern Landesaufnahme, unserer Generalstabskarten beizutragen.

ERSTER ABSCHNITT.

Einleitung.

Unter den Kartenwerken, die wir in Fragen nach Richtung, Entfernung und Höhen im Umkreise unseres Wohnortes zu Rate ziehen, nehmen die landläufig als Generalstabskarten bezeichneten den obersten Rang ein; unter ihnen versteht man in Preußen einschließlich Thüringen und Sachsen die „Meßtischblätter“ mit Höhenlinien im Maßstab 1 : 25000 und die „Gradabteilungskarte“ mit Bergstrichen im Maßstab 1 : 100000. Der Name Generalstabskarten besagt, daß die zu ihrer Herstellung notwendigen Aufnahmen sowie die Zeichnung der Karten selbst von den Generalstäben der betreffenden Länder ausgeführt wurden; soweit hierbei Norddeutschland in Betracht kommt, bezeichnet man die entsprechenden Vermessungsarbeiten wie die sie ausführende Körperschaft selbst als Landesaufnahme (L.-A.).

Die einheitliche Aufnahme, welche den betreffenden Karten unseres Heimatlandes zu Grunde liegt, ist, wie es auch weiterhin der Fall sein wird, vom preußischen Generalstab ausgeführt worden, was dem Umstande zu verdanken, daß ein großer Teil der Provinz Sachsen auf Thüringen fällt und die außerpreußischen Landesteile sich nicht gut aussparen ließen, und zwar beruhen die von uns zur Zeit noch benutzten Generalstabskarten auf Vermessungsarbeiten, welche zum Teil bis in die zwanziger, im allgemeinen jedoch in die fünfziger Jahre zurückdatieren. Es leuchtet ein, daß, obwohl man bei Veröffentlichung der auf diesen Aufnahmen fußenden Meßtischblätter und der Gradabteilungskarte Mitte der sechziger Jahre bestrebt war, die seitdem eingetretenen Veränderungen, wie Eisenbahnbauten etc., soweit thunlich, nachzutragen, dieselben doch nicht mehr in dem Umfange maßgebend sein können als unmittelbar nach dem Erscheinen; gleichwohl bilden sie zur Zeit noch für uns die einzige und unschätzbare Grundlage bei Untersuchungen über Erdoberflächengestaltung, Entfernungen, geographische Lage, Höhen und dergl. mehr. Seit Mitte dieses Jahrhunderts ist eine neue Landesaufnahme von Preußen im Gange, welche, im Osten beginnend, mit Ausgang dieses Jahrhunderts oder zu Anfang des nächsten im Westen ihren Ab-

schluß finden wird. Hinsichtlich Thüringens sind die grundlegenden Arbeiten hierzu, die sog. Haupttriangulation, im letzten Jahrzehnt ausgeführt worden. Die Detailaufnahme wird nunmehr in den nächsten Jahren vor sich gehen, so daß wir erst am Ende dieses Jahrhunderts oder noch später die neuen Generalstabskarten erwarten dürfen; bis dahin also müssen uns die älteren Blätter noch als Aushilfe dienen. Mit ihrer Entstehung und Einrichtung wird sich der zweite Abschnitt beschäftigen durch eine Darstellung der Arbeiten der Preussischen Landesaufnahme in Thüringen seit Beginn dieses Jahrhunderts bis zur Mitte desselben; der dritte Abschnitt behandelt die Arbeiten der seither in Angriff genommenen neuen Landesaufnahme. Beide Abschnitte ergänzen sich teilweise insofern, als im zweiten auf die topographische Aufnahme, im dritten dagegen auf ihre Grundlage, die Triangulation näher eingegangen worden ist.

* * *

Es wird zweckmäßig sein, hier einige allgemeine Bemerkungen über Landesvermessung und Einteilung der Vermessungskunde einzuschalten.

In jedem Punkt der physischen Erdoberfläche, wie sie sich uns in der Grenzfläche zwischen festem und flüssigem Material einerseits und der Lufthülle andererseits darbietet, ist von Natur eine Richtung fest gegeben, die Richtung der Schwerkraft, veranschaulicht durch das Lot. Denken wir uns von der Lotlinie eines Punktes ausgehend eine Fläche, welche diese sowie nach und nach die Lotlinien der benachbarten Punkte unter rechtem Winkel schneidet, so erhalten wir die Niveaufläche des Ausgangspunktes und aller derjenigen Punkte der Erdoberfläche, welche sie in ihrem Verlauf antrifft, und es hat in jedem derselben die Schwerkraft die gleiche Intensität. Jede in einer Niveaufläche gelegene Linie heißt Niveaulinie; sie besitzt nach Obigem die Eigenschaft, in jedem ihrer Punkte die Lotrichtung daselbst unter rechtem Winkel zu schneiden. Von den unzähligen Niveauflächen, die wir uns dergestalt über und unter der Erdoberfläche herumgelegt denken kennen, ist eine von besonderer Bedeutung, diejenige, welche der Meeresspiegel darstellt; von ihrem Verlauf unter dem Festlande hinweg können wir uns eine Vorstellung machen, indem wir uns von einem Meere zum anderen, beispielsweise von der Nordsee bis zum Mitteländischen Meer, einen sehr schmalen Kanal ausgeschnitten denken; nachdem so die Kommunikation zwischen beiden Meeresteilen hergestellt, würde die Oberfläche dieses Wasserfadens einen Streifen von der Niveaufläche des Meeresspiegels in dieser Richtung darstellen. Weitere Teile derselben würden sich ergeben, wenn wir nach Ausfüllung dieses Kanals mit dem ursprünglichen Material und in gleicher Dichtigkeit derartige Kanäle nacheinander in anderen Richtungen herstellten. Die Niveaufläche des Meeresspiegels und seiner solchergestalt gedachten Fortsetzung unter der Landbedeckung bezeichnet man als mathematische Erdoberfläche und den

von ihr umschlossenen Körper als Geoid. Nach dem oben Gesagten kann man für mathematische Erdoberfläche oder Geoidfläche auch kurzweg die Bezeichnung Meeresspiegel setzen. Es haben nun die mannigfaltigen Messungen in bezug auf die Erdgestalt, insbesondere die Gradmessungen, gelehrt, daß man, wenn es sich nur um Bruchteile der Geoidfläche von einer bestimmten Ausdehnung handelt, diese Niveaufäche als Oberflächenteil eines Rotationskörpers ansehen kann, welcher entsteht, wenn eine Ellipse, deren große Halbachse $6377 \frac{1}{3}$ km, deren kleine 6356 km beträgt, um letztere rotiert; man bezeichnet diesen Ersatzkörper als Rotationsellipsoid der Erde oder als Erdsphäroid; die Abstände von Geoid- und Sphäroidfläche erreichen nur wenige Meter, in Deutschland etwa 5–10 m. An Stelle der Sphäroidfläche läßt sich wiederum in bestimmten Fällen als Niveaufäche des Meeres diejenige einer Kugel vom Radius 6370 km setzen; die Abstände von Sphäroid- und Kugelfläche mit diesem Radius erreichen, im Hinblick auf die oben angegebenen Halbachsen, stellenweise 14 km. Die Krümmung jener Kugelfläche ist endlich für kleine Landstriche so geringfügig, daß ihr Radius innerhalb des Aufnahmegebietes im Vergleich zu den gemessenen Strecken gleich unendlich anzunehmen ist, d. h. die Kugelfläche geht in eine Ebene über.

Alle Messungen und Berechnungen zum Zweck der Aufnahme eines Gebietes bedingen die Ablotung der Punkte der physischen Erdoberfläche auf eine der oben genannten Flächen; gemeinhin wird hierzu der Meeresspiegel verwendet, welcher also für diesen Fall bis unter das Aufnahmegebiet fortgesetzt gedacht wird; und es stellen die berechneten Abstände, desgleichen die aus den Karten zu entnehmenden Abstände der aufgenommenen Punkte nicht die wirklichen (geradlinigen) Entfernungen, sondern die kürzesten Niveaulinien zwischen den Lotfußpunkten in der zu Grunde gelegten Vermessungsfläche dar. Die Längen der Lotlinien liefert die Höhenbestimmung, welche sich zusammensetzt aus der successiven Bestimmung der Höhe eines folgenden Punktes über der Niveaufäche des vorhergehenden. Da als Vermessungsfläche gewöhnlich der Meeresspiegel angenommen, so stellen jene Lotlängen die Meereshöhen der aufgenommenen Punkte dar.

Die Aufnahme eines Landes zum Zweck seiner kartographischen Darstellung kann entweder durch Arbeiten vom Kleinen ins Große oder umgekehrt erfolgen. Erstere Methode, welche den frühesten Standpunkt kartographischer Aufnahme darstellt, jetzt jedoch kaum mehr angewendet wird, teilt das Aufnahmegebiet in eine große Anzahl nahezu gleicher Teile, welche topographisch durch Krokis und Meßtisch aufgenommen werden; ihre Aneinanderreihung liefert das Gesamtkartenbild, und es sind auf ähnliche Weise alle die Landkarten entstanden, welche ältere Atlanten uns liefern. Die Orientierung derselben nach den Himmelsgegenden geschah zumeist nach dem Kompaß oder im Anschluß an einige Punkte, z. B. Sternwarten, deren geographische Lage hinlänglich genau bestimmt war. Bei der Aneinanderreihung bereiteten einerseits die Randpartien, andererseits

die Erdrundung Schwierigkeiten. Die zweite Methode, den Standpunkt der neuern Landesaufnahme vertretend, legt zunächst ein trigonometrisches Netz über das Aufnahmegebiet, dessen Seiten sodann die Grundlagen für die topographische Aufnahme bilden. Die trig. Netze bestehen meisthin aus einer Aneinanderreihung von Dreiecken, deren Eckpunkte entweder durch künstliche Beobachtungsstationen wie Holztürme, Steinpfiler gekennzeichnet sind, oder auf bereits vorhandenen Bauwerken wie Kirch- und Schloßtürmen liegen. Die Bestimmung der gegenseitigen Lage dieser Punkte beruht auf dem Grundgedanken, daß, wenn in einem Dreieck eine Seite und die Winkel gemessen sind, die zwei anderen Seiten sich durch Rechnung aus diesen bekannten Stücken ableiten lassen, in der ebenen Trigonometrie bekanntlich mittels des Sinussatzes. Jede der so berechneten Seiten kann weiterhin als Grundlinie für die an sie anschließenden Dreiecke dienen, so daß, wenn in einem Dreiecksnetz eine Seite und die sämtlichen Winkel gemessen worden sind, sämtliche Seiten berechnet werden können. Es fragt sich nun, wie die Länge jener ersten Seite, welche bei den neueren Triangulationen 20—50 km lang sein kann, erhalten wird. Es geschieht dies ganz selten durch direkte Messung (mit Latten), welche erstens beschränkte Länge und ebenes, gutes Terrain voraussetzt, sondern wiederum mit Hilfe einer, der oben beschriebenen ähnlichen, kleineren Triangulation, auf welche wir bei Beschreibung des Göttinger Basisnetzes im 3. Abschnitt zurückkommen. Es wird zwischen zwei Punkten des Hauptnetzes in ebenem, zugänglichem Terrain eine Grundlinie von wenigen Kilometern mittels besonderer Längenmeßapparate gemessen, welche die Ausgangsseite für die Berechnung eines kleinen Netzes bildet, dessen letzte Seite die Verbindungslinie jener beiden Hauptpunkte bildet. Da die gemessene Länge der Grundlinie vor ihrer Verwendung zur Berechnung zuerst so dargestellt wird, als ob sie im Niveau des Meeresspiegels an jener Stelle gemessen worden wäre, (wobei also ihre gemessene Länge sich verkürzt), so stellen sämtliche aus ihr berechneten Längen von Dreiecksseiten die auf den Meeresspiegel abgeloteten Längen dar. Nachdem so die gegenseitige Lage der Netzpunkte bestimmt, bedarf es zwecks der Angabe der Lage derselben auf der Erdkugel, d. h. der Einfügung in das Koordinatennetz der geographischen Breite und Länge, der astronomischen Orientierung des Netzes, welche durch Bestimmung der geographischen Koordinaten eines der Dreieckspunkte, sowie des Winkels, den eine von diesem ausgehende Dreiecksseite mit dem Meridian desselben bildet, erreicht wird. Die Seiten des Hauptnetzes dienen weiterhin als Grundlinien für die Bestimmung von Punkten innerhalb der einzelnen Dreiecke, welche Punkte mit den Hauptpunkten zusammen das Netz II. Ordnung bilden. Endlich liefert dieses die Grundlage für die Bestimmung von Punkten innerhalb der Dreiecke II. Ordnung, welche mit den übrigen zusammen das Netz III. Ordnung bilden. Erst dieses Netz mit Seitenlängen von wenigen Kilometern ist geeignet, als Anschluß für die topographische Aufnahme des

Landes zu dienen, welche entweder durch Winkelmessung mit dem Theodoliten, oder, was häufiger der Fall, durch graphische Ermittlung der Lage der aufzunehmenden Punkte auf der Platte eines Meßtisches, in beiden Fällen unter Zuhilfenahme von Krokis, bewerkstelligt wird. —

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf das Gesamtgebiet staatlicher Vermessungen, so lassen sich je nach der Annahme für die Gestalt der Niveaufläche im Aufnahmegebiet, welche durch dessen Umfang und den Grad der Genauigkeit für die Aufnahme bedingt wird, vier Stufen von Vermessungen unterscheiden: Auf der untersten sieht man bei Bestimmung der Richtungen, Entfernungen und Flächeninhalte die Lotlinien der aufzunehmenden Punkte als parallel an, so daß die durch einen der Punkte gelegte wagrechte Ebene die Lotlinien aller übrigen unter rechtem Winkel schneidet. Daraus geht hervor, daß die gemessenen Figuren gleiche Seiten, Winkel und Flächen behalten werden, mag nun die wagrechte Ebene, auf welche wir die aufzunehmenden Punkte zwecks der Berechnung und Darstellung abloten müssen, höher oder tiefer liegen. Nur bei Höhenbestimmungen durch Winkelmessung und unter Umständen auch bei Nivellements muß, sobald der Abstand der beiden Punkte eine gewisse Grenze überschreitet, bereits der kugelhähnlichen Gestalt der Erde durch Berücksichtigung der Erdkrümmung Rechnung getragen werden; diese beträgt beispielsweise bei 1 km Abstand 8 cm, bei 10 km dagegen schon 7,84 m. Die Annahme des Parallelismus der Lotlinien ist, je nach dem Grad der Genauigkeit, mit welcher ein Landstrich aufgenommen werden soll, bis zu geringerer oder größerer Ausdehnung des Gebietes gestattet; für staatliche Messungen jedoch überschreitet dieser Flächenraum gewöhnlich nicht 1—2 Qu.-Meilen oder rund 50—100 qkm. Auf der zweiten Stufe sieht man diejenige Fläche, auf welche die aufzunehmenden Punkte abzuloten sind, als Kugelfläche an, und zwar wählt man diejenige, welche sich dem Erdsphäroid an der Stelle des Aufnahmegebietes am meisten anschmiegt. Für Thüringen würde man dieser Kugelfläche einen Radius von 6382 km beilegen können. Die Annahme einer solchen Kugel als Ablotungsfläche ist bei staatlichen Aufnahmen bis zu einer Ausdehnung des Gebietes von etwa 100 Qu.-Meilen (5500 qkm) üblich. Die Lotlinien der Punkte des dergestalt aufgekommenen Landstriches schneiden sich also im Mittelpunkt der zu Grunde gelegten Kugel. Bei den Vermessungen der dritten Stufe legt man als Vermessungsfläche die Oberfläche des Erdsphäroids zu Grunde, dessen oben angegebenen Dimensionen von Bessel zu Anfang der vierziger Jahre aus 10 verschiedenen Gradmessungen abgeleitet wurden. Von den Lotlinien treffen hierbei nur diejenigen den Erdmittelpunkt, welche zu Punkten auf dem Äquator gehören, desgleichen diejenigen der Pole; alle übrigen schneiden zwar gleichfalls die Erdaxe, ihre Schnittpunkte rücken jedoch vom Erdmittelpunkt um so weiter hinweg, je mehr wir uns vom Äquator aus dem Pole nähern. Der obersten Stufe endlich gehören diejenigen Vermessungen, welche zur Untersuchung der Ab-

weichungen der Geoidfläche von der eben zu Grunde gelegten Sphäroidfläche ausgeführt werden, somit als Endzweck die Ermittlung der wahren Erdgestalt selbst verfolgen. Diese Untersuchungen lehren z. B., daß die Lotlinien mancher Punkte die Erdaxe nicht schneiden, sondern seitlich derselben vorüberlaufen; weiterhin, daß Küstenpunkte gleicher geographischer Breite nicht gleiche Entfernung vom Erdmittelpunkt besitzen, was bei dem Erdsphäroid vorausgesetzt wird. Die Vermessungsarbeiten der beiden unteren Stufen bezeichnet man als *Niedere Geodäsie*, diejenige der beiden oberen als *Höhere Geodäsie*.

Die *Niedere Geodäsie* begreift alle diejenigen Vermessungsarbeiten in sich, wie sie der Geometer, Forstmann, Ingenieur, Markscheider, Seemann und die Militärtopographie auszuführen hat.

Die *höhere Geodäsie* umfaßt insbesondere:

A. Als einzige Längenmessung die Messung der Grundlinie für die Ableitung der Seitenlängen in den Dreiecksnetzen. Die Längen der Grundlinien schwanken zwischen 2 und 20 km und werden mittels besonderer Basisapparate so genau als möglich gemessen.

B. An trigonometrischen und nivellitischen Aufnahmen:

1. Abstandsbestimmungen in früher angegebener Weise unter Verknüpfung der Dreiecke zu einer oder mehreren Ketten und Einschaltung von Dreiecksnetzen zwischen diese Ketten. Die Dreieckswinkel werden auf jedem der drei Eckpunkte gemessen mit Winkelinstrumenten, welche die Ablesung von Bruchteilen der Sekunden gestatten. Dabei macht sich die kugelhähnliche Gestalt der Erdoberfläche insofern bemerkbar, als die Summe der drei Winkel stets größer ausfällt als 180° ; der Ueberschuß, welcher bei den größten Dreiecken mit einer durchschnittlichen Seitenlänge von 1° oder 111 km bis auf $27''$ anwächst, heißt der sphärische Exzeß; sofern er sich für jedes Dreieck aus dessen ungefährem Flächeninhalt und einem für dieses Dreieck angenommenen mittleren Radius der Erdkrümmung berechnen läßt, bildet er eine Kontrolle für die Genauigkeit der Winkelmessung. Die Berechnungen der Dreiecke erfolgen auf der unteren Stufe der höheren Geodäsie nach den Formeln der sphärischen oder, nachdem jeder der drei Winkel um $\frac{1}{3}$ des beobachteten sphärischen Exzesses vermindert, nach denen der ebenen Trigonometrie; auf der oberen Stufe nach den Formeln, welche die höhere Mathematik für Figuren auf dem Ellipsoid von bekannten Dimensionen liefert.

2. Höhenmessungen.

In erster Linie durch sog. Präzisionsnivellements. Ihre Ausführung geschieht mittels besonders sorgfältig gearbeiteter und geprüfter Apparate unter Berücksichtigung von Erdkrümmung und Strahlenbrechung, steter Kontrolle der Lattenlängen durch Vergleichung mit Normalmaßen, mit solcher Sorgfalt, daß der Unterschied einer Hin- und Hermessung pro Kilometer immer nur wenige Millimeter beträgt. In zweiter Linie erfolgt die Höhenbestimmung trigonometrisch. Bei den Nivellements der höheren Geodäsie ist auch der Nivellementsweg nicht ohne Einfluß; so können beispielsweise zwei nivellitische Bestimmungen derselben Streckenendpunkte, deren

eine über einen Gebirgszug hinweg, deren andere um diesen herum ausgeführt wurde, aus geodynamischen Ursachen nicht dasselbe Ergebnis liefern.

Weiterhin gehören in das Gebiet der höheren Geodäsie:

3. Geographische Ortsbestimmungen oder Orientierungsmessungen. Sie bezwecken die Einfügung der gemessenen Landesteile in das Koordinatennetz des Erdkörpers. Durch langjährige, sorgfältige Beobachtungen kann die geographische Lage einzelner Punkte, Sternwarte wie trig. Signale, bis auf Hundertelsekunden genau bestimmt werden. Da sich nun aus der Dreiecksmessung einer Landesaufnahme, sobald die sphärischen Koordinaten eines der Dreieckspunkte sowie der Winkel, welche eine von diesem ausgehende Dreiecksseite mit dem Meridian desselben bildet, oder das Azimut dieser Seite, ermittelt worden sind, auch diejenigen aller übrigen trigonometrischen Punkte durch Rechnung ableiten lassen, so bildet die geographische Ortsbestimmung ein Mittel zur Untersuchung der Abweichungen zwischen dem der Dreiecksmessung zu Grunde gelegten Sphäroid und dem Geoid, sobald nämlich die Abweichungen der Koordinaten diejenigen Beträge überschreiten, welche durch die unvermeidlichen Beobachtungsfehler herbeigeführt sein könnten. Jene Abweichungen zwischen beobachtetem und berechnetem Breiten und Längenunterschied des Punktes B in Bezug auf den Ausgangspunkt A nennt man die Lotabweichung im Punkte B, wobei die Lotabweichung im Punkte A gleich Null angesehen wird. Es leuchtet ein, daß, wenn beispielsweise für den Brocken die Dreiecksmessung von Berlin ausgehend die Polhöhe zu $51^{\circ} 48' 2''$. 12 ergibt, die astronomische Beobachtung auf dem Brocken dagegen $51^{\circ} 48' 10''$. 59, also $8''$. 47 mehr, die Horizontebene, über welcher die Polhöhe bestimmt worden, auf dem Brocken um $8''$. 47 unter diejenige Horizontebene geneigt sein muß, wie sie sich aus der Dreiecksmessung unter Zugrundelegung des Erdphäroides ergab, desgleichen die wahre Lotrichtung auf dem Brocken von der im Anschluß an Berlin für den Brocken berechneten um $8''$. 47 nach Norden hin abweicht. Ebenso beobachtet man Lotabweichungen in der Ostwestrichtung.

Geographische Ortsbestimmung und Dreiecksmessung vereint dienen zur Ermittlung des Abstandes nach Grad- und Längenmaß zweier Parallelen oder Meridiane oder der Gradmessung.

Zur Untersuchung der Erdgestalt dienen endlich

4. Die Schweremessungen, ausgeführt mittels Pendelbeobachtungen. Bekanntlich ist uns in einem Sterntag, dem Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen desselben Sternes durch den Meridian des Beobachtungsortes, ein Zeitabschnitt von absolut gleicher Dauer gegeben. Die Sekundenschläge einer astronomischen Pendeluhr vermehren sich nun für diesen Zeitraum, je näher der Beobachtungsort dem Erdmittelpunkt gelegen. Pendelbeobachtungen bilden demnach ein Mittel, die Veränderlichkeit der Entfernung verschiedener, aber demselben Breitenkreis angehöriger Küstenpunkte vom Erdmittelpunkt festzustellen, was ohne Pendel beispielsweise bei Ozeaninseln nicht möglich sein würde.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die ältere Landesaufnahme von Thüringen.

Vorbemerkung. Über Signalbau und Meßinstrumente für Basis- und Winkelmessungen bei der älteren Aufnahme sei der Kürze halber auf den dritten Abschnitt verwiesen. Die alten Signale sind längst abgebrochen und es bezeichnet ihren ehemaligen Standort nur noch der meist schwer auffindbare Festlegungsstein oder ein Balkenstumpf. Technik, Messungen und Berechnungen jener Zeit weichen von denjenigen, wie sie bei Behandlung der neueren Landesaufnahme beschrieben werden, nicht sehr ab, so daß es nicht schwer fallen wird, sich auf Grund letzterer die einschlägigen Verhältnisse der älteren Vermessung zu vergegenwärtigen. Zu bemerken ist, daß die Einstellung des Fernrohrs nicht auf Heliotropenlichter, sondern auf Teile der Signale etc., wie z. B. die Pyramidenspitzen, erfolgte.

Im vorliegenden Abschnitt haben wir uns zunächst mit der Triangulation und Höhenbestimmung, sodann eingehender mit der topographischen Aufnahme, endlich mit den Ergebnissen der Aufnahme: den beiden Kartenwerken und der offiziellen Publikation über die Triangulation von Thüringen zu beschäftigen.

A. Die Triangulation von 1851—55.

Ein erstes, wenigstens den nördlichen Teil Thüringens überspannendes Netz finden wir bereits in den Jahren unmittelbar nach den Freiheitskriegen. Dem preußischen Staat war daran gelegen, von seinem umgestalteten Gebiete in möglichst kurzer Zeit ein wenigstens den militärischen Ansprüchen genügendes Kartenbild zu besitzen; ein solches wurde denn in der verhältnismäßig kurzen Zeit von 12 Jahren (1818—1832) unter der genialen Leitung des bekannten General Müffling geschaffen ¹⁾.

Von den diesen topographischen Aufnahmen als Grundlage dienenden Hauptdreiecken berührte die „Kette von Berlin nach dem Rhein“ Nordthüringen in den Punkten: Petersberg, Ettersberg, Brocken, Inselsberg, Struth (westl. Mühlhausen), eingemessen 1819 bis 1822. Karten, welche auf diesen ältesten Aufnahmen beruhen, verwenden wir heutzutage nicht mehr und es geschieht dieser Triangulation hier auch nur aus dem Grunde Erwähnung, weil man dieselbe, ihre Punkte und Winkel wenigstens, bei der nunmehr zu behandelnden Landesaufnahme von 1851—1857 als Ausgangspunkte für weitere Triangulationen benutzte.

¹⁾ Beiläufig sei hierbei daran erinnert, daß der Generalfeldmarschall Graf Moltke als Lieutenant bei dieser ersten umfassenden preußischen Landesaufnahme derjenigen topographischen Abteilung, welche in Schlesien und Posen die Vermessungen vorzunehmen hatte, zugeteilt war.

Die in den Jahren 1851—1855 ausgeführte Triangulation von Thüringen hatte vornehmlich den Zweck, für die in den Jahren 1852—1857 durchgeführten topographischen Vermessungen in diesem Lande das nötige Koordinatennetz zu liefern. Als Grundlage dienten die oben erwähnten alten, unter General v. Müffling ausgeführten, Winkelmessungen, wobei nur der Dreieckspunkt auf dem Ettersberg nicht wieder benutzt werden konnte. (In seiner Nähe finden wir 1851 ein Signal an der sog. Hottelstedter Ecke als Punkt II. O., 2. Kl.) Da den früher aus der Seeberger Basis abgeleiteten Längen dieser Hauptdreieckseiten Mißtrauen entgegen gesetzt wurde, so verwendete man als Ausgangsseite zur Neuberechnung derselben die von Gauß in seiner hannöverschen Gradmessung (1822—25) berechnete Seitenlänge Inselsberg-Brocken; diese betrug 54 374 Toisen oder 105 977 m und bildet somit die Grundlage für die gesamte Thüringer Landesaufnahme der fünfziger Jahre, desgleichen für die in deren Ergebnis, den Meßtischblättern, eingezeichneten Dimensionen. Diese Seite war zugleich die längste; die kürzeste bildete Inselsberg-Seeberg; die mittlere Seitenlänge im Hauptdreiecksnetz betrug rund 68 km.

Zur Einfügung der gemessenen Punkte in das sphärische Koordinatennetz, d. h. zur Angabe ihrer Lage auf dem Erdkörper diene die bekannte geographische Lage der Sternwarte Seeberg in Verbindung mit der gemessenen Länge der Seite Seeberg-Inselsberg und deren Azimut. Als halbe große Axe des hierbei zu Grunde gelegten Erdsphäroides wurde der Wert $a = 3\,271\,841,4$ Toisen oder 6 376 939 m, als Abplattung $\frac{a-b}{a} = 1/310$ in die Rechnung eingeführt; wir erwähnen, daß man hierfür neuerdings (seit Bessel) $a = 6\,377\,397$ m und $\frac{a-b}{a} = 1/299$ verwendet.

Als Winkelinstrumente dienten drei Theodoliten von 15, 12 und 10 Zoll Durchmesser. Beobachtet wurde zumeist auf Holzsignalen; den Zielpunkt auf dem Inselsberg stellte die Spitze des jetzt nicht mehr vorhandenen alten Häuschens dar; auch der Turm auf dem Brockenhause ist nicht mehr vorhanden, sondern mit diesem abgebrannt.

Die Seiten dieses Netzes I. Ordnung bildeten nun, mit Ausnahme der im Ettersberge endenden, die Ausgangsseiten für das Netz zweiter Ordnung. Da jedoch jene Hauptseiten einerseits zu lang, andererseits nur die kleinere Hälfte von Thüringen überspannten, so wählte man unter den 216 Punkten, welche als Punkte II. Ordnung dienen sollten, 36 aus und bestimmte sie im Anschluß an die Punkte I. Ordnung so sorgfältig, daß sie unter Hinzuziehung der Punkte I. O. ein zuverlässiges Netz für den Anschluß der übrigen 180 Punkte II. O. bildeten. Auf jedem der Punkte II. O. 1. Kl. wurden die Winkel 20 mal gemessen, mit Ausnahme von Possen und Neupoderschau, auf welchen keine Beobachtungen stattfanden.

Das so entstandene Hauptnetz der älteren Thüringischen Triangulation veranschaulicht nachstehende Tabelle.

Nr.	Punkt	Lage	Dreieckseite mit Nr.:
1.	Struth Kt. 1)	westl. Mühlhausen	2. 3. 4. 8. 29. 33.
2.	Possen T.	südl. Sondershausen	3. 5. 6. 7. 8. 12. 13. 29.
3.	Inselsberg S.		4. 5. 8. 9. 12. 13. 14. 29. 30. 31. 33. 34. 35. 36.
4.	Seeberg Stw.	zw. Possen u. Ettersberg	6.
5.	Galgenberg S.	östl. der Sachsenburg	7.
6.	Heidelberg S.		8. 10. 19. 41.
7.	Kyffhäuser S.		9. 10. 11.
8.	Brocken T.		10.
9.	Ettersberg S.		11. 17. 19. 21. 41. 42. (43.
10.	Petersberg Kt.		44. 45.) (43)
11.	Magdeburg Kt.		
12.	Eckartsberga S.		13. 15. 17. 19. 41.
13.	Stelze (Kötsch) S.	zw. Mellingen u. Blankenh.	14. 15. 16. 17. 18. 26. 30. 31
14.	Hoheneiche Kt.		16. 18. 23. 25. 26. 28. 30. 31. 32.
15.	Fuchsturm T.	östl. Jena	16. 17. 19.
16.	Leuchtenburg T.		18.
17.	Carsdorfberg S.	östl. Dornburg	18. 19. 26. 41. 42.
18.	Luftschiff S.	östl. Jena	19. 23.
19.	Thiemendorf S.	nordwestl. üb. Crossen	20. 23. 41.
20.	Cuhndorf S.	zw. Neupodoschau u. Thie- mendorf	21. 23.
21.	Neupodoschau T.	zw. Altenburg u. Zeitz	22. 23.
22.	Fuchsberg S.	östl. Reust, a. d. sächs. Grenze	23. 24.
23.	Reust (Mühle)	südl. Ronneburg	24. 25.
24.	Sorge Kt.	südl. Reust, a. d. sächs. Grenze	25. 26. 27.
25.	Lössau S.	zw. Kleina u. Stelzenbaum	26. 27. 28.
26.	Kleina S.	südl. Neustadt a. d. Orla	27. 28.
27.	Stelzenbaum (Stelzen) S.	nördl. der Station Reuth a. d. sächs. Grenze	28.
28.	Eliasbrunn S.	westl. Ebersdorf	
29.	Bienstedter Warte S.	nordöstl. Gotha	30. 31. 32. 33.
30.	Riechheimer Berg S.	nordwestl. Kranichfeld	31. 32.
31.	Schneekopf T.		32. 35. 36. 37. 38. 39.
32.	Langeberg S.	südl. Amt Gehren	38.
33.	Wartburg T.		34.
34.	Dietrichsberg S.		35.
35.	Geba S.		36. 37.
36.	Dolmar S.		37. 39.
37.	Gr. Gleichberg S.		38. 39. 40
38.	Plefs (Blefs) S.		39. 40.
39.	Veste Heldburg T.		40.
40.	Coburg S.	östl. der Veste	
41.	Burkarsroda Kt.	zw. Eckardsberga u. Freiburg	42.
42.	Lützen Kt.		(44)
(43.)	Hagelsberg S.	a. d. Fläming	45.)
(44.)	Leipzig Pleißenburg T.)		} Anschluß des Netzes an die Seite Peters- berg-Wurzelberg der „Kette von Berlin nach dem Rhein.“
(45.)	Wurzelberg S.	Vgl. die Karte.)	

1) Kt. Kirchturm; T. Schloßsturm oder Aussichtsturm; S. Signal.

Die Winkelmessung verteilte sich auf die Jahre 1851—55 in folgender Weise:

- a) 1851. Der nordwestliche Teil im Netz der Punkte I. O.
- b) 1852. Der zentrale Teil zwischen Inselsberg-Eckardsberga-Carsdorfberg-Hoheneiche.
- c) 1853. Der Teil östlich der Linie Hoheneiche-Carsdorfberg-Neupoderschau.
- d) 1853. Der Teil zwischen Inselsberg-Bienst.Warte-Stelze-Hoheneiche.
- e) 1855. West- und Süd-Thüringen westlich der Linie Struth-Bienst.Warte-Schneekopf-Langeberg.
- f) Anschluß des Teiles nördlich der Linie Eckardsberga-Carsdorfberg-Neupoderschau.

Jeder dieser Abschnitte wurde für sich gemessen und ausgeglichen; der mittlere Winkelfehler (vgl. III. Abschn. Seite 80) im Gesamtnetz betrug 2".

Als mittlere Seitenlänge ergibt sich 43 km, als längste Seite Inselsberg-Eckardsberga mit 82 $\frac{1}{2}$, als kürzeste Luftschiff-Carsdorfberg mit 10 km.

In dieses Hauptnetz II. O. wurde nun ein Netz II. Ordnung 2. Klasse eingelegt mit 180 neuen Punkten, wobei auf diesen die Winkel je 8 mal gemessen wurden. Zu diesen Punkten gehörten u. a.:

Viktorshöhe T., Josephshöhe T., Sangerhausen Kt., Allstädt T., Ohmberg S., Nordhausen Petriturm, Sachsenburg T., Langensalza Kt., Craula S., Heldrastein S., Filsberg S., Mühlhausen Ob. Markt., Hörselberg S., Riednordhausen Kt., Monrabburg S., Ettersberg Hottelstedter Ecke S. und Kl. Ettersberg Schanze, Buttstedt Kt., Vierzehnheiligen Kt., Freiburg T., Hexenberg b. Berka S., Altenburg Bartolomäust., Hohenleuben Kt., Zeulenroda Kt., Oslaer Hügel S., Saalf. Culm S., Wurzelberg Stein, Meuselbacher Kuppe S., Kieferle S., Kulm S., Singerberg S., Reinsburg S., Judenbach S. (bair. Punkt), Feldstein S., Schnett S., Häselriether Bg. S., Straufhain T., Banz Kt. (bair. Punkt), Adlerberg S., Ruppberg S., Milseburg Kreuz, Rockenstuhl S.

Hieran schloß sich endlich das Netz III. Ordnung mit ca. 720 neuen Punkten, für welche die Winkel nur auf den bisher erwähnten höheren Ordnungen und zwar je 4mal gemessen wurden. Die Punkte III. O. bilden zum größten Teil Turmknöpfe und hervorragende Gebäude, nur vereinzelt finden sich sog. Signalbäume. Von hervorragenden Punkten erwähnen wir:

Aschersleben Kt., Ballenstedt T., Quedlinburg T., Artern Kt., Schl. Heldrungen Kt., Weißensee T., Sondershausen Kt., Erfurt Severit., Kölleda Kt., Schloßvippach Kt., Weimar Schloß., Belvedere T., Frauenpriesnitz Kt., Rhanis T., Naumburg Wenzelst., Zeitz Schloß., Schleiz Schloß., Neustadt a. O. Kt., Neustadt a. R. Kt., Finsterberg Häuschen, Gickelhahn T., Rudolstadt Schl., Arnstadt Schl., Sonneberg Kt., Coburg Veste, Gr. Hermannsberg Sbaum, Baier

Sb., Ochsen Sb., Schleusingen Kt., Wetzstein bair. Signal, endlich Straußberg T. und Effelder T. (vgl. 3. Abschn.).

Im Ganzen umfaßte die Triangulation von Thüringen 945 trig. Punkte und zwar auf einem Flächenraum von etwa 400 Qu.-Meilen; es entfielen demnach auf 1 Qu.-Meile 2—3 trig. Punkte.

Die Höhenbestimmung.

Diese bildete den zweiten Hauptteil der Triangulationsarbeiten und erfolgte im Gegensatz zur neuen L.-A. durchgängig auf trigonometrischem Wege.

Es erscheint zweckmäßig, hier einige kurze Notizen über die Entwicklung der Höhenbestimmung in Thüringen überhaupt einzuschalten, wobei es sich selbstverständlich mehr um die Bestimmung von Meereshöhen als von relativen handelt. Die ältesten Höhenangaben von Orten in Thüringen reichen nicht über den Ausgang des vorigen Jahrhunderts zurück und zwar erfolgten die ersten Bestimmungen von Meereshöhen mittels des Barometers.

Sind in zwei Punkten Barometer aufgehängt, welche hinsichtlich ihrer Abweichung vorher an ein und demselben Orte verglichen worden sind, so läßt sich aus zwei gleichzeitigen Beobachtungen von Barometerstand und Lufttemperatur der Höhenunterschied beider Orte annähernd ermitteln und zwar um so genauer, je näher einerseits die beiden Punkte in horizontaler und vertikaler Richtung, und je größer andererseits die Anzahl der gleichzeitigen Beobachtungen. Die Formel, deren man sich behufs Ableitung des Höhenunterschiedes aus den Beobachtungen bedient, hat mit Vervollkommenung von Wissenschaft und Technik mancherlei Wandlungen erfahren und genügt auch in ihrer neuesten Gestalt noch nicht ganz der Anforderung, daß der Mittelwert zahlreicher Bestimmungen desselben Höhenunterschiedes mit dem auf nivellitischem Wege gewonnenen Werte nahezu übereinstimmt. Dabei ist jedoch in Betracht zu ziehen, daß die Wägung eines so feinen und vielfach bewegten Körpers, wie die Luft von vornherein nicht so scharfe Resultate ergeben kann wie nivellitische Bestimmungen. Noch mehr tritt die Unzulänglichkeit der verwendeten Formeln natürlich bei den älteren Messungen hervor. Es haben nun jahrelange Beobachtungen auf den Wetterwarten an den deutschen Küsten ergeben, daß der mittlere Barometerstand im Meeresniveau rund 762 mm beträgt. Vereinigt man die jahrelangen Beobachtungen binnenländischer Wetterwarten gleichfalls zu Mittelwerten, so ist durch beide unter Hinzuziehung der mittleren (Jahres-) Temperaturen zweier solcher Orte ein Mittel gegeben, die Meereshöhen der binnenländischen Beobachtungsorte annähernd zu bestimmen.

Auf solche Weise gelangte man denn nun auch zu den ersten, nicht nur auf Schätzungen oder Vermutungen, sondern auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden Angaben über die Meereshöhen besonderer Orte in Thüringen. Als älteste Bestimmung dieser Art ist diejenige von Coburg anzuführen, woselbst der Landesherr

Ernst Friedrich auf seinem Schlosse von 1782—93 Barometer- und Temperaturbeobachtungen anstellte; eine zweite Beobachtungsreihe erfolgte 1816—19 durch Arzberger. Leider ist in den Zusammenstellungen nicht angegeben, ob die Temperatur des Quecksilbers berücksichtigt wurde, sodaß die Annahme über die Meereshöhe des Beobachtungszimmers (1. Stock) zwischen rund 305 und 325 m schwankt. Die Höhe der Sternwarte zu Halle wurde von Winkler aus den Beobachtungen der Jahre 1821—23 zu 82.8 m bestimmt. Interessant ist das Ergebnis einer von ihm im Anschluß an Halle gemachten barometrischen Bestimmung des Brockens; er erhielt nämlich für diesen Höhenunterschied 1059.0 m, sodaß sich aus beiden Höhen diejenige des Brockens zu 1142 m ergibt, in Übereinstimmung mit unserer heutigen Angabe (1141 m). Weitere Grundlagen für die barometrische Höhenbestimmung thüringischer Orte lieferten die Beobachtungen der fünfweimarischen Wetterwarten: Weimar, Schöndorf, Jena, Ilmenau und Eisenach während der Jahre 1822—27, deren Berechnung durch den Astronomen der Jenaischen Sternwarte, Schrön, erfolgte. Der mittlere Barometerstand von Jena ergab sich hierbei um 1 mm höher als der jetzige Wert (748 mm), woraus sich die frühere Annahme der Meereshöhe der Sternwarte zu rund 145 m erklärt gegenüber der definitiven neueren Bestimmung zu rund 154 m; spätere Berechnungen weisen dagegen wieder ein Zuviel auf und erst seit den 60er Jahren finden wir Werte, welche dem definitiven entsprechen. Für Meiningen leitete Schaubach die Höhe aus einer Reihe von Beobachtungen während der Jahre 1825—26 ab. Weiterhin folgte die barometrische Bestimmung von Gotha durch v. Hoff aus Beobachtungen der Jahre 1828—32 in seinem Wohnhause. Dasselbe lag 57.5 m unter der Sternwarte Seeburg, er erhielt für diese die Höhe 368 m (s. u.).

Im Anschluß an diese Hauptpunkte erfolgten nun die Bestimmungen weiterer Punkte in Thüringen, sei es durch Verwendung der Mittel von jahrelangen Beobachtungsreihen, wobei die Wetterwarten zu Berlin, Regensburg, Paris u. a. mit zu Hilfe genommen wurden, oder durch Verwendung einzelner Beobachtungen. Solche relative Höhenbestimmungen mittels des Barometers finden wir jedoch bereits in viel früherer Zeit. So z. B. Bestimmungen des Inselsberges 1779, 1790, 1808, des Brocken vor 1790, sodann einer ganzen Reihe anderer Punkte in Thüringen, wie Berge auf dem Thüringerwald und der Rhön, dem Frankenwald, von Städten in der Thüringer Mulde u. a. Da jedoch die Ausgangspunkte dieser relativen Bestimmungen noch sehr mangelhaft bestimmt waren, so konnten die Ergebnisse selbst nur sehr unsicher und widersprechend sein. Eine bessere Grundlage für die Thüringische Höhenmessung lieferten die trigonometrischen Bestimmungen von Gauß anläßlich seiner hannoverschen Gradmessung 1822—25. Er erhielt für den Brockengipfel 1140 m¹⁾; für den Unterschied zwischen diesem und der Sternwarte

1) Für den Inselsberg dagegen 928 m, welche Angabe sich wohl auf die Spitze eines Signals daselbst bezog.

Seeberg ergab sich durch trig. Messungen von Enke 783 m, sonach für den Boden der Sternwarte Seeberg selbst als Meereshöhe 367 m. Dieser Wert wurde für die Folge für alle an Seeberg anschließenden Messungen beibehalten und es bildete dieser Punkt nicht nur für die geographischen Ortsbestimmungen, wie wir später sehen werden, sondern auch für die Höhenmessungen in Thüringen die hauptsächlichste Grundlage. Gelegentlich dieser trigonometrischen Höhenbestimmungen müssen wir auch einer Reihe älterer, um das Jahr 1808 durch von Lindenau und den Astronomen Enke ausgeführten Erwähnung thun; diese erstreckten sich, von Seeberg ausgehend, auf den Ettersberg, Wachsenburg, Hörselberg, Inselsberg, Schneekopf, Beerberg, Coburg, Bleß, Gleichberge, Dolmar, Geba und Stopfelsberg; da jedoch die Höhenangabe der Signale auf diesen Bergen unterlassen, so kann eine Untersuchung ihrer Genauigkeit nicht erfolgen.

Bei dem regen Eifer, mit welchem man sich bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts der barometrischen Höhenmessung allerorten hingab, konnte es nicht fehlen, daß sich das Höhennetz mehr und mehr verdichtete und wohl auch sicherer wurde, umsomehr, als sich die Kritik der Ergebnisse annahm und Werke, wie das von v. Hoff¹⁾, einigermaßen Klarheit in die sich vielfach recht widersprechenden Angaben zu bringen suchten. Derartige Zusammenstellungen waren jedoch ein sehr mühsames Werk, und man weiß nicht, was man bei ihrem Studium mehr bewundern soll: den Scharfsinn ihrer Verfasser oder daß überhaupt Ergebnisse dabei herauskamen, welche sich mit den neueren Bestimmungen einigermaßen in Einklang bringen lassen. Das Hauptverdienst an der Verdichtung und Verbesserung des Höhennetzes gebührt dem Major Fils, welcher seit 1827 bis in die 70er Jahre herein nach und nach in fast allen Thüringischen Staaten barometrische Bestimmungen im Anschluß an die Wetterwarten ausführte und so ein Netz von etwa 7000 Punkten schuf, mit Resultaten, welche denen der älteren Thüringischen Landesaufnahme, auf die wir sogleich zu sprechen kommen werden, meist als ebenbürtig an die Seite zu stellen sind. Am meisten verdankt ihm die Landeskunde von Thüringen in Bezug auf die Hydrographie, denn ein nicht geringer Teil seiner Höhenangaben bezieht sich auf die Quellen unserer Thüringer Wasserläufe und ihrer kleinsten Zuflüsse, desgleichen auf die Wasserspiegel an den Hauptorten und Einmündungen. Hinsichtlich der Quells Höhen sind wir heute noch genötigt, auf die Filschen Höhenbestimmungen zurückzugreifen, da die Meßtischblätter hierüber keine hinreichende Auskunft geben.

Einen Fortschritt in der Höhenbestimmung finden wir in den trigonometrischen Nivellements, wie sie seit Anfang dieses Jahrhunderts bis in die 60er Jahre herein seitens des Generalstabes ausschließlich zur Höhenbestimmung der trigonometrischen Punkte angewendet wurden. Unter Nivellement oder dem älteren deutschen

1) Höhenmessungen in und um Thüringen gesammelt etc. v. Hoff, Gotha 1833.

Ausdruck „Abwägung“ versteht man bekanntlich die Ermittlung des Höhenunterschiedes zweier Punkte in der Weise, daß man die Höhenunterschiede einer Reihe von Zwischenpunkten bestimmt und aus ihrer Zusammenfügung auf rechnerischem Wege den Gesamthöhenunterschied (der beiden Endpunkte) ableitet. Je nach dem hierbei verwendeten Instrument: Barometer, Theodolit, Nivellierinstrument kann man von barometrischen, trigonometrischem oder geometrischem Nivellement sprechen; in neuerer Zeit versteht man jedoch unter Nivellement gewöhnlich nur die letztere Art. Von diesen drei Höhenbestimmungsmethoden gelangte das geometrische Nivellement erst in neuerer Zeit zu einer gerechten Würdigung. Wohl kannten die Straßenbauer recht gut die erhöhte Genauigkeit desselben, im allgemeinen jedoch begegnete man den nivellitischen Aufnahmen größerer Strecken mit sonderbarem Mißtrauen, und aus ihren Verknüpfungen gar die Höhenlage von Punkten weit im Binnenlande ableiten zu wollen, verhinderte die Furcht vor einer allzugroßen Fehleranhäufung wegen der kleinen Messungsstrecken. Seit die Schaffung eines dichten Eisenbahn- und verbesserten Straßennetzes die Verknüpfungen ganzer Reihen von geometrischen Nivellements ohne weiteres mit sich brachte, erwiesen sich jedoch jene Befürchtungen als grundlos und heutzutage gilt diese Methode der Höhenbestimmung als die genaueste¹⁾. In dem Zeitraum jedoch, mit welchem wir uns vorläufig noch zu beschäftigen haben, behauptete noch die zweite Methode den Vorrang.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu unserer älteren Landesaufnahme zurück, so erfolgte bei derselben die Höhenmessung, wie erwähnt, nur auf trigonometrischem Wege. Zur trig. Bestimmung des Höhenunterschiedes zweier Punkte bedarf es der Kenntnis des Abstandes beider und des Neigungswinkels ihrer geraden Verbindungslinie, d. h. des Höhenwinkels. Der Abstand ist gewöhnlich aus einer vorangegangenen Triangulation bekannt, anderenfalls, bei nur geringer Entfernung beider Punkte, wird er durch Lattenmessung oder mittels Theodolit und Distanzlatte bestimmt; der Höhenwinkel wird mittels Theodolit gemessen. Es gelangt nun das Licht vom Zielpunkt nicht auf gradlinigem Wege in das Fernrohr des Beobachters, sondern, infolge der Strahlenbrechung auf einem, bei normaler Witterung nach oben konvexem Bogen, dessen Radius gemeinhin ungefähr achtmal grösser als der Erdradius angenommen wird, doch ist dies Verhältnis sowohl als die Lichtkurve überhaupt je nach Witterung und Tageszeit sehr veränderlich; der Bruch, Erdradius durch Lichtkurvenradius, dessen Wert also gewöhnlich zu 0,13 angenommen, wird als Refraktionskonstante bezeichnet. Die Strahlenbrechung bewirkt nun nach dem Obengesagten, daß der Höhenwinkel bei der Messung gewöhnlich zu groß erhalten wird; bezeichnet A den Abstand zweier Punkte in Metern, so ergibt sich die durchschnittliche Verän-

1) Zu einer rohen Kennzeichnung des Genauigkeitsverhältnisses und -Grades zwischen nivellitischer, trigonometrischer und barometrischer Höhenbestimmung führen wir an, daß man den Höhenunterschied zweier einige Kilometer voneinander entfernter Punkte nivellitisch bis auf etwa 2 mm, trigonometrisch bis auf 2 cm und barometrisch bis auf 2 m genau bestimmen kann.

derung des Höhenwinkels in Sekunden aus der Näherungsformel $0,0021 A$; für eine Entfernung von 20 km ergeben sich sonach als durchschnittliche Änderung des Höhenwinkels infolge der Strahlenbrechung $42''$, welche bei nahezu horizontaler Visur einer Änderung des Höhenunterschiedes um 4 m entsprechen. Werden auf zwei Punkten gleichzeitige gegenseitige Höhenwinkelmessungen vorgenommen, so fällt bei der Höhenberechnung, unter Annahme gleicher Wirkung der Refraktion auf beiden Stationen, die Hinzuziehung der Refraktionskonstanten fort, daher diese Messungsmethode bei allen sorgfältigeren trig. Höhenbestimmungen angewendet zu werden pflegt. Weiterhin ist bei der trig. Höhenbestimmung die Erdkrümmung zu berücksichtigen. Es soll die Höhe des Zielpunktes über oder unter der Niveaufläche, welche durch den Mittelpunkt des Höhenkreises am Theodoliten läuft und hierbei als Kugelfläche angesehen wird, bestimmt werden; diese weicht jedoch von der wagrechten Fläche durch jenen Mittelpunkt, auf welche sich selbstverständlich die zu messenden Höhen- und Tiefenwinkel beziehen, bereits nach kurzer Entfernung vom Standort nach unten hin merklich ab. Bezeichnet wieder A den Abstand zweier Punkte in Metern, so ergibt sich diese Abweichung oder die Erdkrümmung annähernd aus $0,000\,000\,0784 A^2$, sodaß man beispielsweise für die Entfernungen 1;10; 20 km die Herabsenkungen zu 0,08; 7,84; 31,35 m erhält. Es ist noch zu erwähnen, daß die Höhenkreise meist so beziffert sind, daß sie nicht die Höhenwinkel, sondern die Zenitdistanzen der Ziellinien ablesen lassen, indem der Nullpunkt der von 0 bis wieder zu 360 Grad herumlaufenden Teilung mittels Libelle und Beobachtungsverfahren in die Richtung nach dem Zenit gebracht wird. Auf diese Weise fällt der Unterschied der Höhenwinkel und Tiefenwinkel durch das Vorzeichen fort; letztere kann man durch Verminderung der Zenitdistanzen um 90 Grad ableiten.

Werden bei einer Reihe von trig. Punkten auf je zwei aufeinanderfolgenden die Höhenwinkel gegenseitig und gleichzeitig gemessen, die daraus sich ergebenden Höhenunterschiede aneinandergereiht, so entsteht ein trig. Nivellement. Ein solches war bereits bis zum Jahre 1849 von Swinemünde aus über Berlin bis zum Brocken fertiggestellt. Hier schloß sich nun ein zweites, speziell thüringisches trig. Nivellement an, welches über die Punkte II. O., 2. Kl. Hohe Geis, Steinlohe, Hasenberg, Dienkopf (nördlich Struth), Stadtberg (südöstl. von Mühlhausen), Craula, Hörselberg, Inselsberg, Seeburg, Schneekopf, Langeberg, Rauhügel (südwestl. Hoheneiche), Eliasbrunn, Stelzenbaum geführt wurde und auf den Schienen der sächs.-bairischen Eisenbahn bei Station Reuth endete. Dies Nivellement bildete die Hauptgrundlage für die Höhenbestimmung in Thüringen. Die weitere trig. Bestimmung der Höhenunterschiede der Punkte I. und II. O., gegeneinander erfolgte zugleich mit der Triangulation. Es wurden sodann aus dem Höhennetz sechs Polygone, um sie als Anschluß der Ableitung der übrigen Höhenunterschiede verwenden zu können ausgewählt und ausgeglichen. Geht von einem

Punkt ein Nivellement oder sonstige Reihenfolge von Höhenbestimmungen aus und kehrt auf ihn zurück, so soll die Summe der berechneten Höhenunterschiede Null ergeben. Dies ist jedoch infolge der Beobachtungsfehler gewöhnlich nicht der Fall; beispielsweise ergaben sich in dem ersten der unten angeführten Polygone für den Höhenunterschied

Schneekopf-Reinsburg	—	201.567	Toisen
Reinsburg-Langeberg	+	105.082	"
Langeberg-Schneekopf	+	96.635	"
Summe	+	0.150	"

Es sind nun die Beobachtungen so zu verbessern, daß einerseits die Summe zu Null wird, andererseits die angebrachten Verbesserungen gegenüber anderen sich als die wahrscheinlichsten Werte erweisen. Die ausgewählten Polygone waren:

- 1) Schneekopf-Reinsburg-Langeberg-Schneekopf.
- 2) Schneekopf-Reinsburg-Riechheimerberg-Kötsch-Kl. Ettersberg-Galgenhügel (bei Schloßvippach-Eckardsberga - Carsdorfberg-Luftschiff-Kleina-Stelzenbaum-Schneekopf (auf dem Niv.-Zuge).
- 3) Brocken-Viktorshöhe-Regenstein-Brocken.
- 4) Brocken-Viktorshöhe-Josephshöhe-Brocken.
- 5) Josephhöhe-Kyffhäuser-Dietersdorf-Josephhöhe.
- 6) Brocken - Viktorshöhe - Josephhöhe - Kyffhäuser-Sachsenburg-Galgenhügel-Schneekopf (s. Polyg. 2)-Brocken (auf dem Niv.-Zuge).

Nach der Ausgleichung dieser Polygone bildeten ihre Punkte die Ausgangspunkte zur Ableitung der Meereshöhen der übrigen Punkte II. O., endlich der Punkte III. O., womit die trig. Höhenaufnahme in Thüringen beendet war.

Als Beispiel für die Ableitung weiterer Höhenunterschiede aus den ausgeglichenen Punkten mögen zwei Bestimmungen vom Fuchsturm (Dachspitze) folgen:

Von Station Eckardsberga aus: 1851, Aug. 3—6, Vorm. 9¹/₂ Uhr, 3 Beob.; Fernrohrhöhe 154.294 Toisen

Zenitdistanz	log. d. Entfernung in Toisen	Höhenunterschied	Meereshöhe
89° 48' 59".86	4.0571468	+ 53.729 T.	208.023 T.

Von Station Stelze (Kötsch) aus: 1851, Aug. 17.19, Nachm. 3—4 Uhr; 2 Beob.; Fernrohrhöhe 256.550 Toisen

Zenitdistanz	log. d. Entfernung in Toisen	Höhenunterschied	Meereshöhe
90° 21' 56".96	3.9756524	— 48.534	208.016

Mittel 208.020 T.

B. Die Topographische Aufnahme 1855—1859.

Der topographischen Abteilung des Generalstabes fiel nunmehr die Aufgabe zu, das von der Triangulation gelieferte Netz durch Detailaufnahme des zwischen den trig. Punkten gelegenen Geländes auszufüllen, wobei in erster Linie die Darstellung der Oberflächengestaltung in Betracht kam, sodann die Eintragung der Ortschaften,

Wege und Eisenbahnen, Waldbedeckungen, Kulturen, Wasserläufe usw. Zur Einteilung dieser Arbeit wurde das Aufnahmegebiet, wie es sich vorerst in dem trig. Netz darstellte, so projiziert, als ob es zu einem Polyeder mit großer Flächenzahl gehöre (Polyederprojektion); jede Fläche desselben hatte als Seiten einmal zwei Meridianabschnitte von je 6' (der Breite), sodann zwei Parallelabschnitte von je 10' (der Länge) in Gradmaß. Da in Thüringen auf 1" des Parallelbogens eine Strecke von rund 19.5 m, auf 1" des Meridianbogens von 31 m kommt, so umfaßte also eine solche Polyederfläche einen Flächenraum von $11,1 \times 11,7 =$ rund 130 qkm. oder $2\frac{1}{3}$ Qu.Meilen mit durchschnittlich sieben trig. bestimmten Punkten. Als Teilmeridiane wurden Sechsminutenmeridiane innerhalb der ganzen Längengrade, von Ferro aus, verwendet; mithin enthält der durch zwei Meridiane und zwei Parallele gebildete viereckige Ausschnitt je $6 \times 10 = 60$ Polyederflächen. Ein jedes solches Polyedertrapez wird als Meßtischblatt bezeichnet, sofern nämlich der natürliche Flächenraum desselben unter Anwendung eines Maßstabes von 1 : 25000 sich auf der Platte eines Meßtisches bearbeiten ließ.

Der Meßtisch besteht aus einem Dreigestell, auf welches sich eine quadratische Platte von etwa 50 cm Seitenlänge aufsetzen läßt; verschiedene Schraubenvorrichtungen ermöglichen die Drehung und Wagrechtstellung derselben. Für die Aufnahme wird sie wie ein Zeichenrahmen mit starkem Zeichenpapier überspannt. Einen weiteren Teil einer Meßtischeinrichtung bildet die Kippregel. Dieselbe, durchgängig aus Metall, besteht aus einem 50 cm langen Lineal, auf dessen Mitte ein Zapfen oder Sparrenwerk von 20 cm Höhe aufgesetzt als Träger für die Axe eines nur in der Vertikalebene drehbaren Fernrohrs, desgleichen einer Kreisteilung, deren Mittelpunkt in die Drehungsaxe des Fernrohrs fällt. Mit der Fernrohraxe verbunden ist ein Zeigerarm (Alhidade) mit Nonius am Ende, welcher sich beim Auf- und Abdrehen des Fernrohrs auf der Kreisteilung bewegt, somit gestattet, den Höhenwinkel der Zielrichtung abzulesen und zwar gewöhnlich bis auf einzelne Minuten. Auf der Zeichenplatte ist nun bereits der Zeichenraum des Meßtischblattes abgegrenzt und die auf dem Aufnahmegebiet gelegenen trig. Punkte ihrer Lage gemäß eingezeichnet. Sollte jetzt die Lage des Punktes, auf welchem der Topograph sich mit seinem Meßtisch gerade befindet, auf die Platte eingetragen werden, so würde dies, wenn nur zwei oder drei trig. Punkte (Gerüste oder Turmknöpfe etc.) sichtbar sind, in mehrfacher Weise geschehen können, je nachdem die Bestimmung von den trig. Punkten oder vom Standort aus erfolgen soll. In ersterem Fall wäre auf der Station aus vier Pfählen ein kleines Pyramidensignal, mit Bretterverschalung gegen die Spitze hin zu errichten; der Topograph stellt sodann den Meßtisch über dem Festlegungsstein des ersten gegebenen trig. Punktes auf, legt das Lineal an die beiden eingezeichneten Punkte an und dreht die Tischplatte so lang, bis der zweite der gegebenen Punkte im Fadenkreuz des Fernrohrs erscheint; damit ist die Meßtischplatte nach den Himmelsrichtungen orientiert

und wird in dieser Lage festgeschraubt. Nunmehr dreht er das Lineal so, daß erstens dieses an seinem Standort auf der Platte anliegt, zweitens die Spitze jenes kleinen Pyramidensignals auf dem zu bestimmenden Punkt im Fadenkreuz erscheint und zieht längs der angelegten Kante des Lineals eine feine Linie. Derselbe Vorgang wiederholt sich auf dem zweiten trig. Punkte. Es ist klar, daß sodann der Schnittpunkt der beiden gezogenen Linien den gesuchten Punkt auf der Zeichenplatte darstellt. Auf solche Weise werden jedoch nur eine geringe Anzahl von Punkten im Aufnahmegebiet bestimmt; die Eintragung einer ungleich größeren Anzahl erfolgt direkt von dem zu bestimmenden Punkt aus durch Anzielen (Anschnneiden) dreier gegebener trig. Punkte nach der Methode des sogenannten Rückwärtseinschneidens, d. h. der (geometrischen) Lösung der Pothot'schen Aufgabe und nach verschiedenen anderen Methoden.

Diese Hauptstandorte entsprechen bei der topographischen Aufnahme etwa den Punkten II. O. in einem Triangulationsnetz. Von den so ihrer Lage nach bestimmten Punkten aus erfolgt nun die Detailaufnahme in anderer Weise, zwecks deren Erläuterung wir uns erst nochmals das Fernrohr der Kippregel, sodann einen dritten Bestandteil der Meßtischeinrichtung betrachten müssen. Im Fernrohr befinden sich nämlich außer dem eigentlichen Fadenkreuz noch zwei wagrechte Fäden zu beiden Seiten des Mittelfadens, deren Abstand sich zur Entfernung des Fadenkreuzes vom Objektiv verhält wie 1 : 100. Befindet sich daher in einer gewissen Entfernung vom Meßtisch eine Latte mit Zentimeterteilung, so ist die Anzahl der zwischen den beiden äußeren Horizontalfäden abgelesenen Zentimeter mit 100 zu multiplizieren, um ohne weiteres die Entfernung der Latte vom Standort in Metern zu erhalten. Es heißt daher die derart eingerichtete Kippregel auch die „Entfernungsmessende Kippregel“. Da die Richtung eines auf diese Weise bestimmten Punktes, nach Orientierung des Meßtisches, ohne weiteres durch die Linealkante angedeutet, so kann die Eintragung desselben seinem Abstände gemäß sogleich längs dieser Kante erfolgen.

Die auf diese Weise auf der Platte fixierten Punkte, die man als Punkte III. O. der topographischen Aufnahme bezeichnen könnte, bilden die Anschlußpunkte für die weitere, krokiartige Bearbeitung des Gebietes. Eine wesentliche Beihilfe besitzt die topographische Aufnahme hierbei in den Flurkarten, welche zum Zweck der Einfügung ihres Wegenetzes, ihrer Kultur- und Ortsgrenzen etc. in das Netz der Lattenpunkte vorerst aus ihrem großen Maßstab auf denjenigen von 1 : 25000 zu reduzieren.

Da außer dem mittels Distanzfäden und -Latte gewonnenen Abstand eines Zielpunktes vom Standort sich immer zugleich der Neigungswinkel der Ziellinie (für den Mittelfaden) an der Kreisteilung feststellen läßt, so wird durch die Verbindung beider die gleichzeitige Ermittlung des Höhenunterschiedes zwischen Standort und Lattenpunkt ermöglicht; sog. Kotentafeln gestatten die Höhenberechnung sogleich im Felde vorzunehmen. Die

Meereshöhen der Hauptstandorte bestimmt der Topograph im Anschluß an die trig. Punkte; mithin kann auch die gleichzeitige Eintragung der Meereshöhen der Lattenpunkte im Felde erfolgen.

Im Anschluß an die so ihrer Lage und Höhe nach auf dem Meßtischblatt angegebenen Punkte und unter Anlehnung an die gleichzeitig mit angedeuteten Leitlinien der Terraingestaltung findet nun die Einzeichnung der Höhenlinien (Niveaulinien, Isohypsen) statt, welche die Punkte gleicher Meereshöhe verbinden sollen. Diese Darstellungsart der Erdoberflächengestaltung gründet sich auf folgende Vorstellung: Denkt man sich durch eine Bergpartie Niveauflächen in gleichen Vertikalabständen gelegt, so schneiden dieselben die Abhänge der Berge etc. in gewissen Linien, welche die Eigentümlichkeit haben, daß alle in einer solchen Linie liegenden Punkte gleiche absolute Höhe haben. Bei Anwendung dieses Verfahrens auf kleine Terrainstücke fallen die Niveauflächen mit den entsprechenden Horizontalebenen zusammen, so daß man die Höhenlinien auch als Horizontalen bezeichnen kann. Eine Vorstellung vom Verlauf einer solchen Höhenlinie würde man ohne weiteres erhalten, wenn man die Meßtischplatte genau wagrecht stellt und über ihre Oberfläche hinweg das Terrain anzielt; jeder in dieser Zielebene erscheinende Terrainpunkt gehört derjenigen Niveaufläche an, von welcher die Oberfläche der Tischplatte einen Teil bildet. Den Höhenunterschied zweier Niveauflächen oder Höhenlinien bezeichnet man als Schichthöhe. Das Entwerfen derselben geschieht nun unter Benutzung der gemessenen Punkte und der skizzierten Leitlinien, nach dem Augenschein und erfordert nicht nur die äußerste Geschicklichkeit im topographischen Aufnehmen überhaupt, sondern auch eingehende Vertrautheit mit der Lehre von der Erdoberflächengestaltung. Es ist nun ganz unvermeidlich, daß selbst bei der größten Uebung doch gröbere Fehler hierbei mitunterlaufen, da Täuschungen, namentlich in flachwelligem Terrain, über den Verlauf der Höhenlinien nicht ausgeschlossen; setzt doch selbst die neuere L. A. Fehler von 10 m in wagrechter und 2 m in senkrechter Richtung auf normalem Terrain als zulässig voraus. Es leuchtet sonach ein, daß wir von den Höhenlinien unserer Meßtischblätter hinsichtlich der Meereshöhen nicht eine Genauigkeit von einzelnen Metern erwarten können; die Erreichung einer solchen hat jedoch auch gar nicht im Plane der topographischen Aufnahme gelegen, sofern die Höhenlinien in erster Linie die Grundlage für Bergstriche der eigentlichen militärischen Karte des Staates, der so gleich zu besprechenden Gradabteilungskarte bilden sollten, bei deren Maßstab 1:100 000 Fehler von 50 m in horizontaler und 10 m in senkrechter Richtung verschwinden. Wollte man dagegen die Höhenlinien ihrem Verlauf nach förmlich aufnehmen, so würde der Zeit- und Kostenaufwand ein enormer sein und in keinem Verhältnis mit dem Nutzen der erreichten Genauigkeit stehen¹⁾.

1) Ein Hinweis hierauf scheint notwendig, da man an die Höhenlinien der Meßtischblätter vielfach Anforderungen gestellt findet, deren Höhe in keiner Weise bei der Herstellung der Niveaulinien vorgesehen ist.

Das bei der älteren topographischen Aufnahme von Thüringen verwendete Längen- und Höhenmaß bildete der preußische Dezimalfuß; derselbe ist gleich 0,3766242 m; wir kommen auf die Umwandlung dieser Maßeinheit in das Metersystem sogleich zurück.

C. Die Ergebnisse der älteren Landesaufnahme.

Die Ergebnisse der älteren Aufnahme von Thüringen finden wir niedergelegt in den von uns jetzt noch gebrauchten Generalstabskarten und in dem Werk: Die Triangulation von Thüringen, ausgeführt in den Jahren 1851—55.

Betrachten wir von den ersteren zunächst die Meßtischblätter.

Nachdem die topographische Aufnahme des Flächenraumes eines Meßtischblattes sowie des Randgeländes auf der Platte vollendet, erfolgte die Fixierung der mit Blei ausgeführten Eintragungen durch Tusche, wobei selbstverständlich alle Richtungs- und Konstruktionslinien wegfielen und die sonstige weitere Vervollständigung der Karte. Das übrig bleibende Kartenbild wurde lithographiert und tritt uns nun in unseren Meßtischblättern entgegen.

Es entfallen auf Thüringen etwa 190 Meßtischblätter, wobei auf Thüringer- und Frankenwald 30, auf Harz mit Kyffhäuser 40 und auf den thüringischen Anteil der Rhön 20 zu rechnen.

Nimmt man ein solches Blatt zur Hand, so fallen in erster Linie die Höhenlinien ins Auge; ihr Netz mag den im Lesen derselben noch Ungeübten verwirren, hat er sich jedoch einmal damit vertraut gemacht, so wird er finden, daß es kaum eine sorgfältigere, übersichtlichere und zweckmäßigere Darstellung der Verhältnisse der Oberflächengestaltung geben dürfte. Für das Studium der letzteren finden wir zunächst eingeschriebene Höhenzahlen, welche, wie oben erwähnt, preußische Dezimalfuß bedeuten; von ihnen sind diejenigen, welche durch Δ T. P. oder Sgl. kenntlich gemachten trig. Punkten beigeschrieben, bis auf Bruchteile von Fuß bestimmt, sie beziehen sich auf die Oberfläche des allerdings meist schwer oder nicht mehr auffindbaren Festlegungssteines des trig. Punktes; dafür kann man jedoch das Terrain an jener Stelle setzen. Andere Höhenzahlen beziehen sich auf Wegekrenzungen, Ortseingänge, Terrainbrechpunkte, Leitlinien der Oberflächengestaltung, Wasserspiegel etc. und sind durch Kippregelmessung bestimmt worden. Geben uns diese beiden Arten von Höhenzahlen Aufschluß über die Höhenlage einzelner Punkte, so verschaulichen die Höhenlinien den Verlauf derjenigen Fläche, die wir als physische Erdoberfläche bezeichnet haben. Sie treten in drei Abstufungen auf. Die stark ausgezogenen besitzen eine Schichthöhe von 100 Fuß, berühren sonach diejenigen Terrainpunkte, welche 100, 200, 300 etc. Fuß über der mathematischen Erdoberfläche liegen, als welche hierbei diejenige Niveaufläche anzusehen ist, welche durch den Ostseespiegel bei Swinemünde läuft. Zwischen je zwei solcher 100' Linien finden wir eine oder drei schwächere, welche in Verbindung mit den Hauptlinien Schichthöhen von 50, bzw. 25 Fuß einschließen. Eine dritte

Stufe bilden die gestrichelten, welche zur Andeutung des Verlaufs von Höhenlinien zwischen den 25' Linien dienen, jedoch nur in flachem Terrain zur Anwendung gelangen. Im Gebirgsterain fallen auch die 25', bei sehr starker Neigung auch die 50' Linien fort, da sich hier die 100' Linien so zusammendrängen, daß man bereits aus ihnen die Neigungsverhältnisse etc. hinreichend genau entnehmen kann. Den letzteren sind in gewissen Zwischenräumen, desgleichen an ihren Randausläufen die Höhenzahlen beigeschrieben. Als Umwandlungstabelle kann man die nachfolgende benutzen.

Tafel zur Umwandlung von Preuß. Dezimalfuß in Meter.

Dez.-Fuß	Meter	Dez.-Fuß	Meter	Dez.-Fuß	Meter
1	0,4	10	3,8	100	37,7
2	0,8	20	7,5	200	75,3
3	1,1	30	11,3	300	113,0
4	1,5	40	15,1	400	150,6
5	1,9	50	18,8	500	188,3
6	2,3	60	22,6	600	226,0
7	2,6	70	26,4	700	263,6
8	3,0	80	30,1	800	301,3
9	3,4	90	33,9	900	339,0
10	3,8	100	37,7	1000	376,6

Beispiel: 1182,3 preuß. Dez.-Fuß in Meter umzuwandeln:

$$\begin{aligned}
 1000' &= 376,6 \text{ m} \\
 100 &= 37,7 \\
 80 &= 30,1 \\
 2 &= 0,8 \\
 0,3 &= 0,1
 \end{aligned}$$

$$1182,3' = 445,3 \text{ m}$$

Aus dieser Tabelle ersieht man zugleich, daß die Schichthöhe zweier 100' Linien = 38 m, zweier 50' Linien = 19 m, zweier 25' Linien = 9 m zusetzen, oder in runden Zahlen 40, 20 und 10 m. Da diejenigen Punkte, über deren Höhenlage man Auskunft wünscht, gewöhnlich nicht gerade von einer Höhenlinie getroffen werden, so wird man das Höhenintervall zwischen ihnen und den sie einschließenden Höhenlinien nach Maßgabe ihrer horizontalen Lage zu diesen abschätzen, den geschätzten Bruchteil zur unteren Höhenlinie hinzufügen und die Summe in Meter verwandeln. Allzu ängstlich braucht man hierbei nach dem, was wir über die Herstellung der Höhenlinien früher angeführt haben, nicht zu verfahren.

Es erübrigt noch auf einige sonstige Anwendungen dieser Linien hinzuweisen. Sie gestatten z. B. nicht nur die Richtung des Steigens und Fallens des Geländes an irgend einer Stelle abzulesen, sondern auch den mittleren Neigungswinkel desselben an irgend einer Stelle zu ermitteln. Man habe beispielsweise den Horizontalabstand zweier 100' Linien an einer Stelle zu 10,5 mm gemessen, so würde dies einer natürlichen Länge von $10,5 \times 25 = 263 \text{ m}$ entsprechen; für $38 : 263 = 0,144$ als trig. Tangente erhalten wir aus den trig.

Tafeln als zugehörigen Winkel $8,2^\circ$. Mithin zeigt das Gelände in dieser Richtung einen Neigungswinkel von 8° . Schneiden wir nach und nach mehrere Höhenlinien durch ebensolche Gerade, so giebt uns die so entstehende gebrochene Linie die Richtung des Wasserlaufes an der betreffenden Stelle, desgl. die jeweilige Richtung der Bergstriche oder die Richtung der stärksten Abfalles. Auf gleiche Weise ermittelt man die Linien des schwächsten Abfalles: die Kamm- und Thallinien. Weiterhin gestatten die Höhenlinien die Profilierung von Landstrichen in jeder beliebigen Richtung. Endlich kann man sie auch zur Volumberechnung von Bergmassen verwenden, indem man die Erdmasse zwischen zwei Höhengschichten als Kegelstumpf auffaßt, dessen Höhe gleich dem Schichtenabstand, dessen Grundflächen durch die von den Niveaulinien umzogenen Flächenräume dargestellt werden.

Im Hinblick auf die Vorzüge der Terraindarstellung durch Höhenlinien muß man es als einen glücklichen Umstand bezeichnen, daß die Ergebnisse der geologischen Landesaufnahme von Preußen und den Thüringischen Staaten gerade in diese Meßtischblätter eingetragen werden. Infolgedessen lassen sich geologische Höhenverhältnisse, Schichtenneigungen u. a. ohne weiteres aus den Höhenlinien ableiten.

In zweiter Linie ermöglichen die Meßtischblätter die Ermittlung der geographischen Lage der eingezeichneten Punkte. Geographische Koordinaten für irgend welche Punkte oder für die Ränder der Karte findet man leider nicht angegeben. Man kann jedoch solche durch Abmessungen ermitteln unter Zuhilfenahme des „Übersichtstableau der publizierten Meßtischblätter“ Blatt 3¹⁾. Greifen wir aus diesem Tableau ein Meßtischblatt heraus, beispielsweise Königssee (3121), so finden wir als Koordinaten für

	Breite	Länge
den unteren Rand	$50^\circ 36'$	
„ oberen „	$50^\circ 42'$	
„ linken „		$28^\circ 40'$
„ rechten „		$28^\circ 50'$

Um nun im Anschluß an diese die Koordinaten eines Punktes auf diesem Blatt zu ermitteln, teilt man den obern und untern Rand in 10, den linken und rechten in 6 gleiche Teile; durch Verbindung der entsprechenden Teilpunkte erhält man Parallelbögen und Meridianbögen von je $1'$ Abstand. Man hätte dann die Abstände des in Frage kommenden Punktes vom nächstfolgenden unteren Minutenparallel und links vorangehenden Minutenmeridian mit dem Millimetermaßstab zu ermitteln und in Meter umzuwandeln. Sodann dividiert man den südnördlichen Abstand durch 31, den westöstlichen durch 19,5 und erhält beidemal die Anzahl der Sekunden, welche zu den

1) Durch die Hofbuch- und Landkartenhandlung von Simon Schropp in Berlin zu beziehen.

Minuten zuzufügen. Hat sich das Meßtischblatt im Laufe der Zeit nicht gar zu sehr verzogen, so wird man auf solche Weise die Koordinaten bis auf wenige Sekunden genau feststellen können.

Die Kenntnis der Koordinaten zweier Punkte wird erforderlich, wenn es sich um Ermittlung von Richtung und Abstand zweier Punkte handelt, die nicht auf demselben Meßtischblatt liegen. Denken wir uns einen derselben im östlichen Thüringen, den andern auf dem Thüringer Wald und es käme darauf an, das Azimut ihrer Verbindungslinie und die Länge derselben zu ermitteln, so würde dies aus ihren Koordinaten mittels der bekannten Formeln der sphärischen Trigonometrie möglich sein und zwar der Abstand je nach der Genauigkeit, mit welcher die Sekunden der Koordinaten den Meßtischblättern entnommen werden konnten, vielleicht auf 50—100 m genau. Eine weit genauere Feststellung ist dagegen möglich, wenn es sich um zwei trigonometrische Punkte handelt. Über die Koordinaten derselben, ihre gegenseitigen Entfernungen und Richtungen finden wir Auskunft in dem alsbald zu besprechenden Werke „Die Triangulation von Thüringen“.

Die Gradabteilungskarte.

Auf Grund der Meßtischblätter wurde die sogenannte Gradabteilungskarte, als eigentliche militärische Karte des Staates, im Maßstab 1 : 100 000 hergestellt. Dieselbe ist längst vollendet und veröffentlicht; jedes Blatt derselben umfaßt den Flächenraum von sechs ganzen und drei halben Meßtischblättern oder von 30' der Länge (= 35 km) und 15' (= 28 km), mithin also einen Flächenraum von rund 1000 qkm oder 18 Qu.Meilen. Auf Thüringen im weitesten Umfange entfallen nahezu 40 Blätter, davon auf Thüringer- und Frankenwald etwa 7, auf Harz und Kyffhäuser 8. Die Randkoordinaten sind hierbei in jeder Ecke angegeben; wie man sodann aus ihnen die Koordinaten irgend eines Punktes entnehmen kann, ist nach dem hierüber bei den Meßtischblättern Gesagten leicht einzusehen. Da 1 mm der Karte gleich 100 m natürlicher Länge, so kann man auf den thüringer Blättern für Ueberschlagsrechnungen 1 mm = $3\frac{1}{3}$ " in Breite und = 5" in Länge annehmen. Die Oberflächengestaltung ist auf dieser Karte durch Bergstriche dargestellt, für deren Herstellung die Höhenlinien der Meßtischblätter die Grundlage lieferten. An Höhenangaben finden wir nur die Höhenzahlen (Dezimalfuß) der Hauptpunkte, sodaß sich diese Karte für Höhenermittelungen nicht in dem Maße eignet wie die Meßtischblätter.

In der Benennung ist nun seit den siebziger Jahren eine Änderung eingetreten. Im Jahre 1878 nämlich wurde seitens hierzu einberufener Bevollmächtigter der größeren deutschen Staaten beschlossen, die Herstellung einer Karte des deutschen Reiches im Maßstab 1 : 100 000 nach Art der preussischen und sächsischen Gradabteilungskarte zu bewerkstelligen und es führen nunmehr auch unsere älteren Gradabteilungskarten bereits diesen Namen. Ihre Voll-

endung für das ganze Reich dürfte in den ersten Jahrzehnten des folgenden Jahrhunderts zu erwarten sein, bis dahin haben die verschiedenen Kartenwerke, die wir eingangs als Generalstabskarten kennzeichneten, als Aushilfe zu dienen. Für den östlichen und nördlichen Teil der preußischen Monarchie, woselbst die Neuaufnahme bereits beendet, werden diese Kartenblätter des deutschen Reichs bereits veröffentlicht; die Veröffentlichung der neuen Karten für Thüringen erfolgt vielleicht am Ende dieses Jahrhunderts. Hinsichtlich der Benennung der einzelnen Blätter, gilt wie bei den Meßtischblättern die Regel, sie nach dem Hauptort zu bezeichnen, was allerdings den Uebelstand zur Folge hat, daß letzterer sehr oft nicht in der Mitte, sondern ganz nahe dem Rande oder in einer Ecke zu suchen. Leser, welche die Verteilung der Blätter über das ganze Reich kennen zu lernen wünschen, verweisen wir auf das „Übersichtstabelleau der Karte des deutschen Reiches 1).“

Die offizielle Publikation über die ältere Landesaufnahme von Thüringen: Die Triangulation von Thüringen, ausgeführt in den Jahren 1851—55.

Da dieses Werk bis zur Veröffentlichung der Ergebnisse der neuen Triangulation das einzige Nachschlagewerk für genauere Ortsangaben bildet 2), lassen wir eine Inhaltsübersicht desselben folgen:

Im Vorwort finden sich einige Angaben über Einteilung der Triangulation, Instrumente, Konstanten, Meßeinheiten und Rechenmethoden.

Der I. Abschnitt enthält die Ausgleichungen der Beobachtungen auf den früher erwähnten Punkten II. O. I. Klasse aus den Jahren 1851—55. Diese Rechnung hat für uns weniger Interesse, als ihre Ergebnisse: gegenseitige Entfernungen und Richtungen der Punkte am Schluß jedes Abschnitts zusammengestellt.

Im II. Abschnitt finden wir die gegenseitigen Entfernungen und Richtungen der übrigen Punkte II. O.

Der III. Abschnitt enthält das gleiche für die Punkte III. O.

Im IV. Abschnitt ist die Höhenermittelung der Punkte I. u. II. O. behandelt. Die Höhenangaben (Toisen) beziehen sich auf das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde, welches nach neueren Feststellungen 0,023 m unter Normal Null (oder dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels, vgl. Seite 84) gelegen; da ferner von den im Buche angegebenen Höhen laut Vorwort infolge späterer Berichtigung 0,048 Toisen = 0,094 m abzuziehen, so müssen wir, wenn wir die Höhenangaben auf den heutzutage allgemein angenommenen Horizont Normal Null beziehen wollten, eine Verbesserung von $+ 0,023 - 0,094 = - 0,07$ m an den in Meter umgewandelten Höhenangaben anbringen, also durchgängig 0,07 m abziehen. Diese kleine Reduk-

1) Gratis zu beziehen von Simon Schropp, Berlin. Der Preis eines Meßtischblattes stellt sich auf 1 Mark, eines Blattes der Karte des deutschen Reiches auf 1,50 Mark, der geolog. Karte nebst Erläuterungen auf 2,50—3 Mark.

2) Dasselbe ist wohl in allen Thüringer Bibliotheken vorhanden.

tion kann man jedoch mit Rücksicht auf die Unsicherheit jener Höhenbestimmung überhaupt gänzlich außer Acht lassen und die Zahlen so nehmen, wie sie sind.

Der V. Abschnitt zeigt uns die Höhenbestimmung der Punkte III. O. im Anschluß an diejenigen II. O. unter nochmaliger Hinzufügung der Entfernungen.

Endlich finden wir im VI., dem Hauptabschnitt, die Koordinaten ¹⁾ und Höhen sämtliche 950 trig. Punkte in Thüringen tabellarisch zusammengestellt, unter genauer Angabe derjenigen Stelle am trig. Punkt, auf welche die gemachten Angaben sich beziehen, also bei trig. Signalen die Festlegungssteine, bei Kirchtürmen die Knöpfe, bei Häusern die Giebel u. s. w.; in den beiden letzten Fällen würde man also, um die Höhe des Terrains zu erhalten, erst noch die Bodenhöhe des trig. Zielpunktes durch besondere Messung feststellen müssen.

Die sechs Figurentafeln enthalten Skizzen über die Festlegung einiger Punkte; mehr wird uns das Übersichtsblatt im Maßstab 1 : 285 000 interessieren, welches die Triangulationsnetze I. und II. Ordnung veranschaulicht.

Mit Rücksicht darauf, daß in dem Werke sämtliche Längen- und Höhenangaben in Toisen gegeben, lassen wir eine kurze Umwandlungstabelle folgen.

Toisen	Meter	abgerundet
1	1,949037	1,95
2	3,898073	3,90
3	5,847110	5,85
4	7,796146	7,80
5	9,745183	9,75
6	11,694220	11,69
7	13,643256	13,64
8	15,592293	15,59
9	17,541329	17,54
10	19,490366	19,49

Beispiel: Für den Knopf des Fuchsturmes bei Jena finden wir angegeben 208,368 Toisen: Umwandlung in Meter:

200	Toisen	=	389,81 m
8	"	=	15,59 "
0,3	"	=	0,58 "
0,06	"	=	0,12 "
0,008	"	=	0,02 "
208,368	Toisen	=	406,12 m

1) An diesen hätte man, unter Berücks. der neueren Best. der Koord. der ehemaligen Sternwarte zu Seeberg, allenfalls noch die Verbesserungen anzubringen: für die Breiten — 1", für die Längen — 11"; es erscheint jedoch zweckmäßig, hiervon abzusehen.

Als geographische Koordinaten sind auf S. 180 angegeben

$$\varphi = 50^{\circ} 50' 28'',81$$

$$\lambda = 29 \quad 15 \quad 0,05 \text{ östl. v. Ferro}$$

Dies giebt

$$11 \quad 35 \quad 15,05 \text{ östl. v. Greenw.}$$

* *

Überblick über den Stand der Landesvermessungen in Deutschland um die Mitte dieses Jahrhunderts.

Es erübrigt noch, einen kurzen Blick auf den Stand der Landesvermessungsarbeiten am Schluß dieser Aufnahmeperiode in Preußen sowie in den Nachbarstaaten zu werfen.

Zunächst erinnern wir uns, daß eine älteste nahezu allgemeine Aufnahme der preußischen Monarchie während der Jahre 1818—30 stattgefunden hatte. Die aus derselben hervorgehenden Karten zeigten verschiedene Maßstäbe; diejenigen der Rheinprovinz den Maßstab der Nachbarländer Frankreich und Belgien 1 : 86400, diejenigen der östlichen Landesteile 1 : 100 000. Für einige Landesteile (Prov. Pommern und Preußen) waren noch ältere, genügende Karten, die Gillische und Schröttersche vorhanden, welche die Neubearbeitung ersparten.

Eine zweite Aufnahmeperiode beginnt mit dem Jahre 1830 und fand 1865 ihren Abschluß. Während derselben wurden aufgenommen die Provinzen

Posen (südöstliche Hälfte)	1830—32
Pommern	1833—38
Brandenburg	1833—45
Westfalen	1836—42
Rheinprovinz	1843—50
Sachsen und Thüringen	1842—59
Hohenzollern	1858
Preußen	1860
Grafschaft Glatz	1865

In den vier letzten Landesteilen erfolgte die topographische Aufnahme unter Anwendung der seit 1842 eingeführten Darstellung der Oberflächengestaltung durch Höhenlinien. Die Meßtischblätter wurden zwecks Herstellung einer handlicheren Karte auf kleinere Maßstäbe reduziert und zwar in der Rheinprovinz unter Rücksicht auf den nunmehr in den Nachbarländern Frankreich und Belgien angewendeten Maßstab auf 1 : 80000 (die heute noch daselbst benutzten Generalstabskarten), in den übrigen Teilen der Monarchie auf den Maßstab 1 : 100 000 (unsere Gradabteilungskarten). Im allgemeinen entfielen bei den Aufnahmen dieser Vermessungsperiode auf den Raum einer Qu.Meile drei trigonometrische Punkte, sonach auf das Gebiet eines Meßtischblattes etwa 7; nach dem früher Gesagten bildeten sonach diese wenigen Anhaltspunkte die Grundlage für das Auftragen der topographisch aufgenommenen Punkte nach geographischer und Höhenlage.

Fassen wir nunmehr ganz kurz die Dreiecksnetze der Thüringischen Nachbarstaaten ins Auge, so finden wir zunächst in Sachsen ein trigonometrisches Netz, welches von 1780—1811, sodann nach 10-jährigem Stillstand infolge des Krieges von 1821—25 vermessen worden war. Auf diesem Netz als Grundlage beruhen die Blätter der 1863—1873 herausgegebenen sächsischen „Gradabteilungskarte“ im Maßstab 1:100 000. Die ursprünglichen Aufnahmeblätter wurden, nur in je zwei Exemplaren vorhanden, äußerst geheim gehalten und standen nicht einmal allen höheren Offizieren zur Verfügung. Die Karten hiervon, welche den westlichen Teil des Landes (Thüringen) behandelten, fielen in der Schlacht bei Jena in die Hände der Franzosen, wurden jedoch später wieder zurückgegeben.

In Bayern hatte eine Landestriangulation während der Jahre 1808—1853 stattgefunden; dieselbe diente dem topographischen Atlas von Bayern (Karten im Maßstab 1:50 000), vollständig erschienen bis zum Jahre 1867, als Grundlage.

Im Westen stieß die thüringische mit der Kurhessischen Triangulation zusammen, welche während der Jahre 1821—24 begonnen und 1835—38 größtenteils beendet wurde. Die topographische Aufnahme lieferte Höhengichtenkarten im Maßstab 1:25 000 mit roten Höhenlinien und aus diesen reduziert eine topographische Karte im Maßstab 1:50 000.

Endlich haben wir noch kurz auf das Netz der von Gauß in den Jahren 1823—25 ausgeführten Hannöverschen Gradmessung hinzuweisen, dessen eine Seite, wie erwähnt, als Grundlage für die Längenbestimmung unserer älteren Thüringer Landesaufnahme benutzt wurde. Die Grundlinie dieses Netzes wurde von Gauß bei Göttingen gemessen. Das Netz selbst erstreckte sich vom Inselsberg bis nach Hamburg und besaß 22 Dreieckspunkte.

DRITTER ABSCHNITT.

Die neue Landesaufnahme in Thüringen.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Die siebziger Jahre brachten auch im staatlichen Vermessungswesen Preußens einen gewaltigen Umschwung, welcher sich insbesondere auszeichnet einestheils durch die einheitliche Regelung sämtlicher staatlicher Vermessungen, andererseits durch eingreifende Neugestaltungen innerhalb derselben. Zum Verständnis der mannigfachen Vermessungsoperationen, die wir in Mitteldeutschland seither zu verfolgen Gelegenheit hatten und noch haben werden, erscheint es notwendig, eine Reihe allgemeiner Vorbemerkungen über das Wesen und Einteilung der staatlichen Vermessungen in Preußen überhaupt, sodann über die Arbeiten der neuen Landesaufnahme insbesondere voranzuschicken.

I. Die Verteilung der staatlichen Vermessungen in Preußen.

Die derzeitige Verteilung der Vermessungsarbeiten innerhalb der Preussischen Monarchie ist folgende:

Die Königliche Landesaufnahme, 1875 eingerichtet und hervorgegangen aus der bis dahin bestehenden „Topographischen Abteilung des Großen Generalstabes, verfolgt zwei Ziele: einerseits soll sie eine einheitliche, für militärische wie technische Zwecke brauchbare Karte des Staatsgebietes herstellen und diese durch stete Konstatierung und Nachtragung aller seit der Aufnahme erfolgten Situations- und Terrainänderungen mit dem gegenwärtigen Zustand im Einklang erhalten; andererseits schafft sie durch die von ihr der Lage und Höhe nach bestimmten Punkte eine Grundlage für alle übrigen staatlichen Messungen. Sie gliedert sich in:

1. Die Trigonometrische Abteilung. Diese legt das Dreiecksnetz über den aufzunehmenden Landesteil und berechnet unter Zugrundelegung des Besselschen Ellipsoides die Koordinaten der aufgenommenen Punkte. Ferner führt sie die Haupthöhenbestimmung aus, nämlich solcher Punkte, welche auf längere oder unabsehbare Zeit hinaus eine Beibehaltung ihrer Lage abwarten lassen, wie Höhenmarken an Kirchen und Häusern, Festlegungssteine der trig. Punkte, sowie der eigens für die Nivellements eingesetzten Steine. Diese Höhenbestimmung erfolgt zunächst durch Präzisionsnivellements, sodann im Anschluß an deren Festpunkte durch trigonometrische Höhenmessungen.

2. Die Topographische Abteilung, welcher die Detailaufnahme des Geländes zwischen den trig. Punkten zufällt im Anschluß an diese und zwar mittels Meßtisch mit Kippregel und Distanzlatte.

3. Die Kartographische Abteilung, zu welcher noch die Photographische Abteilung und die sogenannte Plankammer, das Repositium aller Generalstabskarten, hinzukommt, welche letztere unter anderem auch den buchhändlerischen Vertrieb der Karten zu regeln hat. Wie der Name besagt, ist die Hauptaufgabe der dritten Abteilung die technische Herstellung der Generalstabskarten und sonstige Verarbeitung derselben.

Lassen sich nach dem Gesagten die Arbeiten der Landesaufnahme zusammenfassen als: Darstellung und Vermarkung der Erdoberflächengestaltung im Aufnahmegebiet und Einfügung desselben in das geographische Koordinatennetz, so verfolgen die Arbeiten einer anderen staatlichen Vermessungsinstitution:

Des Katasters die Ermittlung und Darstellung der Besitzverhältnisse, sowie die Vermarkung derselben, wobei alle diejenigen Vermessungsarbeiten zur Anwendung gelangen, welche die niedere Geodäsie umfaßt. Hierbei bedarf es auch der Verwendung eines größeren Maßstabes (bis zu 1:500). Die Grundlinien oder sonst für die Dreiecksmessungen erforderlichen bekannten Längen erhält die

neuere Katastermessung, sofern sie in Gebieten stattfindet, deren trig. Aufnahme durch die Landesaufnahme bereits erfolgt und veröffentlicht ist, aus den durch letztere berechneten Koordinaten der trig. Punkte, an welche jene anschließt; desgleichen die Höhenangaben für die Nivellementsanschlüsse. — Weiterhin gehören hierher die Vermessungen für forstliche oder technische Zwecke, z. B. Eisenbahn-nivellements.

Einen mehr internationalen Charakter besitzen endlich die Arbeiten des

Königl. Geodätischen Institutes zu Berlin, auf Anregung des General Bayer ins Leben gerufen 1868, zugleich Centralbureau der Internationalen Erdmessung¹⁾. Dasselbe verfolgt insbesondere die Erforschung der Erdgestalt, vorzugsweise innerhalb der Monarchie und angrenzender Landesteile. Zu seinen Arbeiten gehören hier-nach: Astronomische Bestimmungen der Lage der Lotrichtungen an möglichst vielen geeigneten, durch geodätische Messung miteinander verbundenen Punkten der Landes und der Nachbarländer; astronomische Orientierungen des geodätischen Netzes; Bestimmungen der Intensität der Schwere; Untersuchung der mittleren Lage und Schwankungen des Meeresspiegels an den Küsten; Untersuchungen über die Strahlenbrechung; über die Hilfsmittel und Methoden der vorgenannten Arbeiten; rechnerische Verbindung der astronomischen und physikalischen Arbeiten mit den geodätischen. Für seine Untersuchungen bedient es sich stets eigener Netze und Grundlinien, teils derjenigen der Landesaufnahme; dasselbe gilt von den Nivellements, von denen übrigens die seitens des Geodätischen Institutes ausgeführten auf Eisenbahnlinien ziehen im Gegensatz zu den von der Landesaufnahme durchgängig auf Straßen geführten Nivellements-zügen. Die Dreieckseiten haben im allgemeinen größere Länge als diejenigen der neueren Landes-aufnahme und erreichen in der Seite Inselsberg-Brocken eine solche von 106 km.

Die Arbeiten dieser drei Gattungen staatlicher Vermessungen werden im großen und ganzen geregelt durch das

„Zentraldirektorium der Vermessungen im Preu-ßischen Staate“ zu Berlin. Dasselbe setzt sich zusammen aus dem jeweiligen Generalstabschef als Vorsitzenden und den Kom-missarien der einzelnen Ministerien und hat als Aufgabe:

1. Die Organisation, Leitung und Überwachung aller staatlichen Aufnahmen; die Feststellung der hierbei zu Grunde zu legenden An-forderungen und Methoden; die Verteilung der Arbeiten zur Ver-meidung von Doppelarbeiten.

2. Die Registrierung aller dieser Arbeiten und deren Aufbewah-

1) Auch diese verdankt ihre Begründung dem General Baeyer. Derselbe ver-öffentlichte 1862 den ersten „Generalbericht über den Stand der mitteleuropäischen Gradmessung“, an welcher sich bis dahin 15 Staaten beteiligten. Diese erweiterte sich 1867 zur „Europäischen Gradmessung“, 1886 zur „Internationalen Erdmessung“.

rung; es bildet somit die oberste Auskunftsbehörde in Fragen nach Karten, Lage und Höhe etc.

Diese einheitliche Organisation des Vermessungswesens wurde jedoch erst während der siebziger Jahre geschaffen und hat selbstverständlich in Norddeutschland nur für die preussischen Landesteile die volle Geltung.

II. Die neue Landesaufnahme in Preußen.

Eine der ersten Maßnahmen des 1870 eingesetzten „Zentraldirektoriums der Vermessungen“ war die Anordnung einer neuen Landesaufnahme. Dieselbe sollte pro Quadratmeile zehn im Terrain versteinte (d. h. durch Festlegungssteine vermerkte) trigonometrische Punkte schaffen, welche, gesetzlich dadurch geschützt, daß ihr Umgebungsterrain inden Besitz des Staates überging eine dauernde Grundlage für alle weitere in staatlichem Interesse auszuführenden Messungen irgend welcher Art bilden sollten. Für die topographische Aufnahme war die bisherige Methode und der Maßstab 1 : 25 000 beizubehalten. Zu ihrer jetzigen Organisation gelangte das Institut der seitdem so benannten Landesaufnahme, als eines Teiles des Großen Generalstabes, im Jahre 1875. Ehe wir nun ihre Thätigkeit in Thüringen verfolgen, ist es notwendig, einen allgemeinen Überblick über die Arbeiten derselben, insbesondere ihrer ersten Abteilung, vorausszuschicken.

A. Die Arbeiten der Trigonometrischen Abteilung.

1. Einteilung und Anordnung der Triangulation.

Die neue Haupttriangulation unterscheidet sich von der älteren einerseits durch die mehr als verdreifachte Anzahl der trigonometrischen Punkte, andererseits durch den äußerst regelmäßigen, durchsichtigen Aufbau, und damit in Zusammenhang stehend, eine nahezu gleichmäßige räumliche Verteilung der Punkte, wie dies sogleich in die Augen fällt, wenn man z. B. das ältere thüringische Netz der Punkte I. O. und II. O. 1. Kl. mit dem auf der Karte eingezeichneten vergleicht. Diesen Aufbau zeigten bereits verschiedene der älteren Triangulationen im Osten; da dieselben auch den anderweitigen Ansprüchen genügten, so wurden sie zum Gesamtnetz der neuen Landestriangulation mit herübergezogen, so daß wir in jenen Landesteilen Arbeiten verwendet finden, die bis in die 30er Jahre zurückdatieren. — Die Triangulation zerfällt wie früher in Triangulation I., II. und III. Ordnung. Diejenige I. O. liefert das Grundnetz zur Bestimmung aller übrigen; mit ihr haben wir uns dementsprechend etwas eingehender zu beschäftigen.

Je nach der Aneinanderfügung der Dreiecke unterscheidet man in ihr Dreiecksketten und Dreiecksnetze. In den Ketten reiht sich in geradem oder gebrochenem Zuge Dreieck an Dreieck¹⁾;

1) Vgl. auf der Karte das Bruchstück der hann.-sächs. Dreieckskette.

sie umspannen im Westen ganze Provinzen. Den leeren Raum zwischen den Ketten füllen die Netze aus. Die Dreiecke der Ketten, die die Anschlußseiten für die Netze liefern, bezeichnet man als Hauptdreiecke, diejenigen der Netze als sekundäre Dreiecke I. O.; dementsprechend auch ihre Punkte. Als dritte Stufe kommen sog. Zwischenpunkte hinzu, welche in die Ketten- und Netzdreiecke eingefügt, die Herstellung kürzerer Anschlußseiten für die Triangulation II. O. bewirken sollen¹⁾.

Die neue Triangulation I. O. umfaßt 18 Ketten und 8 Netze²⁾; hierzu treten noch die sechs Anschlüsse an Österreich (nördl. v. Gessenke), Rußland (b. Tarnowitz), Dänemark (Rügen-Fehmarn-Falster), die Niederlande (Aurich-Norderney-Borkum u. b. Bentheim) und Belgien (b. Aachen). Versuchen wir, soweit dies ohne Karte möglich, uns einen Überblick über das Gesamtnetz zu schaffen, wobei, ohne Rücksicht auf die zeitliche Reihenfolge, von der Reichshauptstadt ausgegangen werden soll. Von der Gegend südwestlich Berlin gehen vier Hauptketten aus:

1) Die Kette der „Küstenvermessung“ (gemessen 1837—46) welche sich bei Stettin in zwei Arme spaltet, deren einer bis Rügen zieht, während der andere bei Königsberg an die Kette der „Gradmessung“ in Ostpreußen anschließt, dem klassisch gewordenen Erdmessungswerk Bessels 1832—34. An die Küstenvermessung reiht sich bei Stettin ostwärts die „Dreieckskette 1865“ bis zur „Weichselkette“, welche von Thorn ab der Weichsel bis zur Küstenvermessung folgt.

2. Die „Märkisch-Schlesische Kette“ (1868—72), welche am Zobten und Schneeberg in die „Schlesische Kette“ übergeht. Nördlich Liegnitz schließt an erstere an die „Schlesisch-Posensche Kette“, welche westlich Bromberg die oben erwähnte „Dreieckskette 1865“ trifft. Jenseit derselben zieht bis zur Küstenvermessung in der Danziger Gegend die „Dreieckskette 1867“. Das Gebiet östlich der Weichselkette und Gradmessung in Ostpr. umspannen die „Dreiecksketten 1861—62; 1859; 1858.“ Der Raum zwischen der Küstenvermessung und Schlesisch-Posenschen Kette wird vom „Märkischen Netz“, östlich letzterer von den Schlesisch-Posenschen Netzen ausgefüllt.

3. Die „Elbkette“ (1856, 1874—75) bis zur Hamburger Gegend, woselbst sie an die „Schleswig-Holsteinsche Kette“ anschließt. Das mecklenburgische Gebiet nimmt die „Meklenburgische Landesvermessung“ ein.

4. Die „Hannöversch-Sächsische Kette“ (1880—81), welche vom

1) Auf der Karte die Punkte ohne ausgezogene Richtungslinien. Sie sind meist durch Winkelmessungen von den Eckpunkten des Dreiecks, in welchem sie liegen, bestimmt worden und bilden mitunter, wie z. B. Vierzehnheiligen, Riechh. Berg, Fahnerhöhe, Milseburg die Ausgangspunkte zur Bestimmung weiterer benachbarter Zwischenpunkte.

2) Diese findet man dargestellt in den Übersichtsblättern der Publikation: „die kgl. preuß. Landestriangulation: I. Verzeichnis der Druckwerke etc. II. Die Dreiecksmessung. I. O. 1876—1887. III. Die Ergebnisse etc.“ Berlin 1887.

Golmberg und Hagelsberg, den Hauptgipfeln des Fläming, durch die Provinz Sachsen, Nordthüringen, dann von Göttingen ab in nördlicher Richtung bis Lüneburg zieht, um hier an die Elbkette wieder anzuschließen. Beide umspannen das „Sächsische Netz“; der Südrand der Hann.-Sächs. Kette lieferte die Anschlußseiten für das „Thüringische Netz“ (1888—89). Den Westen der Monarchie nehmen zwei Ketten ein, welche analogen Bau mit der eben erwähnten besitzen: die „Hannoversche Kette“ (1882—85), welche bei Göttingen an vorige anschließt, im weitem Verlauf bis zur niederländischen Grenze (Münster-Aurich) herantritt und an der Elbmündung die Elbkette erreicht und das „Wesernetz“ umspannt; ferner die „Rheinisch-Hessische Kette“ (1889—91); sie beginnt am Meisner und Inselsberg, überschreitet an der Mainmündung den Rhein, zieht bis Luxemburg, dann nördlich über Aachen bis Wesel und trifft nach Osten gewendet in der Soester Gegend auf die Hannoversche Kette. Beide umschließen das „Nieder-rheinische Netz“. An die Rhein.-Hessische Kette reiht sich südlich das „Pfälzische Netz“, endlich die „Elsaß-lothringische Kette“ (1876) an.

2. Die Basismessung.

Zur Berechnung der Seitenlängen in den Ketten wurden in bestimmten Teilen des Vermessungsgebietes im durchschnittlichen Abstand von etwa 400 km Grundlinien gemessen und zwar:

	die Basis von	gemessen im Jahre	Länge
für den Osten und Norden	Königsberg	1834	1,8 km
	Berlin	1846	2,3 „
	Strehlen (Schlesien)	1854	2,8 „
	Braak (Schl.-Holst.)	1871	5,9 „
für die Mitte, Westen und Südwesten	Göttingen	1880	5,2 „
	Obergheim (Els.-Lothr.)	1877	7,0 „
	Meppen	1883	7,0 „
	Bonn	(1892 noch zu messen)	

Ihre Anzahl und räumliche Verteilung soll ein Anwachsen der Unsicherheit der berechneten Seitenlängen über $\frac{1}{100.000}$ derselben verhindern. In welcher Weise die gemessene Basis einer Kette einverleibt wird, ergibt sich aus der Betrachtung des Göttinger Basisnetzes auf der Karte. Die kleine doppelt gezeichnete Linie stellt die Basis selbst dar. Durch Winkelmessungen auf ihren Endpunkten und den trig. Punkten Hohenhagen und Gleichen ergab sich die Entfernung dieser beiden letzteren, welche nun weiterhin als Grundlinie diente für die Entfernung Ahlsburg-Meisner. Erst diese Seite bildet eine der Hauptdreiecksseiten in der Kette, sie stellt zugleich die Anschlußseite der Hannoverschen an die Hannov.-Sächsische dar.

Die Messung der Basis für die Hann.-Sächsische Kette ist für uns insofern von Interesse, als an letztere unser Thüringer Netz angeschlossen worden, daher auf jene etwas weiter eingegangen

werden soll. Die Messung einer Grundlinie erfordert möglichst ebenes, horizontales und zugängliches Terrain; die Richtung wird vorher genau abgesteckt, da jede Abbiegung aus ihr ein Zuviel im Resultat liefert. An ihren Endpunkten werden Steinplatten versenkt, welche auf eingelassenem Metall in dem Schnittpunkt zweier eingerissener Geraden die eigentlichen Endpunkte tragen. Über ihnen sind Gerüste mit Beobachtungsständen aufgestellt für die Absteckung der Grundlinie. Für die Messungen nun müssen jene eingerissenen Endpunkte über der Erdoberfläche körperlich dargestellt werden, was durch Heraufloten geschieht, früher mittels wirklicher Lote, neuerdings mit Hilfe des im rechten Winkel zur Grundlinie aufgestellten Theodoliten. Zur Basismessung selbst verwendete man in Preußen zwei Typen von Basisapparaten: den Besselschen und den Brunnerschen. Der von Bessel, welcher bei den meisten neueren Grundlinien der L.-A. Anwendung gefunden, hat in groben Umrissen folgende Einrichtung. Auf eisernen Böcken von halber Manneshöhe, in der Messungsrichtung nach einander aufgestellt, sind vier Holzkästen aufgelegt, als Behälter für die Meßstangen, deren Enden aus den Kästen hervorragen. Eine jede Meßstange besteht aus zwei übereinanderliegenden Stangen, einer eisernen von 2 Toisen = 4 m) Länge, 26 mm Breite, 7 mm Dicke und einer ihr aufliegenden Zinkstange von der halben Breite. Beide sind an dem einen Ende miteinander verlötet, im übrigen durch Rollen getrennt. Am anderen Ende endet die Zinkstange in eine horizontale Schneide aus, deren Abstand von einer der Eisenstange daselbst aufgeschraubten lotrechten Schneide gemessen werden kann. Dieser Abstand ändert sich mit der Temperatur und hat für jeden Wärmegrad einen ganz bestimmten Wert; sonach läßt sich aus ihm jederzeit die Temperatur der betreffenden Meßstange ableiten, welche gebraucht wird zur Reduktion der Stangenlängen auf ihre normale Länge bei Null Grad. Durch besondere Vorrichtungen lassen sich die Stangen in die Messungsstrecke einrücken und auch nahezu wagrecht stellen; die übrig bleibenden kleinen Neigungen werden durch Libellen gemessen. Die Basismessung geht nun in der Weise vor sich, daß eine Stange an die andere angereiht wird; nachdem zunächst alle vier auf die Böcke aufgelegt und ihre Zwischenräume sowie Abstände der Eisen- und Zinkschnitten jeder Stange gemessen, wird die erste wieder an die vierte gereiht; es sind sonach immer drei liegende Stangen zur Sicherung vorhanden. Die Messung der oben erwähnten Zwischenräume erfordert die äußerste Sorgfalt und Genauigkeit und erfolgt in der Weise, daß man kleine Glaskeile, auf denen eine Linienteilung ($1'' = 2,3 \text{ mm}$) aufgetragen, zwischen die Schnitten einschiebt. Aus der Länge der eingeschobenen Keilstrecke ergibt sich sodann der Abstand der Stangenenden und zwar lassen sich auf diese Weise durch Schätzung noch 0,003 mm des Abstandes messen. Nun ist die normale Länge der Eisenstangen (bei Null Grad) aus zahlreichen Vergleichen mit Normalmaßen bekannt; ferner läßt sich aus dem jeweiligen Abstand von Eisen- und Zinkende die Temperatur und

daraus der Überschuß über die normale Länge ableiten; endlich wird aus der Libellenablesung die Ablotung der schief gemessenen Strecke auf die Horizontale erhalten. Die Addition der so reduzierten Stangenlängen und ihrer Zwischenräume ergibt die Länge der Basis. Die Göttinger Basis erforderte 1315 Stangenlagen, welche hinwärts in vier, rückwärts in zweieinhalb Tagen bewerkstelligt wurden. Das Personal bestand aus 15 Offizieren etc. und 50 Arbeitern (Pionieren und Infanteristen); die große Arbeitsleistung von 2 km pro Tag stand im Vergleich zu dem bedeutend größeren Aufwand anderer Basismessungen bis dahin unerreicht da.

Die Zahl der in Europa für die Zwecke von Landestriangulationen seit 1809 gemessenen Grundlinien beträgt rund 100, von denen auf Deutschland 14, Österreich 19, die Schweiz 5 und Rußland 20 entfallen. Die Längen schwanken zwischen 1 und 20 km.

Zur Vergleichung der Genauigkeit dieser Basismessungen dient der für eine Strecke von 1 km zu fürchtende mittlere Fehler, der sog. Kilometerfehler. Ist irgend eine Größe zweimal gemessen worden, so gilt als wahrscheinlichster Wert derselben bekanntlich das arithmetische Mittel aus beiden Werten. Der mittlere Fehler einer jeden dieser Messungen oder ihre Unsicherheit wird dann erhalten durch Division des Widerspruchs beider Messungen mit $\sqrt{2}$, während die Unsicherheit des Mittelwertes gleich der Hälfte des Widerspruchs zu setzen. Bei Längenmessungen (und Nivellements) ergibt sich sodann der mittlere Fehler pro Kilometer durch Division obiger Werte mit der Quadratwurzel aus der Anzahl der gemessenen Kilometer. Werden mehrere Strecken, welche mit bestimmten Kilometerfehlern behaftet sind, aneinandergereiht, so z. B. bei der Göttinger Basis 33 Strecken, so ist der mittlere Fehler pro Kilometer der Gesamtstrecke gleich der Quadratwurzel aus dem Quotienten: Summe der Quadrate der einzelnen Kilometerfehler dividiert durch ihre Anzahl. In dieser Weise sind die Angaben der folgenden Tabelle abgeleitet worden, welche eine Übersicht über die mittleren Kilometerfehler bei einigen Basismessungen giebt.

Jahr	Basis	Länge	Kilometerfehler der einzelnen Messung
1736	Jarouqui in Peru	12 km	+ 16,4 mm
1736	Tornea in Lappland	15 „	20,2 „
1834	Königsberg	1,8 „	2,8 „
1846	Berlin	2,3 „	1,6 „
1862	Josephstadt	2,8 „	3,6 „
1880	Göttingen	5,2 „	0,6 „

3. Die Auswahl der trig. Punkte oder die Rekognoszierung¹⁾.

Die Rekognoszierung bildet den wichtigsten Teil der ganzen Triangulation I. O., da Fehler und Unterlassungen hierbei sich später nicht wieder gut machen lassen und Arbeitskräfte wie Geldmittel auf Jahrzehnte hinaus binden. Sie beginnt auf den Anschlußpunkten

¹⁾ Auszug aus: Techn. Betrieb der Feldarbeiten der Triang. I. O. bei der trig. Abt. der preussischen L.-A., von Vermessungsdirigent Erfurth. Zeitschr. f. Vermessungsw. 1887.

bereits vorhandener Konfigurationen und schreitet nach innen vorwärts. Ihre Vorarbeiten beginnen, nachdem die Triangulation eines Gebietes angeordnet worden ist, bereits im Winter vor Beginn der eigentlichen Operationen im Generalstabsbureau zu Berlin, seitens des Vermessungsdirigenten der Rekognoszierung. Diese Vorarbeiten bestehen erstens in Kartenstudien des betreffenden Gebietes und Einzeichnung der bereits vorhandenen Aufnahmen; weiterhin Studien über die früheren Aufnahmen daselbst nach den Akten, Tagebüchern, Rechnungen etc., aus denen alles, was der neuen Aufnahme zu Gute kommen könnte, herausgezogen wird. Endlich lassen sich auf Grund dieser Vorstudien bereits Entwürfe für das Netz der neuen Triangulation aufstellen.

Für die Auswahl gelten nun die Gesichtspunkte erstens, daß die ausgewählten Punkte rundum und möglichst weit sichtbar sind, ferner daß die gegenseitigen Abstände je dreier benachbarter bestimmte Grenzen einhalten, sofern nämlich die Dreiecksseiten I. Ordnung im allgemeinen eine Länge von 20—50 km besitzen sollen und nur in den Ketten diese überschreiten. Zur Feststellung des Gesichtskreises wird ein Rekognoszierungstisch bei freien Berggipfeln auf dem Boden aufgestellt. Auf den bewaldeten müssen entweder Bäume erklettert oder mehrere Leitern, seitlich mit Tauen verankert, aufeinandergesetzt werden, bis sie den Wald überragen. Mitunter schreitet man auch zum Aufbau eines provisorischen Umschaugerüstes, wie z. B. auf dem Luftschiff östlich Jena vor 4 Jahren ein solches stand. Sollen Kirchtürme als trig. Punkte I. (u. II.) Ordnung Verwendung finden, so müssen diese oft erst durchbrochen oder mit Holzgalerien versehen werden. Es werden dann mittels eines kleinen Theodoliten die Richtungen sämtlicher für die Triangulation in Frage kommenden Punkte, wie trig. Signale, Türme, Windmühlen, Bergkuppen, Punkte, wo etwa näherer Horizont aufhört und entfernterer anfängt, vorläufig festgestellt. Dabei handelt es sich öfter auch um Ermittlung der gegenseitigen Sichtbarkeit von Bergen unter Benutzung von Formeln hierfür, in welche die Meereshöhen der drei dabei in Frage kommenden Punkte und ihre ungefähren Abstände einzusetzen. Nachdem so die Feldarbeiten auf den bei der folgenden Triangulation eventuell in Frage kommenden Punkten erledigt, erfolgt im Winter darauf die weitere Verarbeitung des gewonnenen Materials seitens des Chefs der trig. Abteilung der Landesaufnahme zum Zweck der Aufstellung der Dreieckskombination.

4. Der Signalbau.

Nach der Auswahl der definitiven Punkte erfolgt (im nächsten Frühjahr bis Herbst) der Auf- oder Ausbau der Signale. Dieser wird von den hierzu kommandierten Trigonometern ausgeführt unter Beihilfe von Militärzimmerleuten und anderweitigem Hilfspersonal. Dabei kommen dreierlei Arten von Signalbau in Betracht:

1) Signale zu ebener Erde. Sie erhalten als Beobachtungsstand für den Theodoliten einen Steinpfeiler, über welchem eine kleine Holzpyramide mit geschwärzter Spitze errichtet wird. Der Standort

des Beobachters, ein Bretterfußboden, muß natürlich vom Pfeiler rundum isoliert sein.

2) Signale durch Kirchtürme dargestellt. Hier sind meist bauliche Veränderungen wie Durchbrechungen, Holzgalerien, vorzunehmen, um geeignete Standorte für Instrument und Beobachter zu gewinnen.

3) Holztürme von verschiedener Höhe (10—30 m). Diese stellen die eigentlichen trig. Signale dar, weshalb wir bei ihrer Betrachtung etwas länger verweilen wollen.

Bei jedem derselben sind zwei von einander vollständig unabhängige Bauten zu unterscheiden: der Beobachtungspfeiler als Stand für das Instrument, und das Beobachtungsgerüst als Standort des Beobachters. Der Pfeiler, dargestellt durch einen starken Mast, bildet gewissermaßen die Achse des ganzen Gerüsts; je nachdem derselbe in den Erdboden eingesetzt oder in Mannshöhe über diesem abgesägt ist, unterscheidet man Stand- und Hängepfeiler. Die Stützen bilden 4 Streben, unter etwa 60° Neigung ansteigend; und es soll die Diagonale je zweier Fußpunkte mindestens gleich der Höhe ihrer Vernagelungen mit dem Pfeiler sein. Im Erdboden sind dieselben durch wagrechte Hölzer verankert. Es muß nun das Pfeilersystem mit aller Sorgfalt gegen Winddruck, Verbiegen oder Verziehen geschützt werden; dies geschieht durch horizontale Umgürtungen mit Balken (Kränze), wagrechte und schräge Diagonalverbindungen der Streben (Kreuze und Schwerter) und Verstreben des Pfeilers gegen die Stützen (Quirle).

Um den Pfeiler wird nun das Beobachtungsgerüst so errichtet, daß dasselbe nirgends mit dem Pfeilerbau in Berührung kommt. Seine 4 Stützen (die Ständer) steigen etwa unter 85° an. Ihre Verfestigung erfolgt auf gleiche Weise wie oben. Die Kränze tragen von je 5 zu 5 bis 8 zu 8 m die Fußböden für die Leiterstandpunkte und als obersten, unmittelbar über dem Angriffspunkt der Pfeilerstreben, den Fußboden der eigentlichen Station. Dieser hat etwa $2\frac{1}{2}$ m im Quadrat, aus einer Öffnung in der Mitte ragt das abgesägte Pfeilerende noch 1,2 m hoch empor und trägt daselbst eine Tischplatte von 54 cm Seitenlänge. Um die Station ist ein Geländer gelegt, ferner finden wir eine Bank und während der Beobachtungen selbst zwischen den Ständern Leinwandplanen aufgespannt zum Schutz gegen Sonne und Wind. Die Ständer ragen nun noch einige Meter höher empor und tragen dann die Pyramide, welche, mit geschwärzten Brettern umkleidet, zur Sichtbarmachung und Auffindung dient. Ihre Spitze liegt etwa noch 4—5 m über der Beobachtungsplatte; eins der höchsten Gerüste finden wir auf dem Bleß, woselbst sich die Tischplatte bereits 26 m über dem Erdboden befindet. Mitunter findet sich über der Pyramide noch ein Aufbau als Standort für die so gleich zu erwähnenden Heliotropen.

Die Kosten für die kleineren Gerüste von 10—15 m Höhe stellen sich auf 150—500, für die größten endlich auf 1300—1800 M.

5. Der Festlegungsstein.

Alle Beobachtungen mit dem auf der Tischplatte aufgestellten Instrument beziehen sich nun zunächst auf den Mittelpunkt seines Grundkreises, bei Höhenmessungen auf den des Höhenkreises. Da jedoch die Gerüste nur für die Zeit der Landesaufnahme stehen bleiben, sodann verkauft werden, muß die Lage des Beobachtungspunktes durch einen Punkt auf dem Erdboden markiert werden. Hierzu dient der Festlegungsstein, welcher sich bei Gerüsten mit Hängepeilern lotrecht unter dem Beobachtungsstand, bei denjenigen mit Standpeilern seitwärts von diesem befindet. Für dauernde Erhaltung dieser Festpunkte ist durch die Gesetze vom 7. Okt. 1865 und 7. April 1869 gesorgt, welche bestimmen, daß jeder Grundeigentümer die Bestimmung von Punkten innerhalb seines Besitzes gestatten, nachdem dergleichen Punkte aber festgelegt, das Umgebungsterrain derselben in der Größe von 2 qm dem Staate gegen Entschädigung abtreten muß, worüber im Hypotheken- bes. Grundbuch besonders vermerkt wird.

Die Festlegung geschieht nun in der Weise, daß zunächst eine nahezu metergroße Granitplatte $\frac{2}{3}$ m tief in den Erdboden eingelegt wird, welche auf ihrer Mitte ein eingemeißeltes Kreuz trägt. Auf diese kommt ein ca. 1 m hoher Granitpfeiler von 0,3 m Durchmesser, auf dessen Oberfläche gleichfalls ein Kreuz eingemeißelt, so zu stehen, daß beide Kreuze lotrecht übereinander. Das obere Kreuz dient zur Auffindung der Platte, das untere dagegen stellt den eigentlichen trigonometrisch bestimmten Punkt dar, und es muß, wenn es sich bei späteren Triangulationen um größere Genauigkeit handelt, zum Zweck der Feststellung des trig. Punktes der Granitpfeiler herausgenommen und die Platte bloßgelegt werden. Dies ist die Festlegung bei den Punkten I.—III. Ordnung, bei denen der IV. Ordnung fehlt die Platte. Die Steine der I. O. tragen an zwei entgegengesetzten Seiten die Bezeichnungen Δ und T. P.

Es muß nun die Lage des Instrumentenmittelpunktes gegen die Kreuze in aller Schärfe festgestellt werden, was durch Abloten mittels seitlich aufgestellter Theodoliten geschieht. Es sind dann alle Winkelmessungen vor ihrer Einführung in die Berechnungen so darzustellen, als ob sie unmittelbar über dem Festlegungspunkt gemacht seien, d. h. sie müssen „zentriert“ werden. Diese Zentrierung wird auch in allen den Fällen nötig, wo die Beobachtungen von vornherein seitlich vom trig. Punkt angestellt werden müssen, d. h. auf den Kirchtürmen, woselbst gewöhnlich die Knopfmitte den trig. Punkt darstellt.

6. Die Beobachtungen.

Zum Messen der Winkel dienen Theodoliten und Universalinstrumente. Die Theodoliten besitzen gewöhnlich nur einen Horizontal- oder Grundkreis, dienen also nur zur Bestimmung der Hori-

zontalwinkel; Theodoliten dagegen, welche einerseits noch mit einem Höhenkreis zur Messung von Höhenwinkeln versehen, andererseits gemäß verfeinerten Baues sich mehr für astronomisch-geodätische Messungen, als für diejenigen der niederen Geodäsie eignen, bezeichnet man als Universalinstrumente. Auf eine Beschreibung derselben kann hier nicht eingegangen werden; es sei nur kurz erwähnt, daß das Fernrohr 50—75mal vergrößert; ferner, daß der Grundkreis gewöhnlich von 5 zu 5 Minuten geteilt ist; Aufgabe zweier Mikroskope ist sodann, diese Zwischenräume so unterzuteilen, daß man einzelne Sekunden ablesen und ihre Bruchteile schätzen kann. Dies wird ermöglicht durch eine Schraubenvorrichtung am Mikroskop, welche einen Schlitten mit zwei nahestehenden feinen Fäden durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes hindurch und damit zugleich über den von zwei Teilstrichen des Grundkreises begrenzten Raum hinwegführt. Aus der Anzahl der Schraubenumdrehungen und ihrer Bruchteile, welche nötig sind, um die Fäden aus der Mitte des Gesichtsfeldes bis zum vorhergehenden Teilstrich des Grundkreises zu bewegen, ergibt sich die zu diesem zu addierende Anzahl von Minuten und Sekunden.

Die Grundkreise derjenigen Theodoliten und Universalinstrumente, welche für die Triangulation I. O. verwendet werden, haben 27 bis 35 cm Durchmesser oder sind 10—13-zöllig¹⁾; Ablesung $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ Sekunde; für die II. O. verwendet man 8-zöllige (21 cm Durchm.), Ablesung $\frac{1}{2}$ Sekunde; für die Detailtriangulation 5-zöllige (14 cm D.), Ablesung 1 Sekunde. Der Preis der Theodoliten beträgt je nach der Größe 1200—4000 Mark. Besondere Sorgfalt muß auf den Transport derselben verwendet werden; die Instrumente sind in ihre Hauptbestandteile zu zerlegen, welche in besondere Holzlager eingeschraubt werden; nachdem diese in tragbare Holzkästen eingeschoben, erfolgt ihr Transport auf besonderen Wägen.

Es ist noch der Vorgang bei der Winkelmessung selbst kurz zu kennzeichnen. Es kommen hierbei zwei Methoden in Betracht:

1. Die Messung der Einzelwinkel. Soll der Winkel, den die Richtungen nach zwei Zielpunkten im Standort bilden, bestimmt werden, so ist das Fadenkreuz im Fernrohr auf linken und rechten Zielpunkt einzustellen und nach jeder Einstellung der Grundkreis mittels der Mikroskope abzulesen; die Differenz der Ablesungen giebt einen angenäherten Wert für den Winkel zwischen beiden Richtungen. Nachdem dann das Fernrohr durchgeschlagen¹⁾ und mit dem Oberbau um 180° gedreht, erfolgt Einstellung und Ablesung in umgekehrter Reihenfolge. Das Mittel aus beiden Messungen, welche zusammen eine Winkelmessung darstellen, liefert bereits einen ersten Wert des Winkels. Die erforderliche Genauigkeit des Winkelwertes wird dann durch eine bestimmte Anzahl von Wiederholungen erreicht, ausgeführt auf verschiedenen Stellen des

1) um seine Horizontalachse gedreht.

Grundkreises, welcher zu diesem Zweck vor jeder Wiederholung um eine gewisse Anzahl Grade zu verstellen. In gleicher Weise erfolgt die Messung eines jeden der übrigen Winkel auf einer Station. Als Beispiel für die Anordnung und Wiederholung der Winkelmessungen wählen wir den trig. Punkt Bleß mit den Zielpunkten Wetzstein, Coburg, Gleichberg, Kickelhahn; es kann dann folgende Anordnung getroffen werden:

WBC		
WBG	CBG	
WBK	CBK	GBK

es sind also im ganzen 6 Winkel zu messen. Jeder Winkel ist 12mal zu messen, also im ganzen 72 Winkelmessungen mit je 4 Einstellungen auszuführen. Diese Zahlen ändern sich mit der Strahlensahl, beispielsweise für die Winkel auf dem Wetzstein mit 7 Strahlen auf 21 Winkelmessungen, 8malige Wiederholung, demnach 480 Einstellungen. — Dies ist in groben Umrissen die Methode der Winkelmessung auf den Punkten I. O. seit 1880.

2. Für die Triangulation II. und III. O. wird nun als 2. Methode der Winkelmessungen diejenige der Richtungsbeobachtungen angewendet.

Nehmen wir an, von einer Station aus seien vier Punkte anzuschneiden, um die vier von ihnen eingeschlossenen Winkel zu messen, so wird das Fernrohr der Reihe nach von links nach rechts auf die Punkte A B C D eingestellt und nach jeder Einstellung die Mikroskope abgelesen. Nunmehr wird das Fernrohr durchgeschlagen, mit dem Oberbau um 180 gedreht und von rechts nach links herum auf die Punkte eingestellt.

Die Winkel zwischen den einzelnen Richtungen ergeben sich dann aus den Differenzen der Ablesungen für dieselben. Eine solche Reihe von Beobachtungen wird als Satz oder Gyrus bezeichnet. Auch hier sind eine größere Anzahl von Sätzen mit verstelltem Grundkreis erforderlich. — Bis 1880 war die Methode der Richtungsbeobachtungen auch auf den Punkten I. O. üblich. — Während der Beobachtungen für die Triangulation I. O. werden zugleich sämtliche sichtbaren Türme etc., welche nicht zum Hauptnetz gehören, angeschnitten, zur Verwendung für die spätere Triangulation niederer Ordnungen.

Auf so weite Entfernungen von 29—50 und mehr Kilometer, wie sie die Dreieckseiten I. O. darstellen, würde sich nun irgend ein Punkt der angeschnittenen Station, beispielsweise ein Zapfen auf der Tischplatte daselbst, nicht mehr scharf einstellen lassen. Um das zu ermöglichen, bedient man sich seit Gauß der sog. Heliotropen oder Sonnenspiegel. Man unterscheidet das Gaußsche, Steinheilsche und Bertramsche Heliotrop, von denen das letztere bei der L. A. angewendet wird. Dasselbe beruht auf dem einfachen Grundgedanken, daß ein entfernter Punkt dann Sonnenlicht durch

einen Spiegel erhält, wenn ein kleiner Papierschirm, welcher sich auf der Geraden zwischen Spiegelmitte und Punkt befindet, von dem gespiegelten Sonnenlicht getroffen wird. Zu diesem Zweck ist auf dem Beobachtungspfeiler ein um einen Zapfen drehbares Brett von etwa 0,6 m Länge aufgesetzt. An dem einen Ende befindet sich ein drehbarer Spiegel von 10 cm Größe, in dessen Mitte der Belag auf der Rückseite auf der Fläche von 2—3 mm entfernt ist, wodurch es möglich wird, durch die spiegelnde Fläche hindurchzusehen. Auf dem andern Brettende ist auf einem Zapfen eine wagrechte Röhre befestigt, in welcher sich ein Fadenkreuz befindet, dessen Mitte die gleiche Höhe wie die Spiegelmitte besitzt; weiterhin läßt sich in diese Röhre ein kleiner Papierschirm einschieben¹⁾. Es wird nun zuerst das Brett so gedreht, daß man, durch die Spiegelmitte hindurch zielend, hinter dem Fadenkreuz den Zielpunkt erblickt, sodann festgeschraubt. Nachdem der Schirm aufgesteckt, wird jetzt der Spiegel so gewendet, daß das Sonnenlicht auf den Schirm fällt, bis die Spiegelmitte, da sie wegen des fehlenden Belages kein Licht zurückstrahlt, als kleiner dunkler Punkt auf dem erleuchteten Schirm erscheint. In diesem Augenblick erhält die angeleuchtete Station das zugespiegelte Sonnenlicht, auf dessen Mitte der dortige Beobachter sein Fadenkreuz einzustellen hat. Wegen der Sonnenbewegung muß die Schirmkontrolle von Zeit zu Zeit wiederholt werden. Es wirft nun der Spiegel die Sonnenstrahlen nicht etwa in einem Bündel paralleler Strahlen, sondern in einem Kegel zurück, sofern eben das Sonnenlicht in Form eines Kegels vom Durchmesser der Sonne (= 32') auf den Spiegel auftrifft; infolgedessen beträgt der Durchmesser der beleuchteten Strecke auf beispielsweise 50 km Entfernung etwa $\frac{1}{2}$ km, wodurch der Empfang des Sonnenlichtes erleichtert wird. Dies Heliotropenlicht ist unter günstigen Umständen bis auf 60 km mit bloßem Auge wahrnehmbar und stellt sich wie ein Stern erster Größe, etwa wie die Venus, dar; mit Fernröhren dagegen läßt es sich auf Entfernungen von mehr als 100 km einstellen. Die Handhabung der Heliotropen besorgen zumeist Gemeine, welche vorher auf die anzuschneidenden Dreieckspunkte beordert worden sind. Dabei sei erwähnt, daß durch gegenseitiges Anleuchten eine Art von Heliotropentelegraphie ermöglicht ist, wobei es sich natürlich immer nur um einen Meinungsaustausch von ganz bestimmter Richtung handeln kann, wie z. B. „Licht nicht sichtbar“; „Schluß der Beobachtung“. Diese Sätze werden summarisch durch eine bestimmte Anzahl schnell aufeinanderfolgender Lichtverdeckungen dargestellt. Das Zittern des Heliotropenlichtes, sowie ungünstige Refraktionsverhältnisse schließen das Leuchten bei hohem Sonnenstand aus und beschränken die eigentliche Beobachtungszeit für die Winkelmessungen auf die Zeit kurz nach Sonnenaufgang oder wie bei der Landesaufnahme mehrere Stunden

1) Das Modell der Landesaufnahme zeigt hier eine kleine Verbesserung in der Anbringung dieses Schirmes.

vor Sonnenuntergang. Neuerdings beobachtet man in einigen Ländern jedoch auch zur Nachtzeit unter Anwendung des elektrischen und des Magnesiumlichtes, mitunter auch von Petroleumlampen mit Hohlspiegeln.

Die Beobachtungen über Tage werden noch durch einen andern Umstand erschwert. Jedes Gerüst erfährt nämlich im Laufe des Tages infolge der Sonnenbestrahlung eine kleine Drehung, indem es etwa bis Nachmittag 4 oder 5 Uhr dem Sonnenlauf folgt, dann still steht und abends und nachts wieder zurückdreht. Diese Drehung erreicht ziemliche Beträge; an einzeln stehenden Stämmen hat man solche bis zu 15', an Gerüsten bis 4' beobachtet; dabei findet jedoch auch noch eine Neigung des Gerüstes nach der Sonne hin statt, welche sich in dem Verschieben der Libellenblase kundgibt und bis zu $\frac{1}{4}'$ ansteigt.

Zum Beobachten ist natürlich in erster Linie klare Luft erforderlich, und es kann vorkommen, daß die Winkelmessungen auf einer Station infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse Monate erfordern.

7. Die Berechnungen.

Die Berechnungen zerfallen: in Ausgleichung der Beobachtungen, Seitenberechnung und Berechnung der Koordinaten der trig. Punkte. Die Ausgleichungsrechnung hat zunächst die Winkelbeobachtungen so zu verbessern, wie es die Winkelsumme auf einer Station und in der geometrischen Figur, auf deren Eckpunkten gemessen worden, erfordert. Die Summe der zwischen den von einer Station ausgehenden Strahlen gebildeten Winkel soll 360 betragen; infolge der unvermeidlichen Beobachtungsfehler findet dies gewöhnlich nicht statt, so daß die beobachteten Winkel vorerst in diesem Sinne zu verbessern. Sodann sind auf jedem Eckpunkt der Dreiecke die Winkel gemessen worden, und es sollte ihre Summe gleich sein $180^\circ +$ dem sphärischen Exzeß, welcher dem betreffenden Dreieck seiner Größe und Lage auf dem Erdsphäroid nach zukommt¹⁾. Infolge der Beobachtungsfehler wird die Summe der drei gemessenen Winkel im allgemeinen nicht $= 180^\circ + E$, sondern weicht davon um eine Anzahl w Sekunden ab, von welcher jedem der drei Winkel zur Darstellung ihrer wahrscheinlichsten Werte ein Drittel als Verbesserung hinzuzufügen. Die Größe w heißt der Dreiecksschlußfehler; er beträgt bei den neueren Triangulationen I. O. durchschnittlich 1". Die Division des Schlußfehlers mit $\sqrt{3}$ ergibt den mittleren Fehler oder die Unsicherheit eines Winkels des betreffenden

1) Für rohe Zwecke genügt die Formel: E in Sekunden $= 0,0005$ mal Flächeninhalt des Dreiecks in qkm. So ergibt sich beispielsweise für das Dreieck Inselsb.-Ettersb.-Brocken, dessen Inhalt auf der Karte aus einer Grundlinie mal Höhe annähert auf 2830 qkm bestimmt worden, der sphärische Exzeß zu 14".

Dreiecks, endlich die Division dieses mit $\sqrt{2}$ den mittleren Richtungsfehler im Dreieck. Die Genauigkeit der Winkel innerhalb einer ganzen Kette oder Netz wird beurteilt nach dem mittleren Schlußfehler in derselben, welcher sich ergibt, wenn die Summe der Quadrate der einzelnen Schlußfehler durch ihre Anzahl dividiert und daraus die Quadratwurzel gezogen wird; aus diesem mittleren Dreiecksschlußfehler in der ganzen Konfiguration wird weiterhin wie oben die mittlere Unsicherheit eines Winkels und einer Richtung abgeleitet. So betrug beispielsweise im thüringischen Netz die Summe der Quadrate der 23 einzelnen Schlußfehler 9,5824" (der größte derselben + 1,5"); daraus erhält man den mittleren Schlußfehler im Netz zu $\sqrt{\frac{9,5824}{23}} = + 0,64''$. Der mittlere Winkelfehler im Netz war demnach $0,64 : \sqrt{3} = + 0,37''$, der mittlere Fehler einer Richtung $0,37 : \sqrt{2} = + 0,26''$. Zur Veranschaulichung der Abnahme der mittleren Winkelfehler in neuerer Zeit fügen wir eine Tabelle über die hauptsächlichsten Triangulationen bei:

Jahr	Dreiecksmessung.	Anzahl der Dreiecke.	Mittl. Winkelfehler.
1736	Gradmessung in Lappland	16	+ 13,5"
1736—1742	Gradmessung in Peru	43	+ 3,6
1792—1888	Triangulationen in Frankreich u. Algier	ca. 900	+ 1,4
1787—1865	Triang. von Großbritannien	476	+ 1,8
1863—1885	Triang. in Italien und Sicilien	507	+ 0,9
1862—1888	Triang. in Österreich	674	+ 0,9
1827—1872	Russische Längengradmess. (zw. Warschau und Orsk)	296	+ 1,1
1816—1831	Russische Breitengradmess. (zw. Donaum. u. Nordkap)	247	+ 0,7
1800—1870	Bayrische Landesvermessung	339	+ 1,8
1867—1878	Triang. von Sachsen	197	+ 0,4
1832—1886	Triang. zur neuen L.-A. in Preußen	638	+ 0,6
1888—1889	Thüringisches Netz	23	+ 0,4

Die Berechnung der Dreiecksseiten¹⁾ geschieht nach den Formeln, welche die höhere Mathematik für Dreiecke auf dem zu Grunde gelegten Erdsphäroid liefert; zu diesem Zweck müssen die Winkel einer dritten Ausgleichung unterworfen werden, begründet in dem Anschluß der neuen Dreieckskonfiguration an eine bereits bestehende. Die so nach dem „Anschlußzwang“ verbesserten Winkel weisen z. B. im thüringischen Netz einen mittleren Winkelfehler von 0,46", einen mittleren Richtungsfehler von 0,33" auf²⁾. Als Grenze für die Brauchbarkeit einer Seite ist eine Un-

1) Ausgeführt für die Triangulation I. O. mit 8-stelligen, II. O. mit 7-stelligen, III. O. mit 6-stelligen Logarithmen.

2) Setzt man ein nahezu gleichseitiges Dreieck voraus, so bedingt ein mittlerer Winkelfehler von 1" in diesem eine Unsicherheit der Länge der beiden berechneten Dreiecksseiten um $\pm 0,000\ 004$ ihrer Länge; es würde dann beispielsweise im

sicherheit um $\frac{1}{1000000}$ ihrer Länge festgesetzt, also bei einer Seitenlänge von 50 km eine Unsicherheit um $\pm 0,5$ m. Wie groß die Übereinstimmung zweier gänzlich unabhängig voneinander erfolgten Bestimmungen ein und derselben Seite selbst bei großer Entfernung derselben von der Basis der Kette sein kann, beweist die Seitenlänge Inselsberg-Brocken, welche dem Hessischen Netz des Geodätischen Institutes angehört und auf Grundlage der im Jahre 1847 gemessenen Bonner Basis berechnet wurde. Ihre Länge ergab sich hierbei zu 105976,409 m mit einer Unsicherheit von $\pm 0,297$ m oder rund $\frac{1}{360000}$ der Länge. Wird nun diese aus den Bestimmungen der Hann.-Sächsischen Dreiecksreihe abgeleitet, so ergibt sich 105976,254 m oder rund $\frac{1}{700000}$ weniger.

Auf die Seitenberechnung folgt die Berechnung der Koordinaten der Dreieckspunkte. Hierzu bedarf es der astronomischen Orientierung des ganzen trig. Netzes, welche durch sorgfältigste Bestimmung des Azimutes der Dreiecksseite Rauenberg ¹⁾ - Berlin (Marienurm), sowie der geographischen Breite vom Rauenberg bewerkstelligt worden ist. Die successive Heranziehung der Dreieckswinkel lieferte weiterhin die Azimute der Dreiecksseiten der nächsten Ketten und Netze. Für die neue Konfiguration erfolgt zunächst die Berechnung der Polarkoordinaten oder Abrisse, d. h. der Winkel der von einem Dreieckspunkt aus beobachteten Richtungen mit dem Nordarm der Parallele auf der Station zum 31° östl. von Ferro, und der Entfernung der Zielpunkte von der Station. Hieran schließt sich die Berechnung der rechtwinklig-sphärischen Koordinaten sämtlicher trig. Punkte, d. h. der Bestimmungsstücke zur Angabe ihrer Lage in bezug auf einen gewählten Nullmeridian und einen auf ihm gelegenen Nullpunkt. Dieser Nullmeridian ist der 31. östlich Ferro, der Nullpunkt auf ihm liegt nördlich von Berlin unter $52^\circ 42' 35,3251''$ n. Breite. Jener bildet die Abscissenachse des Koordinatensystems; die Abstände der trig. Punkte von derselben heißen Ordinaten (y) und sind, je nachdem die Punkte östlich oder westlich vom 31. Meridian liegen, positiv oder negativ. Die Meridianstrecken zwischen diesen Abständen und dem Nullpunkt sind die Abscissen (x) der betr. Punkte, welche je nach ihrer Lage nördlich oder südlich vom Nullpunkt das Vorzeichen + oder - erhalten. Als Beispiele führen wir die Koordinaten des trig. Punktes auf der Schneekoppe an:

$$\begin{array}{cc} y & x \\ + 169999,838 \text{ m} & - 215683,846 \text{ m} \end{array}$$

Die Ordinaten der auf der Karte eingezeichneten thüringischen Punkte liegen zwischen - 60 000 und - 280 000; die Abscissen zwischen - 100 000 und - 270 000.

25. Dreieck einer Kette die Unsicherheit der beiden letzten Seiten auf 0,000 004 mal $\sqrt{25} = \pm 0,000 02$ ihrer Länge zu veranschlagen sein.

1) 8 km südl. Berlin; 31° östl. Ferro; $52^\circ 27'$ n. Br.

Mittel. der Geogr. Gesellsch. (Jena). "X."

Endlich erfolgt die Berechnung der geographischen Breite und Länge der trig. Punkte. Diese wird bei den Hauptpunkten bis zur vierten Dezimale der Sekunde ausgeführt. Da in Thüringen 1" der Breite einer Strecke von 31 m, 1" der Länge einer solchen von 19,5 m entspricht, so wird demnach die geographische Lage der Punkte bis auf 2—3 mm berechnet.

8. Die Punkte II. III. und IV. Ordnung.

In das Dreiecksnetz I. O. wird ein solches II. O. eingelegt, dessen Seitenlängen zwischen 10 und 20 km schwanken und unter Benutzung der Seiten I. O., insbesondere der Seiten zwischen Haupt- und Zwischenpunkten, als Grundlinien berechnet werden. Die Seiten dieses zweiten Netzes dienen wiederum zur Seitenberechnung des Dreiecksnetzes III. O., mit einer Seitenlänge von 3—10 km. Endlich kommen noch Punkte IV. (und noch niederer) Ordnung hinzu, auf denen keine Winkelmessungen stattfinden. Die Punkte II.—IV. O. werden gleichfalls entweder durch Signale (Pyramiden) oder Kirchtürme dergestellt; dazu kommen noch Schornsteine, Ruinen, besondere Häuser, einzeln stehende Bäume u. dgl. mehr. Die Dreiecksmessung I. und II. O. bezeichnet man auch als Haupttriangulation, diejenige III., IV. und tieferer Ordnung als Detailtriangulation.

9. Die räumliche Verteilung der trig. Punkte.

Was nun die räumliche Verteilung der trig. Punkte anlangt, so ist dieselbe je nach dem Charakter des Aufnahmegebietes Modifikationen unterworfen; im allgemeinen kann man auf den Flächenraum eines Meßtischblattes (zu 130 qkm oder $2\frac{1}{3}$ Quadrat-Meilen) rechnen:

2—3 Punkte	I. und II. Ordnung	
5	III. O.	
15	IV. O.	, oder
1 P. I. od. II. O.	auf einen Flächenraum von 50 qkm	
1 P. III. O.	" " " " 25 "	
1 P. IV. O.	" " " " 8 "	

Demnach kommt auf eine Fläche von durchschnittlich 6 qkm ein trig. Punkt, also auf 1 Qu.-Meile rund 10 trig. Punkte. Dazu treten jedoch noch Punkte niederer Ordnungen (V. O. und Nebenkpunkte), welche lediglich für die topographische Aufnahme bestimmt worden sind, so daß man auf ein Meßtischblatt rund 30 trig. Punkte für den Anschluß der Meßtischaufnahmen rechnen kann.

10. Die Höhenbestimmungen seitens der Trigonometrischen Abteilung.

Die Trigonometrische Abteilung soll nicht nur die Lage der Abteilungen ihrer Punkte auf das Erdsphäroid, sondern auch deren Höhe

über dem Meeresspiegel bestimmen. Hierzu bedient sie sich in erster Linie der Präzisionsnivellements, deren Ausführung zugleich die Ermittlung der Höhenlage einer ganzen Reihe anderer, nicht trig. Punkte in sich schließt. Was man unter gewöhnlichen geometrischen Nivellements versteht, dürfen wir als bekannt voraussetzen; von ihnen unterscheiden sich die Präzisionsnivellements erstens durch die Instrumente, welche den höchsten erreichbaren Grad von Vollkommenheit besitzen müssen, sowie die sonstigen erforderlichen Gerätschaften; zweitens durch die Beobachtungen selbst; drittens durch die mindestens einmalige Wiederholung eines jeden Nivellements; endlich durch außerordentlich sorgsame Festlegung der einnivellierten Punkte. Die Fernröhre sind so stark, daß bei den angewandten durchschnittlichen Zielweiten von 50 m ein Millimeter der Latte sich scharf ablesen läßt. Selbstverständlich werden die Instrumente vor jeder Verwendung erst auf ihren normalen Zustand gebracht (justiert). Desgleichen werden die Lattenteilungen möglichst oft mit Normalmaßen verglichen. Diese Latten sind auf der Vorder- wie Rückseite geteilt und werden auf dem Zapfen einer eisernen Unterlagsplatte aufgesetzt, wenn nicht auf einem Festlegungspunkt selbst. Dadurch, daß die Latte auf jedem ihrer Standorte zuerst an der Vorderseite, dann gedreht und an ihrer Rückseite abgelesen wird, wobei der Unterschied zwischen Vor- und Rückblick aus den sich entsprechenden Lattenseiten derselbe sein muß, sind zunächst Ablesefehler ausgeschlossen, überdies wird die Genauigkeit erhöht. Die Stunden vor und nach Mittag sind von der Beobachtung wegen des unruhigen Zustandes der Luft infolge der Sonnenstrahlung ausgeschlossen. Bei vorkommenden ungleich langen Zielweiten muß auf Erdkrümmung und Strahlenbrechung Rücksicht genommen werden.

Die Nivellements finden längs der Hauptstraßen statt, und zwar sind die Festlegungssteine etc. bereits längere Zeit vor der Ausführung der Nivellements gesetzt oder angebracht. Diese Festpunkte befinden sich zunächst an vierkantigen, 1 m langen Granitsteinen, welche zur Seite der Straßen im Erdboden eingesetzt sind und 0,2 bis 0,3 m hoch aus diesem hervorragen. Den Festpunkt an ihnen bildet der oberste Punkt der Oberfläche eines Metallbolzens, welcher seitlich einzementiert und mit einer eingeschlagenen Nummer versehen ist. Derartige Festlegungssteine sind in Zwischenräumen von 2 zu 2 Kilometer gesetzt. Seit 1882 ist eine zweite Gattung von Festpunkten eingeführt in Gestalt von Höhenmarken, welche in Zwischenräumen von etwa 10 km in der Nähe der Nivellementslinien (nicht über 3 km von diesen entfernt), an festen, Dauer entsprechenden Gebäuden angebracht sind. Sie bilden die höchste Rangstufe unter den Punkten des Höhennetzes und sollen dem Nivellementsnetz auf eine lange Reihe von Jahren hinaus Dauer und Festigkeit verleihen, was von den Festlegungssteinen längs der Straßen nicht immer zu erwarten ist. Nachdem die Höhe der Marken, des obersten Punktes ihrer vorstehenden Rundung festgestellt, wird in die Marke eine Platte mit der Höhenzahl eingesetzt. Weiterhin

finden sich noch an Gebäuden sog. Mauerbolzen, gleich denen der Festlegungssteine; endlich werden noch andere Punkte, wie bestimmte Teilstriche an Pegeln, Höhenmarken der europäischen Gradmessung, Höhenmarken an Stationsgebäuden u. a. annivelliert.

Die Höhenbestimmung der trig. Punkte erfolgt nun in der Weise, daß, nachdem die Detailtriangulation stattgefunden, die den Nivellementslinien zunächst liegenden trig. Punkte irgend welcher Ordnung im Anschluß an diese einnivelliert werden; von ihnen aus geschieht sodann die Höhenbestimmung der einwärts gelegenen Linien durch gegenseitig-gleichzeitige trigonometrische Höhenmessung. Die Kontrolle und Ausgleichung dieser letzteren ist durch die verschiedenen Anschlüsse gegeben.

Alle angegebenen Höhenzahlen beziehen sich nun auf einen gemeinsamen Ausgangshorizont, diejenige Niveaufläche nämlich, welche durch den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels läuft und mit Normal-Null bezeichnet wird. Festgelegt ist dieser Ausgangshorizont durch einen Punkt an der Berliner Sternwarte, den sog. Normalhöhenpunkt, welcher 37 m über Normal-Null (NN) gelegen. Über seine Einführung ist kurz folgendes zu berichten. Die Höhenmessungen innerhalb des preußischen Staatsgebietes wurden bisher auf verschiedene, für den jedesmaligen Zweck gewählte Nullpunkte bezogen. Während ein großer Teil von Behörden seine Höhenangaben vom Nullpunkt (oder Nullstrich) eines Meerespegels, insbesondere des Amsterdamer oder Swinemünder Pegels aus zählte, zog ein anderer Teil vor, den an einem Hafen der Nord- oder Ostsee durch jahrelange Beobachtungen festgestellten mittleren Wasserstand oder das Mittelwasser daselbst als Ausgangspunkt zu nehmen. Von diesen verschiedenen Ausgangspunkten für die Zählung der Höhen behaupteten zwei den Vorrang: das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde und der Nullpunkt des Amsterdamer Pegels. In einem ehemals vielgebrauchten thüringischen Höhenverzeichnis finden wir in bezug auf ihre gegenseitige Lage angegeben, daß das Mittelwasser der Ostsee 5,34 par. Fuß = 1,735 m über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels gelegen, sonach alle über jenem angegebenen Höhen zwecks ihrer Reduktion auf den Amsterdamer Pegel um 1,74 m zu vermindern seien; die neuen Nivellements haben dagegen festgestellt, daß jenes 0,023 m unter dem letzteren gelegen; man ersieht hieraus, wie bereits infolge der verschiedenen Ausgangspunkte die Zuverlässigkeit der älteren Höhenangaben beeinträchtigt wurde. Die Ursache dieser Mannigfaltigkeit lag vor allem darin, daß es an einem genauen und zusammenhängenden Höhennetz fehlte, so daß die in verschiedenen Landesteilen ausgeführten Messungen nicht miteinander zur Reduktion auf einen gemeinsamen Pegel verbunden werden konnten. Erst die Nivellements der L. A. ermöglichten die Lösung des längst gefühlten Bedürfnisses. Am 7. Oktober 1876 trat eine eigens hierzu berufene Kommission von Offizieren und Gelehrten zusammen, um sich über die Wahl eines norddeutschen

Ausgangspunktes schlüssig zu machen. Die Meeresküste mußte von vornherein wegen ihres Abstandes vom Binnenlande außer Betracht fallen; man einigte sich schließlich auf die Berliner Sternwarte, für deren Unveränderlichkeit in bezug auf absolute und relative Höhe auf Grund 40-jähriger Beobachtungen kein Zweifel mehr obwalten konnte.

Es wurde nun an der Nordseite derselben ein Syenitpfeiler von 1,7 m Höhe eingesetzt, welcher eine 20 cm lange Millimeterskala von Email trägt, zum Schutz gegen Witterung von einem verschließbaren Gehäuse verdeckt; der Mittelstrich dieser Skala ist der sog. Normalhöhenpunkt des preußischen Staates, 37 m unter ihm liegt diejenige Niveaufläche, die man mit Normal-Null bezeichnet und als durch den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels laufend annehmen kann. Es ist weiterhin die Lage des Normalhöhenpunktes gegen eine Anzahl in der Nähe befindlicher solider Punkte sorgsam festgestellt worden, so daß Höhenänderungen desselben alsbald sich erkennen lassen würden.

Von ihm aus wurde nun zunächst eine Berlin umziehende Schleife ¹⁾ von 37 km Länge nivelliert, an welche sich weiterhin nach sechs Richtungen Nivellementszüge der Landesaufnahme anschlossen und die Beziehung der in den Provinzen einnivellierten Punkte auf Normal-Null ermöglichten. Gemäß besonderer Beschlüsse des Zentralkuratoriums der Vermessungen sind auch alle sonstigen, für staatliche Zwecke ausgeführten Nivellements, wie Eisenbahn- und Straßennivellements an Punkte, die auf Normal-Null bezogen, anzuschließen.

B. Die Arbeiten der topographischen Abteilung.

Die Aufnahmemethode — durch Meßtisch mit Kippregel und Distanzlatte — ist dieselbe geblieben. Das Aufnahmegebiet von einer Meßtischstation mag ungefähr 1 qkm betragen; von diesem aus sind so viel Lattenpunkte festzustellen, daß ihre durchschnittliche gegenseitige Entfernung etwa 2—300 m beträgt.

Die von der Landesaufnahme verwendeten Distanzlatten sind so geteilt, daß sich auf Entfernungen von 600 und mehr Meter noch die Zentimeter feststellen, also die Entfernungen auf wenigstens 1 m genau bestimmen lassen. Berücksichtigt man, daß bei einem Maßstab von 1 : 25 000 ein Millimeter der Zeichenfläche gleich 25 m in Natur, also die kleinste auf dem Papier darstellbare Strecke von 0,1 mm einer natürlichen Strecke von $2\frac{1}{2}$ m entspricht, so leuchtet ein, daß die Bestimmung der Entfernungen bis auf 1 m Genauigkeit mehr als ausreichend ist.

In Waldkomplexen, wo die Höhenaufnahme durch den Meßtisch

¹⁾ Die von Nivellements umschlossenen Polygone nennt man Nivellementsschleifen.

nicht angängig, werden die Höhen der Hauptpunkte, wie Wegekreuze, Terrainbrechpunkte u. a. durch barometrische Höhenmessung mittels Aneroiden bestimmt; die hierbei verwendeten Instrumente dieser Art, zumeist der Werkstätte von Böhne in Berlin entstammend, besitzen im allgemeinen eine solche Zuverlässigkeit, daß sie mit den sonst bei Höhenmessungen gebräuchlichen Quecksilberbarometern nahezu in eine Linie zu stellen sind, vor diesen jedoch den Vorzug leichter Handhabung besitzen.

Alle diese Punkte bilden nun die Leitpunkte zur Einzeichnung der Niveaulinien, oder wie der neue Fachausdruck lautet, der Schichtenlinien. Es werden auf den neuen Meßtischblättern 4 Gattungen auftreten: Hauptniveaulinien von 20 m Schichthöhe, welche etwa den 50'-Linien der älteren entsprechen; Zwischenniveaulinien von 10 m Schichthöhen (die 25'-Linien der bisherigen M.T.Bl.); Normalniveaulinien mit 5 m Schichthöhe; endlich Hilfsniveaulinien von 2,5 bis 1,25 m Schichthöhe, diese in flachem Terrain. Äußerlich unterscheiden sie sich voneinander wie die alten durch ihre verschiedene Stärke und durch die Strichelung.

Wie früher erfährt auch die neue topographische Aufnahme eine wesentliche Unterstützung durch die Zuhilfenahme der bereits vorhandenen Flurkarten zur Eintragung des Wegenetzes, der Kultur- und Ortsgrenzen, der Landesgrenzen und dergl. mehr; denn es würde mit Rücksicht auf die Genauigkeit der Flurkarten infolge ihres größeren Maßstabes eine Neuaufnahme des Wegenetzes zwecklos sein. Zu ihrer Verwendung werden die Flurkarten vorerst einer Reduktion auf den Maßstab 1 : 25 000 unterworfen, wodurch die Einfügung ihrer brauchbaren Angaben in die Meßtischblattaufnahme vereinfacht wird.

Besondere Aufmerksamkeit hat der Topograph den Namen von von Orten, Bergen, Thälern und Flüssen etc. zu widmen, wobei alle offiziellen Quellen hierüber zu Rate gezogen werden und ihre Zuverlässigkeit durch besondere Nachfragen bei Ortsvorstehern, Geistlichen etc. festzustellen ist; es werden sonach die Meßtischblätter auch in dieser Beziehung maßgebend sein.

Nachdem der Topograph die Kartierung seines Blattes beendet, und, unter Weglassung der Richtstrahlen etc., die Einzeichnungen mit Tusche überzogen, erfolgt die Kolorierung desselben nach Maßgabe der Vorschriften, welche bei der Landesaufnahme für die Kennzeichnung der Aufnahmeobjekte bestehen. Hierbei müssen wegen der nachfolgenden photographischen Vervielfältigung besondere Farben angewendet werden¹⁾.

C. Die kartographische Abteilung.

Die Aufgabe dieser Abteilung ist nunmehr die Fertigstellung und Kurrenthaltung der Karten, welche auf Grund der trigonometrischen und topographischen Aufnahmen herzustellen sind, also

1) Blaue Linien z. B. würden in der fotogr. Wiedergabe des Meßtischbl. weiß erscheinen.

insbesondere der Meßtischblätter, der auf diesen beruhenden Blätter der Karte des Deutschen Reiches im Maßstab 1:100 000, sodann aller Übersichtsblätter der trigonometrischen Punkte, Nivellementsnetze, der sog. Manöverkarten, der Garnisonumgebungskarten und der „Topographischen Spezialkarte von Mitteleuropa“ im Maßstab 1:200 000 (frühere Reymannsche Karte).

Zu diesem Zweck werden die Meßtischblätter photographiert, sodann durch Lithographie vervielfältigt; die Vervielfältigung der Karte des Deutschen Reiches dagegen erfolgt durch Kupferstich. Die Dauer des Stiches einer Gradabteilungskarten ist je nach der Schwierigkeit des Terrains verschieden und schwankt zwischen $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Jahr.

Die zweite Hauptaufgabe der kartographischen Abteilung besteht in der Evidenthaltung der Karten, d. h. in der Kontrolle aller Veränderungen der Aufnahmegebiete durch Natur oder Menschenhand und Nachtragung derselben. Hierher gehören insbesondere die Eisenbahnen, Straßen, Kanäle, die neuen Wegenetze separierter Fluren und dergl. mehr. Zur Erleichterung dieser Nachträge sind die betreffenden Orts- und sonstigen Behörden angewiesen, über vorgekommene Veränderungen dieser Art an das Zentralkontor der Vermessungen zu berichten.

D. Das Personal der Landesaufnahme und die jährliche Arbeitsleistung derselben.

Die Zusammensetzung der Körperschaft, welche mit der Aufgabe betraut ist, außer einem einheitlichen Kartenbild des Staatsgebietes zuverlässige und dauernde Grundlagen für Spezialvermessungen anderer Vermessungsinstitutionen zu schaffen, war Mitte der achtziger Jahre die folgende.

Die Oberleitung der gesamten Landesaufnahme liegt in der Hand des Chefs der Landesaufnahme (General).

Die einzelnen Abteilungen setzen sich sodann, wie folgt, zusammen:

Die trigonometrische Abteilung:

- 1 Chef und 7 Vermessungsdirigenten ¹⁾,
- 27 Trigonometer und Hilfstrigonometer,
- 8 kommandierte Offiziere.

Die topographische Abteilung:

- 1 Chef und 5 Vermessungsdirigenten,
- 79 Topographen und Hilfstopographen,
- 22 kommandierte Offiziere.

¹⁾ Die Chefs der Abteilungen sind Obersten, die Dirigenten, Hauptleute oder Stabs-offiziere.

Die kartographische Abteilung:

- 1 Chef und 4 Dirigenten,
- 47 Kartographen und Hilfskartographen,
- 3 technische Inspektoren,
- 26 Photographen, Lithographen, Kupferstecher.

Dazu kommen noch Techniker, Drucker, Koloristen, in Accord arbeitende lithographischen Anstalten etc.

Die eingangs erwähnte Monographie über die Kgl. Landesaufnahme von v. Morozowicz bringt eingehendere Mitteilung über Dienstverhältnisse, Thätigkeit, Budget der Landesaufnahme u. a.; hier sei noch kurz bemerkt, dass von den Offizieren einzelne vorübergehend, andere mehrere Jahre, ein dritter Teil endlich dauernd bei der Landesaufnahme beschäftigt.

Die Arbeitsleistung pro Jahr beträgt bei den beiden vermessenden Abteilungen rund 200 Quadratmeilen, bei der kartographischen dagegen wegen ihrer verschiedenartigen Aufgaben bedeutend mehr; es würden sonach, wenn die Arbeitsleistung immer die gleiche gewesen, zur Bewältigung der Aufnahme des ganzen Staatsgebietes von 6000 Qu.-Meilen etwa 30 Jahre erforderlich sein. Eine solche kann jedoch streng genommen nie als ganz abgeschlossen gelten, sofern einerseits die Kurrenthaltung der Karten fortwährende Rekognoszierungen im Arbeitsgebiet und Nachträge in den Karten erfordert, andererseits die Fortschritte der Wissenschaft und Technik während des ganzen Zeitraumes der Aufnahme bereits wieder eine erneute Inangriffnahme der zuerst vermessenen Staatsgebiete in Aussicht stellen.

* * *

III. Die neuen Triangulationen I. Ordnung in Thüringen.

Von den Seite 69—70 angeführten Dreieckskonfigurationen der neuen Landesaufnahme kommen für das Thüringer Land vier in Betracht, nämlich:

- das „Thüringische Netz“,
- der südliche Teil der „Hann.-Sächsischen Kette“,
- das Ostende der „Rheinisch-Hessischen Kette“ und
- der südliche Teil des „Sächsischen Netzes“.

Die Hann.-Sächsische Kette besteht aus 20 Hauptdreiecken, deren Winkel 1880—81 gemessen wurden. Ihre Basis liegt bei Göttingen.

Von ihren Dreiecken entfallen auf Thüringen acht bis neun mit den

Hauptpunkten:

Brocken T.¹⁾
 Ahlsburg S.
 Ohmberg Pf.
 Meisner Pf.
 Inselsberg T.-Pf.
 Kyffhäuser Pf.
 Ettersberg S.
 Wilsdorf Pf.
 Petersberg Kt.
 Leipzig (Pleißenburg T.).

Zwischenpunkten:

Staufenberg S.
 Effelder Pf.
 Straußberg Pf.
 Possen T.
 Fahnerhöhe S.
 Bienstedter Warte T.
 Monraburg Pf.
 Kahlwinkel S.
 Burkarsroda Kt.
 Farnstedt S.
 Roßbach Pf.

Die durchschnittliche Seitenlänge im Thüringischen Teil der Kette beträgt 52 km, als längste Seite finden wir Inselsberg-Kyffhäuser mit 76, als kürzeste Ettersberg-Wilsdorf mit 38 km. Der mittlere Winkelfehler betrug 0,47.“

Am Nordrand schließt das „Sächsische Netz“ an, welches außer 10 Anschlußpunkten der Hann.-Sächs. Kette und der Elbkette 5 Innenpunkte und 19 Zwischenpunkte besitzt. Von letzteren entfallen auf Thüringen Viktorshöhe S. und Greifenhagen S.

Die Seiten Inselsberg-Ettersberg-Wilsdorf-Leipzig der Hauptkette bildeten nun die Anschlußseiten für das eigentliche „Thüringische Netz“, Winkelmessung 1888—89. Dasselbe besitzt auf einem Flächenraum von 9480 qkm oder 172 Qu.-Meilen außer den 4 Anschlußpunkten noch folgende

Netzpunkte:

Kickelhahn T.
 Luisenturm T.
 Luftschiff S.
 Roda S.
 Röden Pf.
 Reust Pf.
 Kuhberg Pf.
 Kleina S.
 Stelzen Pf.
 Döbra Pf.
 Wetzstein S.
 Coburg S.
 Bleß S.
 Gleichberg S.

Zwischenpunkte:

Seeberg S.
 Seebergen S.
 Schneekopf T.
 Reinsburg S.
 Riechheimer Berg S.
 Kötsch S.
 Vierzehnheiligen Kt.
 Frauenprießnitz S.
 Jaucha S.
 Tautenhain S.
 Leuchtenburg T.
 Schönborn S.
 Langenwolschendorf S.
 Culm (b. Saalburg) S.
 Schmorda S.
 Hoheneiche Kt.
 Heldburg, Veste T.

1) T. Schloß-, Ruinen- oder Aussichtsturm; S. Signal; Pf. Steinpfeiler; Kt. Kirchturm.

Von den Netzknoten gehören Röden, Reust, Kuhberg, Stelzen, Döbra zugleich der neuen Sächsischen (1867—78), ferner Döbra, Coburg, Gleichberg auch der Bayrischen Haupttriangulation an. Außerdem wurden die Sternwarten zu Gotha und Leipzig an das Netz angeschlossen. Am Südostrand findet¹⁾ eine Berührung mit dem österreichischen Netz durch die Punkte Kuhberg und Stelzen einerseits, Kapellenberg und Aschberg andererseits statt. Für 11 Netzknoten wurden Signale von durchschnittlich 15 m Höhe gebaut; das größte derselben, auf dem Bleß, besitzt 26 m Beobachtungs- und 32 m Leuchthöhe (Heliotropenstand). Der mittlere Winkelfehler im Netz beträgt 0,37"; zur Bestimmung der 14 Netzknoten wurden 3152 Einstellungen (nach Heliotropen) gemacht; gleichzeitig wurden alle einstellbaren Türme je 6mal angeschnitten. Die durchschnittliche Seitenlänge beträgt 33 km, die längste Inselsberg-Ettersberg 59, die kürzeste Roda-Röden 15 km.

Die Seiten: Meisner-Inselsberg-Gleichberg bilden den Anschluß für die „Rheinisch-Hessische Kette“, deren Winkelmessung eben vollendet. Dieselbe besitzt 28 Dreiecke; ihre Basis wird sie 1892 an Stelle der älteren Bonner Grundlinie erhalten, welche im Jahre 1847 gemessen worden ist. Am westlichen Punkt der Kette bei Aachen wird übrigens der Anschluß der belgischen Triangulation an die preußische stattfinden. Von der Rhein-Hess. Kette entfallen außer den drei Anschlußpunkten auf Thüringen:

die Hauptpunkte:

Kreuzberg S.
Knüll Pf.

die Zwischenpunkte:

Ahlheimer S.
Boyneburg S.
Stoppelsberg T.
Milseburg Pf.
Baier S.
Geba S.
Dolmar S.

Vergleichen wir die Punkte I. O. auf der Karte mit dem älteren Netz I. O. und II. O. 1. Klasse, so finden wir von den Standorten der letzteren 23 wieder benutzt; die übrigen sind zu Punkten geringerer Ordnung verwendet, umgekehrt Punkte II. und III. O. der älteren Triangulation zu Punkten I. O. erhoben worden, so z. B. Vierzehnheiligen.

Eine besondere Erwähnung verdienen von den eingezeichneten Punkten I. O. die Punkte: Meisner, Knüll, Milseburg, Inselsberg, Ohmberg, Brocken, Kyffhäuser, Ettersberg, Wilsberg, Petersberg und Leipzig; endlich der Herkules bei Kassel, von denen die Mehrzahl zugleich Dreieckspunkte des geodätischen Institutes (dem hessischen und dem thüringisch-märkischen Dreiecksnetz desselben angehörend) trägt; die von ihnen begrenzten Dreiecke (etwa 15) bilden nämlich einen Teil der großen Dreieckskette, welche, an der Südwestspitze von Irland unter 7° östlich Ferro beginnend, bis weit in das russische Reich hin nach Orsk unter 76° östlich Ferro zieht, sonach 70 Längengrade

1) Durch die sächsische Triangulation.

überspannt. Diese Kette soll zur Messung der Längengrade unter dem 52.^o Parallel dienen; von ihr finden wir im Deutschen Reich westlich Thüringen noch 40, östlich davon noch 60 Dreiecke; der westliche Anschluß, an die belgischen Dreiecke, findet nördlich Aachen, der östliche, an die russischen Dreiecke, bei Czenstochau an der Warthe statt; im ganzen umfaßt diese Längengradmessung einen Parallelbogen von rund 4800 km oder 650 Meilen Länge. Im thüringischen Teil derselben finden wir zugleich eins der größten geodätischen Dreiecke: dasjenige von Herkules-Inselsberg-Brocken, dessen Seiten 101, 106 und 91 km Länge besitzen.

Die Nivellements der L.-A. in Thüringen.

Die verschiedenen Nivellementszüge, welche an die oben erwähnte Berliner Schleife angeschlossen wurden, ergaben schließlich ein Netz von Nivellementsschleifen, wobei die Genauigkeit der Messung durch die Schlußfehler dieser Schleifen kontrolliert wurde; es ergibt nämlich infolge der Beobachtungsfehler und geodynamischer Ursachen die Zusammenfügung der Teilstrecken eines solchen Polygons bei der Rückkehr zu einem der Teilpunkte gewöhnlich nicht Null, sondern einige Millimeter oder Zentimeter mehr (+) oder weniger (—).

Auf Thüringen entfallen folgende Nivellementsschleifen:

- a) Die nordthüringische; Umfang $u = 351$ km; Schlußfehler $w = -14$ mm; berührte Hauptorte: Halle-Merseburg-Weissenfels-Naumburg-Kösen-Eckardsberga-Apolda-Weimar-Erfurt-Langensalza-Mühlhausen-Heiligenstadt-Leinefelde-Nordhausen-Roßla-Sangerhausen-Eisleben-Halle.
- b) die ostthüringische: $u = 224$ km; $w = -9$ mm; Weissenfels-Zeitz-Gera-Triptis-Neustadt (mit bes. Höhenmarke am Rathaus) - Pößneck - Saalfeld - Rudolstadt - Blankenhain - Weimar - - - Weissenfels.
- c) die südthüringische: $u = 359$ km; $w = +58$ mm; Saalfeld-Eichicht-Probstzella-Sonneberg-Coburg (südlich davon der Anschluß an Bayern) - Rodach - Hildburghausen - Schleusingen-Suhl-Schmalkalden - Salzungen-Dorndorf - Marksuhl-Eisenach-Gotha-Erfurt - - - Weimar - - - Saalfeld.
- d) die Westthüringische: $u = 387$ km; $w = -34$ mm; Dorndorf-Vacha-Hersfeld-Oberaula-Ziegenhain - Wabern - Kassel - Münden-Göttingen-Heiligenstadt - - - Erfurt - - - Dorndorf.

In Gera findet ein Anschluß an das Nivellementsnetz des Königreichs Sachsen statt, welches wiederum bei Adorf und Hof an das österreichische und bayrische Nivellement anschließt.

Es ist noch zu erwähnen, daß Thüringen auch zwei Nivellements des geodätischen Institutes durchziehen; das nördliche derselben läuft längs der Eisenbahn von Halle nach Heiligenstadt nach

dem Rhein hin, während von dem Gradmessungsnivellement zwischen Swinemünde und Konstanz die Stationen der Thüringischen Eisenbahn von Halle bis Marksuhl berührt werden.

Das preußische Gesamtnetz umfaßt etwa 7000 Punkte, welche in oben angegebener Weise durch Steine und Marken festgelegt sind. Sie bilden, wie erwähnt, Anschlußpunkte für die Höhenbestimmung der trig. Punkte I.—IV. O. auf nivellitischen und trigonometrischem Wege. Von diesen können wir auf die Quadratmeile rund 10 rechnen, sonach auf die 6000 Qu.-Meilen des Vermessungsgebietes etwa 60 000. Daraus ergibt sich, daß das Staatsgebiet nach Beendigung seiner trigonometrischen und nivellitischen Aufnahme von einem Höhennetz mit nahezu 70 000 Punkten überspannt sein wird, deren Höhen mit aller Sorgfalt gemessen werden, so daß sich für jede die Grenzen ihrer Genauigkeit angeben lassen.

Eine wesentliche Verdichtung erhält jedoch dieses Netz noch durch den gesetzlich bestimmten Anschluß aller übrigen staatlichen Nivellements an die Festpunkte der L.-A., hierbei sind für die technischen Nivellements Genauigkeitsgrenzen vorgeschrieben, welche die neueren Eisenbahnnivellements auf die gleiche Stufe wie jene der Landesaufnahme erheben. Von den außerpreußischen Staaten hat bereits Altenburg den Vorgang Preußens befolgt durch ein Präzisionsnivellement, welches, von Weimar ausgehend, über Jena, Göschwitz, Rudolstadt im Anschluß an die Festpunkte der L.-A. in beiden Endpunkten eine Grundlage für weitere Höhenbestimmungen im altenburgischen Westkreis zu schaffen hatte. Dies Nivellement ermöglichte auch den Anschluß von Jena, der Leuchtenburg u. a. O. an das Höhennetz der Landesaufnahme. Es fragt sich nun, innerhalb welcher Grenzen unsere neueren thüringischen Höhenangaben sicher sind.

Zur Vergleichung der Genauigkeit verschiedener Nivellements dient wie bei der Basismessung zunächst der mittlere Fehler pro Kilometer (vgl. S. 72). Dieser beträgt bei den Präzisionsnivellements der Landesaufnahme und Gradmessung durchschnittlich 2 mm, als zulässige Grenzen sind je nach dem Terrain 3—5 mm festgesetzt, d. h. wenn eine Strecke mehrmals nivelliert worden ist, so soll die Unsicherheit auf einer Einzelkilometerstrecke für jedes einzelne Nivellement durchschnittlich 2 mm betragen, wie dies auch bei den Nivellements der Landesaufnahme und des geodätischen Institutes durchweg der Fall ist; der mittlere Kilometerfehler im Endresultat stellt sich sodann durchschnittlich auf 1,4 mm. Bei Längenmessungen und Nivellements wachsen nun diese mittleren Fehler nicht proportional der Länge selbst, sondern der Quadratwurzel aus dieser; greift man dann irgend eine Höhenmarke im mittleren Thüringen heraus, beispielsweise mit einer Entfernung (auf der Nivellementsstrecke gemessen) von 250 km von Berlin, so läßt sich die Unsicherheit der Ordinate der Höhenmarke zu $1,4 \times \sqrt{250} = 22$ mm veranschlagen. Im allgemeinen darf man annehmen, daß die Höhenangaben unserer

Höhenmarken und sonstigen Festpunkte in Thüringen auf 2—4 cm genau sind.

Wenn man nun trotz dieser Unsicherheit an den Höhenmarken oder in den Höhenverzeichnissen der L.-A. noch die Millimeter mitangegeben findet, so geschieht dies, um die Ausgleichung der Widersprüche späterer Anschlußnivelements in schärferer Weise bewerkstelligen zu können. Nehmen wir z. B. an, irgend ein Nivellement schließe an einen Festpunkt der L.-A. und auf dem nächsten ab, so sollte es nahezu denselben Höhenschied beider Punkte liefern, wie die offiziellen Höhenverzeichnisse dafür angeben; dies ist jedoch gewöhnlich nicht der Fall, und da der von der L.-A. bestimmte Höhenunterschied nach dem oben Gesagten nur um einige Millimeter unsicher sein kann, so fällt die Abweichung dem späteren Nivellement zur Last; der Widerspruch ist sodann auf die ganzen durch das spätere Nivellement berührten Punkte proportional ihrer Entfernungen von den Anschlußpunkten zu verteilen, wozu es der Kenntnis der einzelnen Millimeter für die Festpunkte bedarf.

Die Veröffentlichung der trigonometrischen und nivellistischen Aufnahmen.

Der Berechnung der Koordinaten des trig. Netzes folgt die Veröffentlichung der Resultate möglichst auf dem Fuße nach in Bänden des Druckwerkes: Die Königlich Preussische Landes-Triangulation: Abrisse, Koordinaten und Höhen sämtlicher von der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme bestimmten Punkte. Dasselbe wird nach seiner Vollendung 24 Bände umfassen, von denen nahezu die Hälfte (der östl. und nördl. Teil der Monarchie) erschienen; auf Thüringen werden die Bände

- XVI (das eig. Thüringen),
- XV (nordöstl. Thüringen),
- XVII (nordwestl. Thüringen)

entfallen.

Ferner werden „Blätter des Dreiecksnetzes I. und II. O.“ herausgegeben, von welchen für Thüringen die Blätter XXV, XXIV, XXX und XXXI in Betracht kommen werden. Diesen schließen sich endlich an „Übersichtsblätter sämtlicher Punkte“, davon für Thüringen von O. nach W. Nr. 85—88, 94—97, (105—108).

Die Bände des Druckwerkes enthalten außer einigen Übersichts-karten insbesondere: die Abrisse der Beobachtungen (vgl. Seite 81) auf den trig. Punkten; ferner die geographische Breite und Länge¹⁾

1) Da bei Berechnung dieser Länge die Längenangabe der Berliner Sternwarte von 1865 verwendet wird, diese jedoch nach den neuen Bestimmungen um 12,93'' zu groß erhalten wurde, so würden alle Längenangaben der L.-A., behufs Vergleichung mit neueren astron. Bestimmungen von Punkten derselben, vorerst noch um diesen Betrag zu verringern sein.

aller Punkte I.—IV. O.; weiterhin die rechtwinklig-sphärischen Koordinaten derselben; endlich die Höhen aller Punkte über N.N.

Im Hinblick auf den gegenwärtigen Stand der Arbeiten in Thüringen kann die bezügliche Veröffentlichung erst nach einer längeren Reihe von Jahren erwartet werden; bis jetzt sind separat veröffentlicht die Ergebnisse der Hauptdreiecks-Messungen in der hann.-sächsischen Kette und dem Göttinger Basisnetz (vgl. Anmerkung 2 zu Seite 69).

Die Veröffentlichungen der Messungsergebnisse, insbesondere die Koordinatenverzeichnisse, kommen in erster Linie den Katasteraufnahmen zu statten, welche laut Verordnung des Zentralkontrollamtes vom Jahre 1879 im Anschluß an die trig. Punkte der Landesaufnahme zu erfolgen haben.

Zu diesem Zweck sind jedoch die von der L.-A. gegebenen Koordinaten umzurechnen in ein besonderes System rechtwinklig-sphärischer Koordinaten. Es sind seit Anfang der achtziger Jahre auf Antrag des Königl. Generalinspektors des Katasters Gauß, nach dem Vorgang der bayerischen Landesvermessung, für das Gebiet der Monarchie statt des einen früher erwähnten 40 Nullpunkte festgesetzt worden, in bezug auf welche nun die rechtwinklig-sphärischen Koordinaten der in ihrem festgesetzten Bezirk gelegenen Punkte berechnet werden. Da diese Koordinaten innerhalb kleiner Bezirke für die unmittelbaren Zwecke der Katasteraufnahmen als ebene Koordinaten, wie sie z. B. in der analytischen Geometrie verwendet werden, behandelt werden können, so ist es dem Katasterbeamten bei Anschluß seiner Vermessungen an solche Punkte leicht gemacht, seine Pläne mit dem gewöhnlichen Koordinatensystem in eins jener allgemeinen Systeme einzufügen. Aus dem Verhältnis des Areals der Monarchie zur Anzahl der Nullpunkte ergibt sich, daß der Geltungsbezirk eines solchen Koordinatensystems durchschnittlich 150 Qu.-Meilen oder 12 Meilen ins Geviert umfaßt. Für Thüringen kommen hierbei namentlich in Betracht die Koordinatennullpunkte

Nr.	Punkt	Breite	Länge	Geltungsbezirk
21.	Burkersrode	51° 10' 38,84"	29° 18' 25,85"	die Kreise: Halle, Mansfeld, Eckardsberga, Merseburg, Naumburg, Querfurt, Saalkreis, Sangerhausen, Weißenfels, Zeitz, Ziegenrück.
22.	Inselsberg	50 51 07,69	28 08 00,31	Regbez. Erfurt (mit Ausnahme von Kreis Ziegenrück); Kreis Schmalkalden.

Die Veröffentlichung der Ergebnisse der Präzisionsnivellements erfolgt gleichfalls in besonderen Bänden. Von diesen werden handliche Auszüge geliefert, welche die Beschrei-

bung der Festpunkte und ihre Höhen über N.N. enthalten. Die mitteldeutschen Nivellements enthält der:

„Auszug aus den Niv. der trig. Abteilung der L.-A., Heft III, Provinzen Sachsen, Hessen-Nassau und die thüringischen Lande“. Berlin 1886.

Über das Vorwärtsschreiten der Landesaufnahme wurde bis zum Jahre 1883 in der seither nicht mehr erschienenen „Registrande des Großen Generalstabs“ ein ausführlicher Jahresbericht erstattet; neuerdings findet man die Fortschritte der Triangulationen I. O. sowie der Präzisionsnivellements angegeben in den Berichten über die Verhandlungen der jährlichen allgemeinen Konferenzen der internationalen Erdmessung, aus welchen wiederum Auszüge beispielsweise in Wagners Geographischem Jahrbuch, in der Zeitschrift für Vermessungswesen, u. a. erscheinen. Diese „Verhandlungen“ enthalten zugleich die Berichte über die Triangulationen und Nivellements aller übrigen der internationalen Erdmessung beigetretenen Staaten.

* * *

Das letzte Ergebnis der Landesaufnahme stellt sich uns dar in der „Karte des Deutschen Reiches“. Erinnern wir uns zum Schluß, welchen Zeit- und Arbeitsaufwand die Herstellung ihres heimatlichen Blattes derselben beanspruchte. Rechnet man auf die Rekognoszierung, den Signalbau und die Beobachtungen I. O. in einer Dreieckskonfiguration je ein Jahr, weiterhin je ein Jahr auf die Triangulation II. O. und die Detailtriangulation, so erfordert weiterhin die Verarbeitung dieser Triangulationen für die topographische Abteilung, sodann die Arbeiten dieser selbst etwa zwei Jahre; weitere drei Jahre beansprucht endlich die Herstellung der Meßtischblätter und Gradabteilungskarten. Es stellt somit unser Orientierungsmittel für Ausflüge, Oberflächen-gestaltung und geographische Ortsbestimmungen die Arbeitsleistung eines Dezenniums dar.

Um die Wende dieses Jahrhunderts wird nun geographische Lage und Meereshöhe einer fast unzählbaren Reihe von Festlegungssteinen, Türmen etc. bis auf Bruchteile von Sekunden und Metern bestimmt sein; diese und ihre veröffentlichten Koordinaten werden dann nicht nur den Spezialaufnahmen des Katasters und der sonstigen staatlichen wie privaten Vermessungsinstitute zu gute kommen, unschätzbare Vorteile wird auch die Allgemeine Erdkunde aus ihrer Bestimmung ziehen. Man neigt neuerdings der Ansicht zu, daß die Erdrinde stellenweise auch jetzt noch Bewegungen in vertikaler und vielleicht auch in seitlicher Richtung ausführt; dann würden jene Nivellementspunkte im Verein mit den trig. Festpunkten auf Kirchtürmen und Berggipfeln die Marksteine in dem faltigen Antlitz der Mutter Erde bilden, welche eine Kontrolle seiner leisen Regungen ermöglichen.

Nachtrag.

Je nach dem Zweck der Messungen lassen sich im Bereich der Niederen Geodäsie fünf Hauptgruppen von Vermessungsarbeiten unterscheiden, welche z. T. ineinander übergreifen.

1. Die Gemarkungs- und Stückvermessungen des Katasters und die Stadtvermessungen. Ein über die Gemarkung gelegtes trig. Netz bildet die Grundlage für die weitere Vermessung, und zwar wird dieses in Gegenden, in welchen bereits eine Landes-triangulation stattgefunden, an die Punkte derselben angeschlossen. Eine zweite Art trig. Punkte wird erhalten durch pothenotische Bestimmungen, d. h. Messung der Winkel zwischen den Richtungen im Standort nach wenigstens drei Netzpunkten; die Winkel in Verbindung mit den bekannten gegenseitigen Entfernungen der Zielpunkte liefern die Abstände des Standortes von jenen, also seine Lage. Die Lage aller trig. Punkte wird angegeben durch ihre rechtwinkligen Koordinaten, d. h. ihre Abstände (Lote) nach Osten oder Westen vom Meridian eines inner- oder außerhalb des Netzes gelegenen Hauptpunktes (ihre Ordinaten) und die Abstände der Lotfußpunkte auf dem Meridian nach Norden oder Süden vom Hauptpunkt oder Koordinatennullpunkt (ihre Abscissen)¹⁾. Die Festlegung erfolgt bei denjenigen Punkten, welche im Terrain (im Gegensatz zu Turnknöpfen etc.) liegen, unterirdisch durch lotrecht stehende Drainröhren. — Diese trig. Punkte dienen weiterhin als Anschlüsse für Polygonzüge, gebrochene Linien, deren Teilstrecken mit Latte und Meßband, deren Brechungswinkel mit dem Theodolit gemessen werden; die Verbindung von Teilstrecken, Brechungswinkeln und Anschlußwinkeln an die Netzseiten gestattet die Berechnung der Lage eines jeden Brechungspunktes (Polygonpunktes) im oben erwähnten Koordinatensystem. — Die Polygonseiten können nunmehr als sekundäre Abscissenachsen für die Stückvermessung, d. h. die Aufnahme der Grundstücke, Gebäude, Kulturen durch Einmessung der Abscissen und Ordinaten ihrer Eckpunkte mit Meßband desgl. für das Wegenetz verwendet werden. — In gleicher Weise, hauptsächlich unter Anwendung von Polygonzügen, erfolgen die Stadtvermessungen. Hierzu kommt noch die Bestimmung der Höhenlage der Hauptpunkte sowie Profilierung bestimmter Linien, z. B. Straßen und Wasserläufe, durch Nivellements. Nach Beendigung der Aufnahme erfolgt die kartographische Darstellung in Plänen und Karten, ferner die Flächenberechnung für bestimmte Zwecke, wie Grundstückszusammenlegungen (Separationen) die Bodenwertermittelung und Flächenteilung.

2. Arbeiten für technische Zwecke, insbesondere Eisenbahnanlagen. Der Entwurf von Eisenbahnen, Kanälen, Straßen erfordert die Darstellung der Oberflächengestaltung des Landstreifens, welcher für die auszuwählende Trace in Betracht kommt, in Höhenschichten von sehr geringem vertikalen Abstand. Die Grundlage für

1) Vergl. 3. Abschn.

die hierzu erforderlichen Aufnahmen bilden zumeist Polygonzüge. Von ihren durch Nivellements auch der Höhe nach bestimmten Punkten erfolgt sodann mittels Tachymetrie die gleichzeitige Bestimmung von Richtung, Entfernung und Höhenlage umliegender Terrainpunkte, welche als Leitpunkte für die Herstellung der Höhenlinien dienen sollen. Die Tachymetrie bedient sich hierzu besonderer Theodoliten, deren Fadenkreuz dem der entfernungsmessenden Koppregel (vgl. 2 Abschnitt) ähnlich, oder des Meßtisches, sowie einer Distanzlatte. Die auf Grund der Aufnahmen hergestellten Schichtenpläne ermöglichen außer Auswahl der Trace weiterhin die Vormittelungen über die Massenverteilung und -Transport. — Zu dieser Gruppe gehören ferner die Absteckungen der definitiven Strecken über Tag und unter Tag (Tunnels).

3. Militär-topographische Aufnahmen, vgl. 2. Abschnitt. Bei dieser und der vorerwähnten Gruppe erfolgt die Höhenbestimmung der Terrainpunkte trigonometrisch und barometrisch (mit Aneroiden).

4. Markscheideraufnahmen. Richtungs- und Neigungsmessungen von Stollen; Markscheiderzüge (Polygonzüge unter Tag); Bestimmung des Streichens und Fallens der Gesteinschichten; im Anschluß hieran der Richtungen zur Erreichung bestimmter Schichten; Projektionen von Punkten über Tag in die Grube und umgekehrt.

5. Nautische Vermessungen. Ihre Hauptaufgabe besteht in der Bestimmung des jeweiligen Schiffsortes nach geographischer Länge und Breite aus Beobachtung von Himmelskörpern. Als Grundlage dient die Bestimmung der mittleren Zeit des jeweiligen Beobachtungsortes; die Differenz zwischen berechneter Zeit und der Zeitangabe der Schiffsuhr liefert den Längenunterschied zwischen Beobachtungsort und demjenige Hafenort, dessen mittlere Zeit das Chronometer angiebt. Die Bestimmung der geographischen Breite erfolgt in allbekannter Weise. — Weiterhin sind anzuführen die Arbeiten zur Vervollständigung der Seekarten: Untersuchungen über Gestaltung des Meeresbodens durch Lotungen; Küstenaufnahmen durch Triangulation, pothenotische Bestimmungen und topographische Aufnahmen.

Die bei diesen fünf Gruppen verwendeten Theodoliten, desgl. die in der Nautik verwendeten Sextanten gestatten mittels Nonien die Ablesung von 1' bis 6". Als Kontrolle bei der Dreiecksmessung dient die Winkelsumme = 180°. Die neuerliche Berücksichtigung aller bei Dreiecksmessungen, pothenotischen Bestimmungen, Polygonzügen und Nivellements gegebenen Kontrollen erfordert Ausgleichung der Beobachtungen und Resultate nach der Methode der kleinsten Quadrate.