

## Einwägung von Festpunkten an der Linie Böblingen—Lustnau, Sommer 1902.

Mit 14 Figuren.

Von E. Hammer.

### I. Zweck des Nivellements.

Der Zweck der hier zu beschreibenden Arbeit ist der, zunächst an einer einzelnen Linie festzustellen, ob im Schollenland unserer Sedimentärgesteine dauernde vertikale Bodenbewegungen nicht ganz lokaler, sondern regionaler Art in nennenswerten und in kürzerer Zeit meßbaren Beträgen vorkommen, wie sie in Deutschland für verschiedene Gegenden behauptet, aber wohl nur ganz ausnahmsweise auf Grund von Feinnivellierungen genügend einwandfrei bewiesen worden sind\*.

Dieser Zweck soll durch Wiederholung des Nivellements der gewählten Linie in geeigneten Zeitabschnitten verfolgt werden; ich hatte mir als Zeitraum zwischen zwei Nivellierungen je 5 Jahre gedacht, so daß die zweite im Jahr 1907 durchzuführen wäre. Ob dies geschieht, vermag ich, da ich seit Sommer 1904 nicht mehr Erdmessungskommissär bin, nicht zu sagen.

---

\* Die geologischen Beweise, die wir in zahllosen großen und kleinen Verwerfungen u. s. f. als „versteinerte Erdbeben“ kennen, bleiben hier außer Betracht. Über die Bestrebungen von P. Kahle im östlichen Thüringen vgl. z. B. die Andeutungen in meinem Referat in Petermann's Mitteilungen 1903 Heft XII über Bodenhebungen und -Senkungen in Japan. Den langsamen tektonischen Veränderungen der Höhenlage der Bodenoberfläche in Schollenländern stehen in Gebieten mit reger jungvulkanischer und seismischer Tätigkeit auch gewaltsamere Änderungen gegenüber, von denen einzelne durch feine Messungen genügend sichergestellt sind; z. B. wurden im Bezirk Nō-Bi in Japan als Folge des Erdbebens vom 28. Oktober 1891 Hebungen des Bodens bis zu 0,8 m und Senkungen bis zu 0,4 m mit Sicherheit nachgewiesen (Mitteilungen von M. Sugiyama in Tokyo auf der Erdmessungskonferenz in Kopenhagen 1903, über die a. a. O. berichtet ist).

Der Plan des Nivellements, die Herstellung der Festpunkte und die erstmalige Messung wurde vom K. Ministerium des Kirchen- und Schulwesens unter Übernahme der Kosten auf die Mittel der württembergischen Erdmessungskommission 1901 genehmigt; in dem genannten Jahr wurden auch noch die Festpunkte hergestellt, die erste Einwägung konnte aber erst im Sommer 1902 ausgeführt werden.

Als zu nivellierende Linie wurde die Straße von Böblingen über Holzgerlingen, Schaichhof, Stelle, Bebenhausen nach Lustnau gewählt (Böblingen—Stelle: Straße No. 84, Stelle—Lustnau: Straße No. 83 nach der Bezeichnung der K. Straßenbauverwaltung); eine solche Linie durch den Schönbuch schien mir vor allem in Frage zu kommen, weil gerade dort für zahlreiche Punkte starke Vertikalbewegungen des Bodens mehrfach behauptet worden sind (Aussichtsänderungen in der Umgebung von Schönaich usw.).

Untersuchungen auf Grund vorhandener Einwägungen, Vergleichen neuer mit bereits früher festgestellten Zahlen, sei es an Strecken des Präzisionsnivellements der früheren Gradmessungskommission<sup>1</sup>, sei es an Strecken des z. T. neuen Eisenbahnnivellements<sup>2</sup>, haben keinen Wert, weil diese Nivellierungen an sich zu wenig genau sind (infolge ungenügender Feststellung der Länge des Lattenmeters) und weil die „Festpunkte“ der meisten dieser Nivellementslinien, soweit sie bei den Gradmessungsnivellierungen noch vorhanden sind, zu wenig gut versichert waren.

Untersuchungen von der Art der von VÖGLER und neuerdings von SCHUMANN angestellten (über die periodischen Veränderungen der Richtung der Lotlinien in Punkten eines kleinen Gebiets) gehören nicht in das Programm der hier zu beschreibenden Arbeit; ich glaubte deshalb auch nicht die von diesen Beobachtern erreichten außerordentlich kleinen mittleren Kilometerfehler anstreben zu sollen:

<sup>1</sup> Ergebnisse in: Publication der K. Württembergischen Commission für Europäische Gradmessung. Präzisions-Nivellement. Ausgeführt unter der Leitung von Professor Dr. von Schoder. Ausgeglichen von demselben (veröffentlicht von Professor Groß). Stuttgart 1885. Über die Art der Messung (1868—1878) und Ausgleichung vergl. die Berichte von Schoder in den Generalberichten der Europäischen Gradmessung, besonders 1879.

<sup>2</sup> Kgl. Generaldirektion der Württembergischen Staatseisenbahnen. Verzeichnis der an den Württembergischen Staatseisenbahnen angebrachten Höhenpunkte mit Angabe der Höhen über Normal-Null. Stuttgart 1895 (nach den vom Bautechnischen Bureau der Kgl. Generaldirektion in den Jahren 1887/94 ausgeführten Nivellements). Dazu: Nachtrag I von 1905. Über die Art der Messung geben die „Vorbemerkungen“ S. I—VIII Auskunft.

bei den letzten Nivellierungen von VÖGLER (EGGERT) mit Hilfe des VÖGLER'schen Kathetometernivellierinstrumentes und seiner Stahllatten, in Westend bei Charlottenburg auf einem Gelände mit sehr kleinen Höhenunterschieden, ist der mittlere Fehler des einfachen Nivellements der Strecke 1 km mehrfach auf etwa  $\frac{1}{4}$  mm gesunken (vergl. über diese Einwägungen und ihre Instrumente die drei Mitteilungen in der Zeitschrift für Vermessungswesen<sup>3 4 5</sup> und meine zwei Referate in<sup>6 7</sup>; und SCHUMANN hat gar an seinem „Pfeilernivellement“ (Punkte auf fest fundierten Steinpfeilern, sehr nahe in derselben Höhe liegend, so daß für die „Nivellierlatte“ die Form einer nur wenige Zentimeter langen Milchglasskale genügt, auf dem Telegraphenberg bei Potsdam) den mittlern Kilometerfehler auf  $\frac{1}{10}$  mm herabgedrückt; vergl.<sup>8</sup> und mein Referat in<sup>9</sup>. Vielmehr sollte bei der heute auch für ein Nivellement im Hügelland mit einfachen Mitteln erreichbaren Genauigkeit von etwa  $\pm \frac{3}{4}$  oder  $\pm 1$  mm pro Kilometer für unser neues Nivellement stehen geblieben werden.

Eine sehr hohe Genauigkeit war nämlich bei diesem Nivellement Böblingen—Lustnau schon durch die zu überwindenden beträchtlichen Höhenunterschiede ausgeschlossen, über die hier zunächst ein Überblick gegeben sein mag. Vom Bahnhof Böblingen mit rund 438 m (Bahnsteig) erhebt sich die Straße nach Holzgerlingen bei Km 3 + 320 auf etwa 517 m, also um rund 80 m; bei Holzgerlingen (tiefster Punkt etwa bei Km 5 + 630) sinkt das Profil wieder auf rund 472 m, etwa 45 m vom höchsten Punkt aus; bei Km 7 + 600 wird wieder 512 m erreicht, am Übergang der Straße über die oberste Schaich bei Km 9 + 060 ist die Höhe 486 m, bei Km 10 512 m, von dort mit kleinen Unregelmäßigkeiten langsame Senkung bis zu 483 m bei der „Kälberstelle“ oder „Stelle“, Km 13 + 349 m, Einmündung der Straße 84 in die Staatsstraße 83. Bis hierher sind also zwischen höchstem und tiefstem Punkt nicht über 80 m Höhenunterschied vorhanden. Die Staatsstraße No. 83 senkt sich nun aber von der „Stelle“ an in regelmäßigem Gefäll sehr stark nach

<sup>3</sup> Jahrgang 1898 (Bd. 27) S. 385.

<sup>4</sup> Jahrgang 1902 (Bd. 31) S. 1, 32.

<sup>5</sup> Jahrgang 1905 (Bd. 34) S. 13, 38, 57, 73.

<sup>6</sup> Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 1902 (Bd. 22) S. 254.

<sup>7</sup> Ebenda, Jahrgang 1905 (Bd. 25) S. 248.

<sup>8</sup> Schumann, Ergebnisse einer Untersuchung über Veränderungen an Höhenunterschieden auf dem Telegraphenberg bei Potsdam. Veröffentlichung des Kgl. Geodätischen Instituts No. 14. Berlin 1904.

<sup>9</sup> Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 1905 (Bd. 25) S. 180.

Bebenhausen hinab und führt von dort mit geringem Gefäll, dem Goldersbachtal folgend, ins Neckartal hinaus; bei Bebenhausen am Gasthaus zum Waldhorn ist die Höhe rund 355 m, 130 m geringer als an der Kälberstelle, auf etwa 5,7 km horizontale Strecke. Von hier bis zum Gasthaus zum Adler in Lustnau fällt die Straße auf fast  $3\frac{1}{2}$  km Länge nur noch auf rund 320 m, also um etwa 35 m (durchschnittlich 1 $\frac{1}{10}$ ) und von dort bis zum Abschlußpunkt der Nivellementsline am Haltepunkt Lustnau der obern Neckarbahn (Wärterhaus No. 50) ist nur noch ein Gefäll von wenigen Metern vorhanden. Die ganze nivellierte Strecke ist rund 25 km lang.

## II. Festpunkte.

1. **Auswahl.** Dem Zweck des Nivellements entsprechend sind die Höhenfestpunkte nahe beisammen: sie folgen sich in Entfernungen von 0,4 bis 1,0 km, durchschnittlich 700 bis 800 m. Diese Entfernungen gelten für die Strecken zwischen zwei Punktepaaren; es sind nämlich nicht, wie die Zahlen 25 km Gesamtlänge und  $\frac{3}{4}$  km Durchschnittsentfernung anzudeuten scheinen, nur etwa 33 Höhenfestpunkte vorhanden, sondern 66, mit fortlaufender Nummer bezeichnet (s. u.), 1 in Böblingen, 66 beim Haltepunkt Lustnau. Von diesen 66 Punkten sind allemal zwei zu einem Paar vereinigt, indem sie ganz geringe Entfernungen, vielfach nur 10 m (und gelegentlich noch etwas weniger), 15 m oder 20 m (einige Mal auch noch etwas größere Entfernungen) unter sich aufweisen; die genauen Zahlen gibt das folgende Verzeichnis. An den beiden Komponenten eines solchen Punktepaars soll für die Zukunft sofort erkannt werden, ob eine kleine Veränderung der Höhe des einen Punkts nur als ganz lokale Erscheinung an diesem Punkt anzusehen ist oder in ungefähr demselben Betrag auch den zweiten Punkt betroffen hat. Die Anordnung in schematischer Skizze, in der die Festpunkte einfach durch Punkte bezeichnet sind, ist also die untenstehende (Fig. 1).

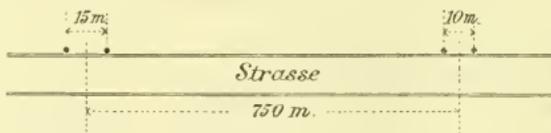


Fig. 1.

Wie schon angedeutet, schwankt die Entfernung zwischen zwei Punktepaaren, die durchschnittlich etwa 750 m beträgt, zwischen ziemlich weiten Grenzen; es ist bei der Auswahl der Punkte beachtet,

daß die geognostischen Grenzen erfaßt wurden. Einige wenige Punkte sind absichtlich in einen Grund gelegt, der lokale Veränderung ihrer Höhen mit Sicherheit erwarten läßt; es sind besonders (vergl. die unten folgende Angabe der Lage aller Punkte) die Punkte **1**, **2**, die in dem aufgefüllten Boden zwischen den zwei Böblinger Seen liegen, und die Punkte **23**, **24** am Übergang der Straße Nr. 84 über das obere Schaichtal, in offenbarem Rutschgelände.

Außer den 66 bisher erwähnten, auf sogleich näher zu beschreibende Art durch den Kopf von vernickelten Stahlbolzen bezeichneten Festpunkten kommen für das Nivellement nur noch in Betracht die bereits zuvor vorhandene Höhenmarke 439,221 m N.N. am Verwaltungsgebäude (Betriebsgebäude) des Bahnhofs Böblingen (S. 35 der Schrift<sup>2</sup>), die im folgenden stets als Punkt **H** bezeichnet sei, ferner ein neuer horizontal eingemauerter Bolzen an der obern Ecke (gegen die Straße, Sockelmauer, oberste Schicht, Mitte des Quaders) an dem Rathaus in Holzgerlingen zwischen den Punktepaaren **13**, **14** und **15**, **16**, der im folgenden **C** heißt, endlich (nebensächlich, s. u.) der, wie **H**, bereits vorhandene Höhenbolzen am Bahnwarthaus Nr. 50 (Haltepunkt Lustnau, Seite gegen Reutlingen, Sockelmauer) der obern Neckarbahn, dessen N.N.-Höhe in der Publikation<sup>2</sup> S. 40 zu 315,899 angegeben ist; dieser Punkt heißt im folgenden **L**. Weitere Höhenfestpunkte an Gebäuden sind weder in Böblingen noch in Holzgerlingen, Bebenhausen oder Lustnau angebracht, oder soweit bereits vorhanden, benützt.

**2. Herstellung der Festpunkte.** (Juni 1901.) Für die (abgesehen von **C**) 66 neu herzustellenden Höhenfestpunkte war vor allem dafür zu sorgen, daß sie ihrem Namen möglichst gerecht werden, d. h. möglichst lange Dauer versprechen. In dieser Beziehung sind die früher als Festpunkte angesehenen Punkte der Linien des Präzisionsnivellements der Gradmessung (vgl. <sup>1</sup>) vielfach ungenügend gewesen. Bereits im Jahr 1890, bei der ersten Aufstellung eines Programms für neue Nivellementslinien von der Art der hier zu beschreibenden, hat der Verfasser beabsichtigt, die Festpunkte, schon um sie der mutwilligen oder fahrlässigen Beschädigung möglichst zu entziehen, ganz in den Boden hineinzusetzen und völlig zu überdecken, so daß sie bei jeder Benützung erst aufgedeckt werden müssen.

Die neuen Punkte sind als (abgerundete) Spitzen von Stahlbolzen, die als Rostschutz im obern Teil vernickelt und in einen starken Betonklotz eingelassen sind, hergestellt. Der Betonklotz hat

im allgemeinen 80—90 cm Höhe: seine Basis sitzt mit Rücksicht auf möglichste Frostsicherheit 1,25 m unter dem Boden, mehrere sind tiefer fundiert, nur zwei weniger tief, weil man bei ihnen ins feste Gestein hineinkam. Man wird damit überall sicher sein, kein Heben der Festpunkte durch den Frost befürchten zu müssen. Das

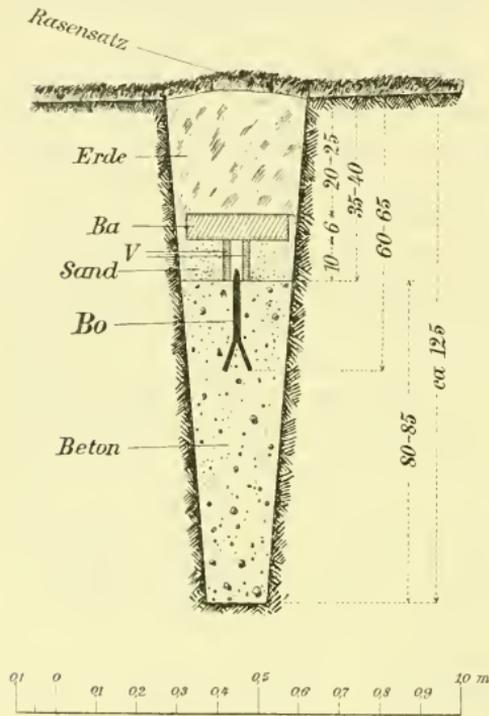


Fig. 2.

für den Betonkörper ausgehobene Loch von 1,25 m Tiefe ist oben 35—40, unten meist noch 15—20 cm weit (ziemlich wechselnd je nach Bodenbeschaffenheit, Gelände, Punkt an Böschung u. s. f.); es ist mit sorgfältig zubereitetem Kiesbeton (Neckar-Sand und -Kies von Tübingen, langsam bindender Portlandzement von SCHIFFER-DECKER [Mannheimer Portland-Zement-Fabrik] in Mannheim, Mischungsverhältnis 1 Teil Zement auf 6—7 Teile Sand und Kies) zunächst etwa 50 cm hoch in mehreren stark festgestampften Lagen gefüllt worden; hierauf wurde der Stahlbolzen (s. u.) *Bo* eingesteckt, gut festgedrückt und weiter mit Beton fest umstampt, bis die ganze Höhe des Betonklotzes vom Boden der Grube aus etwa 80—85 cm betrug, vgl. Fig. 2. Aus der Oberfläche des Betonkörpers ragt der Stahlbolzen 3 cm oder etwas darüber, gelegentlich bis 5 cm hervor. Der Bolzenkopf ist zunächst mit einem hohlen Viertelstein *V* (etwa 10 cm hoch) überdeckt, und auf diesen ist ein gewöhnlicher Backstein gelegt. Beide sind mit einigen Schaufeln Sand umfüllt, die Grube wurde dann endlich mit einem Teil des ausgehobnen Materials vollends aufgefüllt und mit Rasenstücken flach überdeckt. Der in den Betonkörper eingelassne Bolzen ist aus Stahl, 25 cm lang; er ist unten aufgehauen und die beiden Hälften sind auseinandergebogen (vgl. Fig. 3). Der Durchmesser des Schafts ist 20 mm, der Kopf ist oben nach einem Krümmungshalbmesser von einigen Millimetern

abgedreht. Zum Schutz des aus dem Beton vorstehenden kurzen Stücks des Bolzens sind die oberen 10 cm vernickelt. Leider ist diese Vernicklung, entgegen der Versicherung des Verfertigers der Bolzen, Mechaniker BRÄNDLE am elektrotechn. Institut der Techn. Hochschule Stuttgart, nicht genügend stark und damit widerstandsfähig ausgefallen (vgl. u.); es wäre doch vorzuziehen gewesen, Bronzebolzen zu verwenden, wie ich es zuerst im Sinn hatte.

Die Herstellung der Festpunkte, Betonkörper mit eingesetzten vernickelten Stahlbolzen, war dem Straßenmeister BRÖCKEL in Böblingen übertragen, zu dessen Verwendung die K. Straßenbauverwaltung ihre Genehmigung erteilt hatte, wie diese Behörde auch die Erlaubnis zur Herstellung der Festpunkte auf ihrem Areal (Seitenstreifen der Straßen 83 und 84; die erste gehört in den Bezirk der Straßenbauinspektion Cannstatt, die zweite in den der Straßenbauinspektion Reutlingen) gegeben hat. (Erl. d. Minist. Abt. für den Straßen- und Wasserbau vom 15. Mai 1901.) Die Gruben für die Betonkörper wurden durch drei darin sehr geschickte Telephonarbeiter ausge-

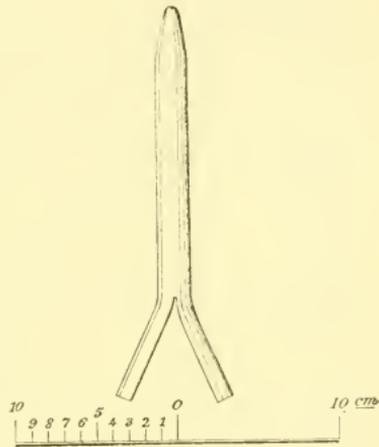


Fig. 3.

hoben, die auf mein Ansuchen die K. Telegrapheninspektion zur Verfügung gestellt hatte; bei der auf dem Fuß folgenden Herstellung der Betonkörper sind zwei Straßenwarte und zwei Betonarbeiter verwendet worden. Den genannten Staatsbehörden sei auch hier nochmals geziemender Dank ausgesprochen, ebenso ihren Beamten (Straßenbauinspektion Cannstatt, damals i. V. Bauinspektor MEDERLE, Straßenbauinspektion Reutlingen, damals Bauinspektor KÜBLER) und Arbeitern. Die ganze Arbeit (66 Punkte auf der 25 km langen Strecke) ist in 3 Tagen, wovon der letzte unausgesetzten Regen brachte, in jeder Beziehung befriedigend ausgeführt worden (begonnen 21. Juni 1901 in Lustnau in Anwesenheit des von mir instruierten Hilfslehrers Prof. HALLER), Punkte 66 bis 48; am Nachmittag des 22. Juni, Punkte 28 bis 19 (unfern des Schaichhofs) und am N.M. des 24. Juni, Punkte 6 bis 1 war der Verfasser zugegen. Erwähnt sei noch, daß bei den Punkten 66 bis 37 der den Stahlbolzenkopf umgebende hohle Viertelstein unmittelbar auf den Kopf des Betonklotzes

gestellt wurde; da ich befürchtete, der Viertelstein werde anziehen und beim Aufdecken des Bolzens losgeschlagen werden müssen und zerbrechen, wurde bei den Punkten **36** bis **1** auf den Betonklotz erst etwas loser Sand aufgeschüttet und auf diesen der Viertelstein gestellt; doch hat sich bei einer Revision einiger Festpunkte (**56**, **52**, **46**, **42**, **38**, **36**) Ende September 1901 bei meiner Rückkehr von einer Messung in Tübingen jene Befürchtung nicht bestätigt, wohl aber zeigte sich schon damals bei einzelnen der aufgedeckten Punkte die Spitze des Bolzens von der Feuchtigkeit angegriffen (Vernicklung nicht genügend), s. u. Härtere Gesteinsschichten im Untergrund der Festpunkte haben sich nur bei wenigen gezeigt; bei Punkt **5** und **6** am Bierkeller nahe bei Böblingen wurden eine Anzahl der ziemlich lockern Stubensandsteinschichten durchstoßen, so daß auch hier die Grube die Tiefe 1,25 m erhalten konnte, während bei den Punkten **15** und **16** auf der Holzgerlinger Hochebene sich bald eine harte Lias  $\alpha$ -Bank zeigte, auf die der nur bis zur Tiefe von etwa 90 cm unter Bodenoberfläche hinabreichende Betonklotz gestellt wurde. In einigen der Gruben für die Punkte im Goldersbachtal zwischen Bebenhausen und Lustnau haben sich größere Findlinge (Gerölle) gezeigt, doch sind alle dortigen Gruben bis zur Normaltiefe von 1,25 m abgesenkt worden. In fast allen andern Gruben war das zu durchsinkende Gestein harter Lehm oder Mergel. Wasser wurde in den Gruben angetroffen nur bei einigen Punkten im Goldersbachtal, ferner bei den Punkten **41** und **42** oberhalb Bebenhausen, endlich bei **29** und **30** im Wald zwischen „Stelle“ und Schaichhof. Doch war anzunehmen, daß bei keinem der Punkte die Güte der Versicherung unter diesem Umstand notleide. Die Punkte **3** und **4** endlich unweit Böblingen liegen hart neben dem Straßengraben, der sich selbst bei geringem Niederschlag mit Wasser füllt; doch waren die Gruben beider Punkte (Sohle 70 cm unter der Grabensohle) am Abend des 24. Juni 1901 (mit sehr großem Niederschlag den ganzen Tag, so daß der Graben völlig gefüllt war) ganz trocken.

Zu erwähnen ist hier endlich noch die Einrichtung zum leichten Auffinden der Festpunkte. Es ist, einige Wochen nach Herstellung der Festpunkte, in der Nähe jedes Betonkörpers ein Markstein gesetzt worden. Diese Steine, aus Dettenhäuser Stubensandstein, tragen auf der der Straße zugewandten Seite die fortlaufende Nummer 1 bis 66, auf der gegenüberliegenden Seite ist eine Zahl, meist 1,0 m, in wenigen Fällen 0,5, 0,6, 0,8 m, ferner 1,5 bis 2,8 m, einmal

4,1 m eingehauen, die angibt, in welcher Entfernung, normal zur Richtung der Straßenkante oder Grabensohle, man von der Steinmitte aus auf die Mitte der den Betonklotz enthaltenden Grube trifft. Überall ist der Versicherungs- und Aufsuchungsmarkstein zwischen dem Festpunkt und die Straße gesetzt, d. h. es ist vom Markstein aus von der Straße weg die angegebene Entfernung abzumessen, um auf den Betonkörper mit dem Festpunkt zu kommen, womit über die Richtung der auf dem Markstein angegebenen Strecke kein Zweifel ist. Eine Ausnahme kommt nur vor bei den Marksteinen der Punkte 13 und 14 am Anfang (von Böblingen aus) des Dorfs Holzgerlingen; die Steine stehen hier, von der Straße aus gesehen, hinter den Festpunkten. Die Marksteine sind nicht besonders fundiert, sie stecken meist nur 20—30 cm im Boden; ihre sorgfältige Erhaltung ist den Straßenwarten und Straßenmeistern (1901/02 BRÜCKEL in Böblingen für die Strecke Böblingen—Stelle, Straße No. 84, und RUCKGABER in Reutlingen für die Staatsstraße No. 83) zur Pflicht gemacht; die Punkte 63 bis 66 vom Dorf Lustnau zur Haltestelle Lustnau liegen nicht an der Staatsstraße (vgl. das unten folgende Verzeichnis\*).

**3. Verzeichnis (Lage) der Festpunkte.** In dem folgenden Verzeichnis ist die Lage der einzelnen Festpunkte (von **H** und **L** abgesehen) gegen die Hektometersteine an den Straßen Nr. 84 und 83 angegeben\*\*.

Wie die Punkte zu Paaren zusammengehören, 1, 2; 3, 4; . . . 65, 66, zeigt sich nach dem in II, 1 Gesagten unmittelbar in den Entfernungen: die zwei Punkte eines Paares in Entfernung von 10 m u. dgl. voneinander, zwischen je zwei Paaren durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  km; die Bezeichnung rechts oder links von der Straße bezieht sich

\* Der Verfasser muß hier wiederholen, daß er nicht mehr Erdmessungskommissär ist, also auch keine Verantwortung für die Erhaltung der Festpunkte u. s. f. mehr hat.

\*\* Dabei ist für etwaige spätere Benützung der Akten zu bemerken, daß an der Staatsstraße Nr. 83, Stuttgart—Tübingen, in der hier in Betracht kommenden Strecke Stelle—Bebenhausen—Lustnau, kurz nach Herstellung der Festpunkte, nämlich im August und September 1901, eine neue Längeneinteilung durchgeführt wurde. Die erste Einmessung und Bezeichnung der Lage der Punkte gegen die Hektometer ist also jetzt nicht mehr zutreffend. Die in die folgende Tabelle aufgenommenen Zahlen beziehen sich auf den neuen (z. Z., 1905, noch vorhandenen) Stand. An der Straße 84, Böblingen—Stelle, ist 1901/05 keine Veränderung der Bezeichnungen u. s. f. eingetreten.

Tabelle 1.

## Verzeichnis der Festpunkte an der Nivellementslinie Böblingen—Holzgerlingen—Bebenhausen—Lustnau.

Festpunkt	Straße	Links oder rechts der Straße		Genäberte Entfernung nach den an der Straße stehenden Km- und Hm-Steinen	Abstand zwischen Festpunkt und Markstein m	Bemerkungen
1	84	—	r	0 + 388	1,0	Zwischen den Seen in Böblingen, 1 1/2 m vom Zaun.
2	"	—	r	0 + 398	1,0	
3	"	—	r	1 + 019	1,5	Vor und nach dem Steinlagerplatz jenseits des Grabens.
4	"	—	r	1 + 031	1,5	
5	"	l	—	1 + 917	1,0	Oberhalb des Lagerplatzes wenig außerhalb vom Bierkeller.
6	"	l	—	1 + 926	1,0	
7	"	—	r	2 + 870	1,0	Hinter dem Lagerplatz, Grund und Boden der Stadtgemeinde Böblingen gehörig.
8	"	—	r	2 + 880	1,0	
9	"	—	r	3 + 462	0,5	Am Waldrand.
10	"	—	r	3 + 473	0,5	
11	"	l	—	4 + 360	1,0	—
12	"	l	—	4 + 375	1,0	
13	"	l	—	5 + 179	0,5	An der Vorgartenmauer der Weberei am Eingang in Holzgerlingen (Sommer 1901 erstes Haus); die Marksteine sitzen, von der Straße aus gesehen, jenseits der Festpunkte.
14	"	l	—	5 + 194	0,5	
C	"	—	r	5 + 600	—	Messingbolzen an der obern (N.W.) Ecke des Rathauses in Holzgerlingen, obere Schicht der Sockelmauer, Mitte des Quaders, bündig mit der Wand.
15	"	l	—	6 + 627	0,5	—
16	"	l	—	6 + 645	0,5	
17	"	—	r	7 + 339	0,5	—
18	"	—	r	7 + 350	0,5	
19	"	l	—	8 + 091	2,0	Grund und Boden der Kgl. Domänenverwaltung gehörig (Schaichhof).
20	"	l	—	8 + 102	2,0	

Festpunkt	Straße	Links oder rechts der Straße	Genäherte Ent- fernung nach den an der Straße stehenden Km- und Hm-Steinen	Abstand zwischen Festpunkt und Markstein m	Bemerkungen	
21	84	—	r	8 + 676	1,0	} Wie bei 19, 20; etwas unter- halb des Schaichhofs.
22	"	—	r	8 + 688	1,0	
23	"	l	—	9 + 110	1,0	} Am Fuß der Böschung, im Rutschgelände.
24	"	l	—	9 + 121	1,0	
25	"	l	—	9 + 965	1,5	} Hinter der Böschung.
26	"	l	—	9 + 981	1,5	
27	"	—	r	10 + 761	1,0	} —
28	"	—	r	10 + 776	1,0	
29	"	l	—	11 + 445	1,0	} Beim „weißen Stein“.
30	"	l	—	11 + 460	1,0	
31	"	—	r	12 + 189	1,0	} —
32	"	—	r	12 + 204	1,0	
33	"	—	r	12 + 908	1,0	} —
34	"	—	r	12 + 923	1,0	
35	"	l	—	13 + 333	1,0	} Vor der Einmündung der Staatsstraße Nr. 84 in die Staatsstraße Nr. 83 bei der Kälberstelle.
36	"	—	r	13 + 340	1,0	
37	83	l	—	30 + 805	0,5	} Die Längenzahlen an der Staatsstraße Nr. 83 be- ziehen sich auf die seit Herbst 1901 vorhandne neue Bezeichnung der Km- und Hm-Steine.
38	"	l	—	30 + 837	0,5	
39	"	—	r	31 + 502	1,0	
40	"	—	r	31 + 516	1,0	
41	"	—	r	32 + 204	2,8	} —
42	"	—	r	32 + 218	2,4	
43	"	—	r	32 + 947	2,6	} —
44	"	—	r	32 + 958	2,6	
45	"	l	—	33 + 729	0,6	} —
46	"	l	—	33 + 743	0,6	
47	"	—	r	34 + 469	4,1	} —
48	"	—	r	34 + 481	4,1	
49	"	—	r	35 + 167	1,0	} Bei der Einmündung der alten Straße (Weiher- steige).
50*	"	—	r	35 + 180	1,0	

\* Zwischen 50 und 51 befindet sich am Waldhorn in Bebenhausen (am Eingang links) eine eiserne Höhenmarke des Kgl. Statistischen Landesamts, die jedoch beim Nivellement nicht mitgenommen wurde.

Festpunkt	Straße	Links oder rechts der Straße	Genäherte Ent- fernung nach den an der Straße stehenden Km- und Hm-Steinen	Abstand zwischen Festpunkt und Markstein m	Bemerkungen
51*	83	— r	35 + 932	0,8	} Rechts vom Gehweg an der Böschung unten.
52	"	— r	35 + 950	0,8	
53	"	— r	36 + 551	0,6	} Rechts vom Gehweg.
54	"	— r	36 + 565	0,6	
55	"	— r	37 + 278	0,8	} Wie bei 53, 54.
56	"	— r	37 + 291	0,8	
57	"	— r	37 + 909	0,5	} Rechts im Bankett.
58	"	— r	37 + 923	0,5	
59	"	l —	38 + 649	1,0	}
60	"	l —	38 + 662	1,0	
61	"	— r	39 + 179	1,0	} In der Nähe des Gasthauses zum Adler in Lustnau.
62	"	— r	39 + 189	1,0	
63	s. Bem.	l —	s. Bemerkung	1,0	} Am Mühlendamweg, 50 und 60 m von der Ailesbrücke gegen die Neckarbrücke zu; Gelände ist Eigentum der Gemeinde Lustnau.
64		l —		1,0	
65	s. Bem.	l —	4 + 000	1,0	} An der Nachbarschaftsstraße Tübingen-Kirchentellins- furt; Grund und Boden Eigentum der Gemeinde Lustnau.
66		l —	4 + 010	1,0	

auf die Richtung von Böblingen über Holzgerlingen, Schaichhof, Stelle, Bebenhausen nach Lustnau. Das Punktepaar 1, 2 befindet sich in der Nähe der Böblinger Seen; in Böblingen beginnt das Nivellement am Punkt H am Bahnhof (vgl. II, 1). Das Punktepaar 65, 66 liegt unweit der Haltestelle Lustnau der Neckarbahn. Bei jedem Festpunkt ist hier ferner die Entfernung zwischen dem Punkt und dem zu seiner Aufsuchung dienenden Markstein angegeben, die auf dem Markstein eingehauen ist, vgl. darüber und über die Richtung dieser Strecke den Schluß von II, 2. Die Spalte „Bemerkungen“ enthält endlich allgemeine Notizen über die Lage der Punkte u. s. f.

Um auch noch für den Fall des Verlusts eines der Marksteine die Möglichkeit zu haben, den früher durch ihn bezeichneten Bolzen

Tabelle 2.

Nummer des Punkts	Z u s t a n d	Nummer des Punkts	Z u s t a n d
1	Einige Rostflecke.	28	Ein Rostfleck.
2	Stärker mit Rost überzogen.	29	Kleinere Rostflecke.
3	Ebenso, noch stärker.	30	Stark verrostet.
4	Einige Rostflecke.	31	Ebenso.
5	Wenige Rostflecke.	32	Ganz intakt.
6	Ebenso.	33	Einige Rostflecke.
7	Stark verrostet, Rost samt Nickel entfernt.	34	
8	Auf einer Seite Rost, auf der andern blank.	35	Ganz intakt.
9	Ganz intakt.	36	
10	Stark verrostet, bei der Reini- gung Vernicklung mit abge- löst.	37	Ganz intakt.
11	Wenige Rostflecke.	38	
12		40	
13	Seitlich ein kleiner Fleck.	41	Ein Rostfleck.
14	Stark verrostet.	42	
15	Stark verrostet.	43	Einzelne Rostflecke.
16	Stark verrostet, bei der Reini- gung Vernicklung mit abge- löst.	44	
17	Ganz intakt.	45	Leicht angelaufen.
18	Wenige Rostflecke.	46	
19	Ein starker Rostfleck.	47	Einige Rostflecke.
20	Stark verrostet, doch läßt sich der Rost leicht ent- fernen, ohne die Vernick- lung zu beschädigen.	48	
21	Mehrere große Rostflecke.	49	Ganz intakt.
22	Ganz intakt.	50	
23	Ganz intakt.	51	Einige Rostflecke.
24	Stark verrostet.	52	
25	Wie 20.	53	Ganz intakt.
26	Stark verrostet.	54	
27	Ebenso.	55	Stark verrostet.
		56	
		57	Ganz intakt.
		58	
		59	Stark verrostet.
		60	
		61	Ganz intakt.
		62	

Über 63 bis 66 fehlen genaue Notizen.

leicht wieder zu finden, wurde vom Verfasser dem Beobachter der ersten Messung (s. u.) 1902 aufgetragen, die Lage jedes Festpunkts gegen Grenzsteine an Eigentumsgrenzen u. dgl. feste Punkte,

wo solche vorhanden sind, einzumessen und in Flurkartenabdrücke einzutragen. Es ist dies jedoch bei nur ganz wenigen Punkten geschehen, bei fast allen aus Mangel an Zeit unterblieben. Übrigens schützt ja die Einrichtung der Punkte *paare* einigermaßen vor der Möglichkeit, nach einem Festpunkt im Fall des Verlusts des zugehörigen Marksteins lange suchen zu müssen. Außerdem sollen Beschädigungen der Marksteine sofort angezeigt werden, vgl. den Schluß von II, 2.

Es ist auch bereits in II, 2 angedeutet worden, daß die Vernickelung der Stahlbolzen trotz der bestimmten Versicherung ihres Verfertigers sich z. T. nicht genügend zeigte und schon zu Ende September 1901 Schäden an den Köpfen einzelner aufgedeckter Bolzen wahrgenommen wurden. Es mag gleich hier ein Verzeichnis darüber Platz finden, in welchem Zustand die einzelnen Bolzenköpfe bei der Ausführung des ersten Nivellements im Juli 1902 angetroffen wurden. Wo in diesem Verzeichnis angegeben ist, daß Rostflecke sich zeigten, ist die Bemerkung hinzugefügt zu denken: der Rost wurde mit Erdöl oder, falls nötig, mit feinem Schmirgel entfernt; vor der Wiederbedeckung des Punkts ist jeder Bolzenkopf mit Spirituslack mehrmals überstrichen worden (aus Versehen nicht bei den Punkten **45** und **46**), s. u.

Nach der vorstehenden Übersicht sind für etwaige künftige Nivellierungen als in Beziehung auf die genaue Erhaltung des alten Punkts verdächtig zu bezeichnen die Bolzen **3**, **7**, **10**, **16**, **20** und **54**; allenfalls auch **14**, **30**, **54**, **57** und **58**. Bei den übrigen Bolzenköpfen wird auch für eine größere Zahl von Jahren auf genügende Erhaltung der Punkte zu rechnen sein. Für etwaige spätere Messungen, die ich mir, wie in I angeführt ist, alle 5 Jahre wiederholt dachte, sei noch bemerkt, daß vor Benützung jedes Punkts die Schicht von Spirituslack zu entfernen ist, mit dem der Bolzenkopf überzogen worden ist; es kann dies mit Hilfe von Spiritus leicht und rasch geschehen.

Daß auch die völlige Bedeckung der Punkte nicht vor Beschädigung schützt, hat sich auch schon mehrfach gezeigt; z. B. sind 1902 die Punkte **53** und **54** von unbefugter Hand aufgedeckt und ohne den hohlen Viertelstein wieder einzufügen, mit einem Backstein direkt abgedeckt gefunden worden.

### III. Ausführung der (ersten) Messung, 1902.

Die erste Nivellierung dieser Festpunkte sollte im Herbst 1901 ausgeführt werden. Da jedoch der Verfasser, dem für seine frühern

Erdmessungsarbeiten regelmäßig jährlich nur die Zeit von Mitte August (nach Schluß der geodätischen Exkursion mit Studierenden der Technischen Hochschule) bis nach Mitte September zur Verfügung stand, in dem genannten Jahr durch Messungen in Tübingen unerwartet aufgehalten wurde, so mußte diese erste Einwägung auf 1902 verschoben werden. Es wurde dadurch möglich, ein feineres Nivellierinstrument, als bis dahin in der geodätischen Sammlung der technischen Hochschule vorhanden war, sowie bessere Latten nebst neuem Kontrollmeter verwenden zu können, ferner die Arbeit einem Hilfsarbeiter, Diplomingenieur WERKMEISTER (jetzt Topograph am K. Statistischen Landesamt) zu übertragen. Im Juli 1902 ist das Nivellement in 3 Wochen bei nicht sehr günstiger Witterung durchgeführt worden.

Angeführt sei gleich hier, daß diese Nivellementslinie ihrem Zweck entsprechend ganz für sich besteht, vom Punkt **H** am Bahnhof Böblingen mit der Höhenzahl 439,221 (oder vielmehr dem darunter auf dem Boden liegenden Hilfspunkt **H'**) als wesentlich willkürliche Zahl ausgeht, ohne Rücksicht auf die von früheren Nivellierungen sonst noch in Böblingen ebenfalls vorhandenen Festpunkte (von den in der Veröffentlichung <sup>1)</sup>, (s. Fußnote S. 114), S. 56 genannten drei Punkten des Präzisionsnivellements auf der Straße Stuttgart—Böblingen—Herrenberg ist der Glaspunkt an der Dinkelacker'schen Brauerei durch Umbau längst zerstört, ebenso der Glaspunkt am See durch Abschlagen des Glasbolzens, während das eingemeißelte Kreuz auf der Treppe des Kaufmann Dannwolf'schen Hauses noch nachweisbar sein soll) und ebenso in Lustnau, ganz ohne Rücksicht auf die in der Veröffentlichung <sup>2)</sup>, angeführte Höhenzahl, für den Festpunkt am Wärterhaus Nr. 50 der Neckarbahn endigt; der hier sich zeigende Widerspruch ist in IV. mitgeteilt. Ebenso sind an den Messungsergebnissen nur die Reduktionen angebracht, die zur Zurückführung der unmittelbar gemessenen Höhenunterschiede auf ein bestimmtes materiell und für lange Zeit gegebenes Längenmaß erforderlich sind; es ist also von der sphäroidischen Korrektur u. dgl. ganz abgesehen.

**1. Die Instrumente.** Verwendet ist ein der geodätischen Sammlung der Technischen Hochschule einverleibtes Nivellierinstrument SEIBT-BREITHAUPT'scher Konstruktion nebst den zwei dazugehörigen, 3 m langen Wendelatten, 1902 von BREITHAUPT in Kassel geliefert (Inv. C., Geodät. Sammlung, A. l. 49 und A. m. 43; mit A. l. 49 und A. m. 43 auf Messingplättchen sind auch Instrument und Latten

bezeichnet). Dieser Meßapparat ist oft beschrieben, vergl. z. B. <sup>10 11 12</sup> (in <sup>12</sup> sind auch die Titel von 25, durch Geh. Regierungsrat Prof. Dr. SEIBT und das ihm unterstellte Bureau im K. Preuß. Ministerium der öffentlichen Arbeiten ausgeführten Nivellements an Linien, besonders Wasserstraßen, in Preußen genannt; ein vollständiges Verzeichnis dieser Art ist autographiert von dem genannten Bureau zu beziehen. Dem Verzeichnis <sup>12</sup> ist die beistehende Abbildung des Instruments, Fig. 4, deren Klischee BREITHAUPT freundlichst geliefert hat, entnommen. Vgl. endlich auch <sup>13</sup>, wo besonders auch die Berichtigung und Behandlung des Instruments sehr ausführlich dargestellt ist, ferner einige weitere neuere Literatur sich angegeben findet.

Das Instrument, mit dem 1901 zu messen beabsichtigt war, und das seit langer Zeit der geodätischen Sammlung angehört (A. l. 9 des Inv. C.) entspricht der Nummer 163 des genannten Breithaupt'schen Verzeichnisses 1905; als Latten sollten damals ein seit 1893 im Besitz der geodät. Sammlung befindliches Paar von Wendelatten (Kastenlatten) mit Felderteilung nach dem (ältern) Muster der K. Preuß. Landesaufnahme, von M. WOLZ in Bonn geliefert (A. m. 41 des Inv. C.) verwendet werden; doch hatte sich bereits im Frühjahr 1901 gezeigt, daß die Latten nicht genügend gerade geblieben waren, sich vielmehr merklich gekrümmt und besonders verwunden hatten. Nach dem Vorschlag von WOLZ würden die Latten im Juli 1901 mit neuer Rückseite versehen; doch wurde der Mangel dadurch nur zum kleinen Teil gehoben.

a) Über das neue **Nivellier**, das in Fig. 4 dargestellt ist, genügen hier unter Verweis auf das Vorstehende folgende Angaben: Das Fernrohr *F* hat 40 mm Öffnung und gibt mit 2 Okularen 30- und 40fache Vergrößerung. Es ist bei dem Nivellement im Juli 1902 stets das 40fach vergrößernde Okular benützt worden. Es ist seitlicher Trieb am Okularauszug vorhanden. Der Fadendistanzmesser zur Bestimmung der Entfernung ( $E = 0,74 + 100. l$ ) ist nicht benützt worden (siehe III, 2), vielmehr nur der Mittelfaden zur Einstelluug auf die Feldmitte der Latte. Die Hauptlibelle *L* des Instruments, eine Kammerlibelle mit rund 5" Empfindlichkeit

<sup>10</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin, Nummer vom 6. Dezember 1893.

<sup>11</sup> Das Messungsverfahren ist beschrieben ebenda, Nummer vom 10. Mai 1893.

<sup>12</sup> Preisverzeichnis der astronomischen und geodätischen Instrumente des math.-mechan. Instituts F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel, 1905, No. 167, S. 76—78.

<sup>13</sup> Kuhlmann, Das Seibt'sche Feinnivellierverfahren. Berlin 1902 (autogr.).

(siehe unten) liegt lose, durch leichte Klammern vor dem Herabfallen geschützt, in zwei harten Stahlplättchen auf Schraubenkopf und Schneide der einen (obern) Seite des Fernrohrs und ist sehr sorgfältig gegen Temperatureinflüsse geschützt. Stahlschneide und Schraubenkopf an der gegenüberliegenden (untern) Seite des Fernrohrs *F* liegen auf zwei harten Plättchen *p* des Unterbaus. Die zwei Stahlschneiden je mit gegenüberliegendem Schraubenkopf vertreten am Fernrohr dieses Instruments, wie seit Jahrzehnten vielfach

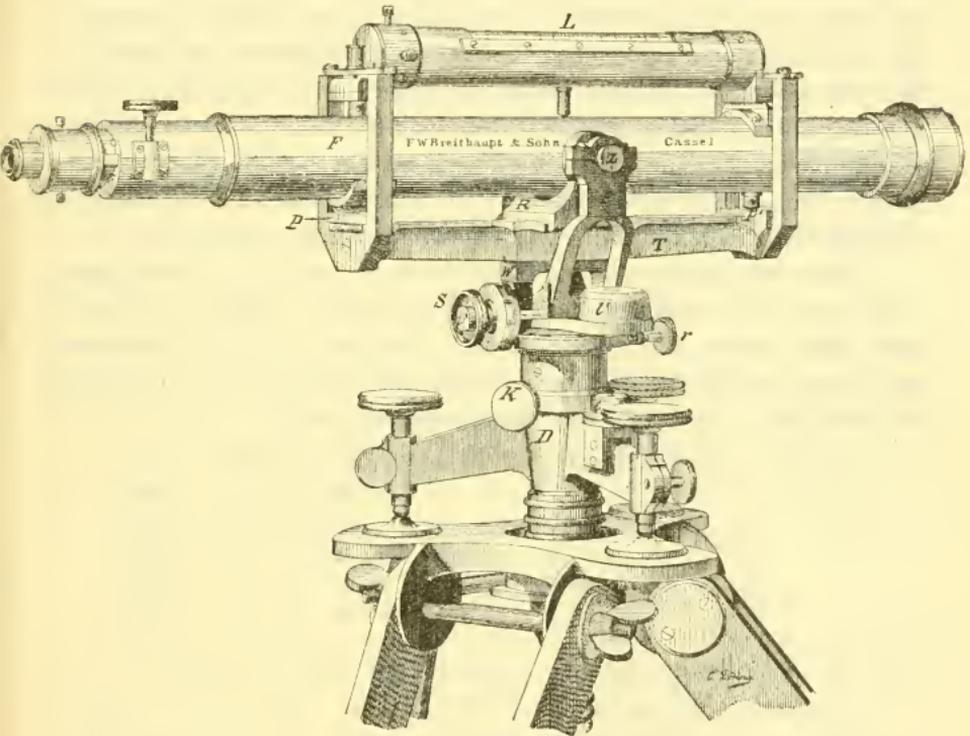


Fig. 4.

an Breithaupt'schen Instrumenten, die sonst üblichen Lagerringe; man hat so den Vorteil, die Abstände zwischen Schneide und Schraubenkopf durch Änderung der Schraube gleich groß machen zu können, während die Lagerringe unveränderlich sind. Der Träger *T*, auf dem auf den Plättchen *p* das Fernrohr ruht, liegt mit den zwei stählernen Achszapfen *Z* in dem Bock *B*; man kann auf diese Weise mit Hilfe der Mikrometerschraube *S* die Ziellinie des Fernrohrs genau und sehr bequem auf die Mitte eines Lattenfeldes einstellen. Die Dosenlibelle *C* dient zur raschen ersten Horizontierung. Das Instrument

hat Steckhülse einrichtung: der Oberteil kann nach Lösung der Klemme *K* sofort aus dem auf dem Stativ bleibenden Dreifuß *D* gehoben werden. Das Stativ hat einen Tellerkopf aus schmiedbarem Eisenguß und sehr starke Beine. Das ziemlich schwere Instrument darf nie zusammengesetzt auf dem Stativ oder im Kasten getragen werden, da hiedurch die gehärteten Stablplättchen und Schneiden rasch notleiden würden. BREITHAUPT empfiehlt sogar, beim Transport des Instruments stets den Dreifuß *D* vom Stativ zu nehmen und in sein Kästchen zu setzen (es ist nämlich unserm Instrument statt der Lederstülpe ein besonderes Kästchen für den Dreifuß beigegeben). Es wurde jedoch bequemer gefunden, beim Gebrauch den umständlich zu lösenden Dreifuß stets auf dem Stativ zu lassen, wobei allerdings darauf zu achten ist, daß kein Staub in die Dreifußbuchse kommt, da sonst der Steckzapfen beschädigt wird. Bemerkt sei gleich hier, daß das Instrument die einmal hergestellte Justierung vortrefflich durch alle Transporte usw. hindurch erhalten hat.

Über die Libelle unseres Instruments, eigentlich den wichtigsten Teil eines Feinnivelliers, hatte der Verfertiger REICHEL mitgeteilt, man dürfe ihren Teilwert zu 4,85'' annehmen. Die Untersuchung auf einem empfindlichen Niveauprüfer durch BREITHAUPT in Kassel im Juni 1902 ergab folgende Empfindlichkeiten für 1 Teil:

bei Teil 0 der Teilung: 4,54''	bei Teil 25 der Teilung: 4,67''
" " 5 " " 4,54	" " 30 " " 4,80
" " 10 " " 4,55	" " 35 " " 5,05
" " 15 " " 4,80	" " 40 " " 4,92
" " 20 " " 4,55	" " 45 " " 4,55
" " 25 " " 4,67	" " 50 " " 4,54.

Die Temperatur bei der Untersuchung war  $+17,5^{\circ}\text{C}$ .

Das Mittel dieser Zahlen ist 4,67''.

Bei der mehrfachen Untersuchung der Libelle in Stuttgart (anfangs Juli 1902, unmittelbar vor und mehrfach, September und Oktober 1902, nach Ausführung der Messung mit Hilfe eines (nicht sehr feinen) Niveauprüfers und auf andere Art (mit Hilfe des Fernrohrs und einer 2 mm-Milchglasskala) zeigte sich keine nachweisbare Abhängigkeit des Libellentheilwerts von der Temperatur<sup>14</sup>, die absichtlich mehrfach so hoch gewählt wurde, als sie bei der Messung im Juli vorkommen konnte und vorgekommen war; auch eine Abhängigkeit

<sup>14</sup> Vergl. aus neuerer Zeit Bigourdan, C. R. der Pariser Akademie, Bd. 137 (1903) S. 385 und mein Referat darüber in Z. f. Instrum. Bd. 25 (1905) S. 209.

vom Luftdruck (vgl. <sup>15</sup>) scheint nicht vorhanden zu sein. Die einzelnen, aus den Beobachtungen hervorgehenden Werte der Empfindlichkeit aus Anfang Juli schwanken zwischen 4,5'' und 4,9'', wobei verschiedene Stellen der Libellentheilung in Betracht kommen. Im Mittel ergab sich der Teilwert zu 4,7''; schließlich glaubte ich bei der BREITHAUPt'schen Mittelzahl 4,67'' stehen bleiben zu sollen und auf besondere Bestimmung des Teilwerts während der Messung verzichten zu können. Die später, nach Ausführung des Nivellements vorgenommenen Untersuchungen der Libelle haben die Berechtigung dieser Annahme bestätigt.

b) Die zwei **Nivellierlatten**, Seibt-Breithaupt'sche Reversionslatten, von BREITHAUPt mit 10 und 10 A bezeichnet (im Inventar der geodät. Sammlung A. m. 43) sind 3 m lange (einfache, nicht Kasten-) „Wendelatten“ mit Dosenlibelle und Griffen, je auf beiden Seiten (Vorder- und Rückseite je links und rechts) mit 4 mm-Feldteilung versehen (wobei abwechselnd schwarze und weiße Felder einander gegenüberliegen), und nach Doppeldezimetern fortlaufend beziffert, unten mit starker, polierter und genau senkrecht zur Längsachse gestellter Stabplatte abgeschlossen. Dieser Fuß wurde durch einen Lederstulpen vor dem Anhaften von Schmutz usw. derart geschützt, daß nur in der Mitte der Raum zum Aufsetzen auf den Dorn der Bodenplatte oder die ähnlich geformte Spitze des Festpunktbolzens frei blieb. Beim Transport wurde jede Latte durch Umwicklung mit einer Segeltuchhülle geschützt. In der Sammlung werden die Latten in ihrem Überzug freihängend aufbewahrt.

Um zunächst zu einem Urteil über die Genauigkeit der verschiedenen Einteilungen der Latten in sich zu kommen, sind die zwei Latten zu Anfang Juni 1902 (Juni 6./14.) durch Herrn WERKMEISTER in folgender Art untersucht worden: 1. Bestimmung der Länge eines Lattenstücks von 2 m (z. B. von 55 bis 155; über die verdoppelt zu denkende Bezifferung der Latten siehe oben) und eines zweiten Lattenstücks von 1 m (z. B. 145 bis 195) durch Vergleichung mit dem unmittelbar angelegten und mittels starker Lupe abgelesenen FENNEL'schen Normalmeter A. i. 70 der geodätischen Sammlung, der sogleich näher zu beschreiben ist. Die Länge zwischen zwei Strichen wurde je 5mal bestimmt, wobei zwischen je zwei Messungen das Normalmeter etwas verschoben wurde. Der mittlere Fehler des

<sup>15</sup> Referat über eine Arbeit von Petrelius in Z. f. Instrum. Bd. 22 (1902 S. 124.

Mittels aus 5 solchen Bestimmungen beträgt im Maximum  $\pm 0,01$  mm. 2. Bestimmung der Länge der 50 cm-Strecken, die den in 1. benutzten 2 m- und 1 m-Strecken entsprechen, im obigen Beispiel also 55—80, 80—105, 105—130, 130—155, 145—170 und 170—195. Diese Bestimmung geschah mit Hilfe des Komparators A. i. 57 der geodätischen Sammlung, indem eine konstante Strecke  $a$ , genähert = 50 cm, durch die zwei Mikroskopnullmarken festgehalten wurde und nun durch die zwei Schraubenmikroskope die an  $a$  anzubringenden Korrekturen  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  für jede der 50 cm-Strecken der Laten in vier verschiedenen Lagen bestimmt wurden. Der mittlere Fehler des Mittels dieser Bestimmungen ist  $< 0,01$  mm. Der Wert einer Schraubenumdrehung (= 100 Trommelteilen) der Mikroskope wurde mit Hilfe der 0,2 mm-Teilung an den Enden des FENNEL'schen Normalmeters ermittelt; nach Verschiebung des Mikroskopobjektivs derart, daß die Marke des Objektivrohrs am Ende der Hülse stand, ergab sich:

$$\text{Mikroskop I: } 1^r = 100^p = 0,0990 \text{ mm.}$$

$$\text{Mikroskop II: } 1^r = 100^p = 0,0996 \text{ mm.}$$

Ist  $L$  die aus 1. bestimmte Länge der (1 m-)Gesamtstrecke und sind  $l_1, l_2, \dots, l_n$  die Längen der ( $1/2$  m-)Teilstrecken, so ist mit

$$\left. \begin{array}{l} l_1 = a + \delta_1 \\ l_2 = a + \delta_2 \\ \vdots \\ l_n = a + \delta_n \\ \hline L = n \cdot a + [\delta] \\ a = \frac{L}{n} - \frac{[\delta]}{n} \end{array} \right\} \text{ also: } \left\{ \begin{array}{l} l_1 = \frac{L}{n} - \frac{[\delta]}{n} + \delta_1 \\ l_2 = \frac{L}{n} - \frac{[\delta]}{n} + \delta_2 \\ \vdots \\ l_n = \frac{L}{n} - \frac{[\delta]}{n} + \delta_n \end{array} \right.$$

Auf diese Weise sind die für 3. maßgebenden Längen der 50 cm-Strecken ermittelt. 3. Um nämlich noch die 0,1 m-Einteilung zu untersuchen, ist als konstante Länge  $a$ , ähnlich wie in 2., der Glasmaßstab A. p. 67 der geodätischen Sammlung verwendet worden (und zwar auf der 1:2000-Teilung die Striche 150 und 350). Die Korrekturen  $\delta$  sind an der 0,5 mm-Teilung mit Lupe abgelesen (Wert des  $1/2$  mm-Intervalls durch Vergleichung mit einem der Schraubenmikroskope des Komparators A. i. 57 bestimmt; Ergebnis: das  $1/2$  mm-Intervall links und rechts von den Strichen 150

und 350 in guter Übereinstimmung  $\approx 0,52$  mm) in drei verschiedenen Lagen des Maßstabs; der mittlere Fehler ist  $\pm 0,03$  mm. 4. Zur Kontrolle wurde noch mit dem FENNEL'schen Normalmeter die Länge zahlreicher 1 m-Lattenstücke (zwischen beliebigen dm-Strichen) direkt abgelesen und mit den durch Addition der 10 in 3. gefundenen 10 cm-Stücke entstehenden Zahlen verglichen. Die Abweichung erreichte nur in einem Fall 0,07 mm und war in allen andern Fällen viel kleiner.

Bei der ganzen Arbeit wurde in dem Raum, in dem die Vergleichen vorgenommen wurden (geodät. Sammlung), die Temperatur möglichst konstant gehalten; sie schwankte nur um wenige Grad. Selbstverständlich sind aber alle Ablesungen der Längen an den Latten, dem Normalmeter, dem Komparator und dem Glasmaßstab auf dieselbe Temperatur und zwar  $+18^{\circ}$  C. reduziert, bei der Geringfügigkeit der Temperaturschwankungen genügend mit Hilfe von Mittelwerten der Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Materialien. Auf die zu untersuchende Latte wurden stets an den Enden und in der Mitte drei durch Papierhülle gegen Wärmestrahlung geschützte Thermometer gelegt.

Zu bemerken ist endlich, daß auf jeder Seite der zwei Latten die Untersuchung sich auf die „weiße“ Teilungsseite, nicht auf die „schwarze“ bezieht (auf *I* nicht *II*, vgl. Fig. 5); jene Seite wurde auch beim Nivellieren stets benützt. Endlich ist zu erwähnen, daß bei Ausführung der Untersuchung zunächst die Angabe auf dem FENNEL'schen Normalmeter „Ein Meter bei  $+18^{\circ}$  C.“ als richtig angenommen wurde, während in der Tat die Länge 1,0000 bei  $+16,3^{\circ}$  vorhanden ist; erst zum Schluß wurde bei allen ermittelten Maßen die entsprechende Korrektur von  $+0,020$  mm pro Meter angebracht, was in der folgenden Tabelle geschehen ist. Übrigens kommt hierauf nichts an, da es sich zunächst nur um die relative Länge der einzelnen Lattenteile, nicht um den Absolutwert des Lattenmeters handelt.

Die ganze Messung ist in besonderem Umschlag: „Untersuchung der Nivellierlatten A. m. 43“ (46 S. Fol. mit Beilagen), der den Akten der Messung beiliegt, zusammengestellt; die folgende Tabelle ist das Gesamtergebnis.



Fig. 5.

Tabelle 3.

Latten A. m. 43. Anfang Juni 1902, Stuttgart.

Die Zahlen sind auf  $\pm 18^\circ$  C. reduziert und auf 0,01 mm ab- und aufgerundet.

## Latte 10.

Vorderseite.

Rückseite.

Strich	1,00- Strecke	0,50- Strecke	0,10- Strecke	Strich	Strich	1,00- Strecke	0,50- Strecke	0,10- Strecke	Strich
60		499,94		60	205		499,89		205
			99,99	65				99,98	210
			99,97	70				99,97	215
			99,99	75				99,98	220
			99,99	80				99,94	225
85	999,79	499,87	100,00	85	230	999,89	500,00	100,01	230
			99,98	85				99,97	235
			99,98	90				99,97	240
			100,03	95				100,07	245
			99,93	100				99,93	250
110		499,88	99,96	110	255		499,92	100,06	255
			99,99	115				99,93	260
			99,96	120				100,03	265
			99,99	125				99,93	270
			100,02	130				100,03	275
135	999,93		99,93	135	280	999,67		99,98	280
			99,98	140				100,02	285
			99,91	145				99,94	290
145		500,03	100,13	150	295		499,76	100,06	295
		500,04	99,88	155				99,88	300
			100,12	160				99,85	305
160			99,86	160	305		499,72	99,98	310
				165					100,05
170	999,95	499,90	100,03	170	320	999,66		99,97	320
			100,05	175				100,03	325
			99,94	180				99,98	330
			99,92	185				100,12	335
			100,09	190				99,81	340
195			99,90	195	345			100,00	345
				200					
				205					

## Latte 10 A.

Vorderseite.

Rückseite.

Strich	1,00- Strecke	0,50- Strecke	0,10- Strecke	Strich	Strich	1,00- Strecke	0,50- Strecke	0,10- Strecke	Strich
55				55	205				205
			100,00	60				100,00	210
		499,95	99,95	65			499,85	99,95	215
			99,96	70				100,02	220
			100,00	75				100,03	225
			100,04	80	230	999,85		99,85	230
80	999,84		99,96	85				100,12	235
			99,98	90				99,93	240
		499,88	99,98	95			500,00	100,04	245
			99,97	100				99,82	250
			99,98	105	255			100,09	255
105			99,98	110				100,03	260
			99,96	115				100,00	265
		499,94	100,00	120			499,95	99,91	270
			100,00	125				100,03	275
			100,01	130	280	999,75		99,98	280
130	999,72		99,98	135				100,04	285
			99,97	140				99,93	290
		499,78	99,98	145	295		499,80	100,05	295
145			99,97	150				99,90	300
			99,86	155	305			99,88	305
155		499,84	100,00	160			499,77	99,99	310
			99,99	165				100,05	315
			100,04	170	320	999,77		99,98	320
170	999,69		99,97	175				100,00	325
			99,94	180				99,99	330
		499,85	99,97	185			499,99	100,03	335
			99,98	190				99,95	340
			99,98	195	345			100,02	345
195				200					350

Die Tabellen 3. zeigen, daß die Einteilung der Latten in Beziehung auf die Genauigkeit der Unterteilung als vorzüglich zu bezeichnen ist, und daß man berechtigt ist, beim Nivellieren selbst von der „Länge des Lattenmeters“ zu einer bestimmten Zeit zu

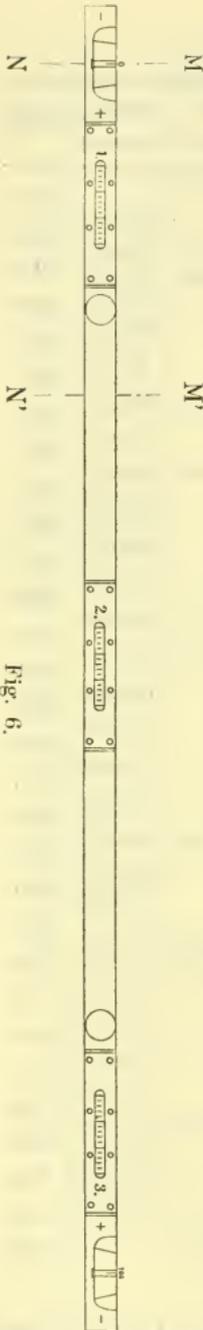


Fig. 6.

sprechen, das durch Anlegen des Kontrollmeters an beliebige dm Striche bestimmt werden kann. Die gegenseitige Stellung der Teilungen links und rechts (I und II in Fig. 5) auf derselben Seite einer Latte kommt für das Nivellieren nicht in Betracht, weil bei Rückblick und Vorblick dieselbe Skale abgelesen wird. Immerhin sei angeführt, daß nach Vergleichung mit dem Nivellier selbst auf der Latte 10, Vorderseite, die Skalen I und II als um 0,2 mm gegen einander verschoben anzusehen sind, ebenso auf 10 Rückseite 0,2 mm, auf 10 A Vorderseite 0,03 mm, 10 A Rückseite 0,05 mm.

c) Das Kontrollmeter zur Bestimmung der Länge eines Lattenmeters zu den verschiedenen Zeiten der Ausführung des Nivellements ist neben Nivellier und Latten der wichtigste Bestandteil des Meßapparats. Um möglichst bequemes Anlegen des Kontrollmeters auf die Latte zu erhalten, gab ich anfangs Juni 1901 O. FENNEL'S Söhnen, Cassel, Auftrag zur Anfertigung eines Stahlmeters von folgender Einrichtung: in dem starken Körper des Stahlstabs sind bei den Stellen 0 und 100 cm je etwa  $3\frac{1}{2}$  cm lange Ausarbeitungen anzubringen (vgl. Fig. 6), an denen der sonst vorhandene Querschnitt M' N' des Stabs auf MN verändert wird. (Fig. 7.) An diesen Stellen sind 5 mm breite Silberplättchen in den Stab fest einzulassen und auf ihnen neben den Endstrichen 0 und 100 des Stabs nach beiden Seiten hin Striche in 1 mm Entfernung zu ziehen; diese mm-Strecken zu beiden Seiten der Endstriche sind in je 5 Teile zu zerlegen, so daß um die Endpunkte Striche von  $\frac{1}{5}$  zu  $\frac{1}{5}$  mm nach beiden Seiten hin vorhanden sind, und man mit Hilfe einer beigegebenen starken Lupe unmittelbar bei Anlegung an einen scharfen Strich bis auf  $\frac{1}{50}$  mm ablesen

kann. In die Oberfläche des Stabs sind 3 Quecksilberthermometer mit versenktem Quecksilbergefaß einzulassen. Die Entfernung der Endstriche 0 und 100 soll die richtige Länge von 1 m bei der aus

den 3 Thermometern gemittelten Temperatur von  $+18^{\circ}$  zeigen. Der Stab ist der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt oder der Kaiserlichen Normaleichungskommission zur Prüfung (Entfernung der beiden Endstriche, sowie Entfernung der  $\frac{1}{5}$  mm-Teilungen je bei  $+18^{\circ}$  und mit Angabe der Temperaturexstension) zu übergeben und mit Fehlerverzeichnis abzuliefern.

In der zweiten Hälfte des Juli 1901 wurde der Stab von FENNEL (Bezeichnung: Nr. 5246) an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt übergeben;

da mir von dort am 22. Juli 1901 mitgeteilt wurde, daß die Prüfung erst in 5 bis 6 Wochen erledigt werden könne, weil eine Neueinrichtung für Ausdehnungsbestimmungen im Gang sei, so

bat ich am 25. Juli um Übermittlung des Stabs an die Kaiserliche Normaleichungskommission und erhielt von dort mit Schreiben vom 13. August 1901 (ohne Erhebung von Gebühren) den Stab nebst Fehlerverzeichnis zurück. Er ist, in hölzernem Etui verwahrt, unter der Bezeichnung A. i. 70 in die geodätische Sammlung der Technischen Hochschule aufgenommen. In dem Schreiben war bemerkt, daß „mit Rücksicht auf die eigenartige Form des Stabs, bei der die Teilung nicht in der neutralen Schicht liegt, die Fehlerangaben nur auf 0,005 mm gemacht worden sind“. Diese Genauigkeit von  $\frac{1}{200}$  mm reicht bei der Art der Verwendung (direkte Ablesung auf  $\frac{1}{50}$  mm) vollständig aus.

Das

„Beglaubigte Fehlerzeugnis“

lautet, mit Weglassung des Nebensächlichen:

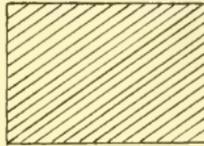
„Einteilung des Stabes: Zu beiden Seiten des Null- und Endstriches je 1 mm lange Teilungen in Fünftelmillimeter auf eingelegten Streifen.

„Kennzeichnung: Der Stab trägt 3 eingelassene, mit Messingblech bedeckte Thermometer und die Bezeichnung: Ein Meter bei  $18^{\circ}$  C. OTTO FENNEL Söhne, Cassel. Nr. 5246.

„I. Gesamtlänge.

„Die Gesamtlänge L des vorbezeichneten Maßes, enthalten zwischen den mit 0 und 100 bezeichneten Strichen bei der Tempe-

M'-N'



M-N

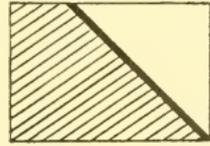


Fig. 7.

## II. Absolute Länge der Fünftelmillimeterelungen.

Intervall	von - 1,0 bis 0,0	von - 0,8 bis 0,0	von - 0,6 bis 0,0	von - 0,4 bis 0,0	von - 0,2 bis 0,0	von 0,0 bis + 0,2	von 0,0 bis + 0,4	von 0,0 bis + 0,6	von 0,0 bis + 0,8	von 0,0 bis + 1,0
Länge	1,000 mm	0,805 mm	0,615 mm	0,400 mm	0,205 mm	0,190 mm	0,385 mm	0,595 mm	0,790 mm	0,995 mm
Intervall	von 999,0 bis 1000,0	von 999,2 bis 1000,0	von 999,4 bis 1000,0	von 999,6 bis 1000,0	von 999,8 bis 1000,0	von 1000,0 bis 1000,2	von 1000,0 bis 1000,4	von 1000,0 bis 1000,6	von 1000,0 bis 1000,8	von 1000,0 bis 1001,0
Länge	0,995 mm	0,785 mm	0,590 mm	0,390 mm	0,195 mm	0,210 mm	0,405 mm	0,610 mm	0,800 mm	1,000 mm

ratur  $T$  in Graden der internationalen hundertteiligen Temperaturskala, wird durch folgenden Ausdruck gefunden:

$$L = 1 \text{ m} + 0,020 \text{ mm} + 0,012 (T - 18) \text{ mm}$$

wenn der Stab auf horizontaler, ebener Grundlage liegt.

„Die Genauigkeit der Längenangaben beträgt  $\pm 0,005$  mm. Obenstehende Werte sind auf diesen Betrag abgerundet.“ (Folgen zwei Beispiele für die Gesamtlänge bei  $13,5^{\circ}\text{C}$ . und für die Länge zwischen den Strichen —  $0,6$  und  $1000,2$  bei  $20^{\circ}\text{C}$ ., ebenfalls mit Abrundung des Endergebnisses auf  $0,005$  mm.)

Berlin-Charlottenburg, den 13. August 1901.

Kaiserliche Normal-Eichungs-Kommission  
HAUSS.“

Nach der oben angegebenen Gleichung des Stabs ist selbstverständlich zunächst eine Tabelle für die Gesamtlänge ausgerechnet mit dem Intervall  $1^{\circ}$  in  $T$ , von  $6^{\circ}$  bis  $40^{\circ}$  reichend.

In Einheiten des durch den vorstehend beschriebenen Stab und seine Gleichung definierten Meters die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Festpunkten durch Nivellement zu bestimmen, ohne jede Rücksicht auf vorhergehende Höhenbestimmung u. s. f., war nun und ist für die Zukunft die Aufgabe.

**2. Art der Messung. Berechnung** (zunächst ohne Rücksicht auf Lattenlänge). Zur Ausrüstung für die Messung gehören, außer dem Instrument (in zwei Kästen) nebst Stativ, dem Paar Nivellierlatten mit Überzügen und Fußlederstützen, dem Stahlkontrollmeter (in Etui) mit starker Lupe, vor allem noch ein Paar schwere Bodenplatten, deren polierter und ähnlich wie die Stahlbolzenköpfe, Fig. 3, geformter Dorn als Wechsellpunkt diene. Aus dem sonstigen Inventar sei nur noch erwähnt ein kleines Nivellierinstrument mit Taschnivellierband zur vorläufigen Ermittlung des Höhenunterschieds sich folgender Punkte, um daraus die mögliche konstante Zielweite beim Nivellement zwischen diesen Punkten zu bestimmen (siehe unten), ferner, neben gewöhnlichen Meßbändern, Meßdrähte von 25, 30, 35 . . . 50 m Länge zur Bestimmung des Orts der Wechsellpunkte.

Das (erste) Nivellement wurde, wie bereits erwähnt, dem Dipl.-Ing. WERKMEISTER übertragen und im Juli 1902 ausgeführt; Hilfsarbeiter sind 3 verwendet, einer für die Ablesung der Libellenenden (und zum Schirmhalten) am Instrument, zwei als Träger je einer Latte und Bodenplatte. Als Libellenableser sollte man immer einen

bereits sehr gut geschulten Arbeiter haben; im vorliegenden Fall traf dies nicht zu und an den ersten und auch noch einzelnen spätern Tagen sind die Libellenablesungen in Beziehung auf Genauigkeit oft geradezu als nicht ganz genügend genau zu bezeichnen.

Das Messungsprogramm war (abgesehen von der täglichen Feststellung der Länge des Lattenmeters) folgendes: In allen wesentlichen Stücken wird das Nivellierverfahren von Prof. SEIBT eingehalten. Zwischen je zwei Festpunkten wird mit konstanter Zielweite nivelliert, die je nach den Gefällsverhältnissen der Strecke zu bestimmen ist. Die Lattenstandpunkte und Instrumentenstände werden hiernach auf der zu nivellierenden Teilstrecke mit Blaustift auf dem Boden bezeichnet. Nachdem an jedem Halbtage der Messung die Rektifikation des Instruments und ebenso die Justierung der Dosenlibellen der Latten nachgesehen ist, wird vom ersten Aufstellungspunkt des Instruments (Verwendung der Dosenlibelle zur ersten Horizontierung) aus der erste Rückblick nach der auf dem Bolzen aufgestellten Latte (Lattenträger 1) gemacht. Der mittlere Horizontalfaden treffe bei nahezu einspielender Hauptlibelle z. B. auf das weiße Lattenfeld, dessen Mitte 2,917 lautet. Diese Feldmitte wird nun vom Beobachter scharf eingestellt und dabei zu dem seitwärts mit dem Schirm stehenden Libellenableser „Achtung“ gesagt. Sobald dieser bemerkt, daß die Libellenblase zur Ruhe gekommen ist, liest er (unter gleichzeitiger Erhaltung der Einstellung des Mittelfadens auf die Feldmitte durch den Beobachter) die beiden Enden der Libellenblase an der Libellentheilung je auf 0,1 Teil ab und sagt fertig. Der Beobachter notiert dann seine Einstellung 2,917 und die Ablesungen an beiden Libellenenden z. B. 18,6 und 32,5; er erkennt sofort an der Summe der Ablesungen, ob die eingestellte Feldmitte der Latte über oder unter der Horizontalen der Aufstellung liegt. Der Träger der Latte 1 wird nun durch einen Pfiff zum Wenden der Latte veranlaßt und es wird die Einstellung einer Feldmitte an der Rückseite der Latte unter gleichzeitiger Ablesung der Libellenblasenenden durch den Ableser in derselben Art wiederholt. Dabei soll der Beobachter, wenn der auf der Vorderseite der Latte eingestellte Strich  $\left. \begin{array}{l} \text{über} \\ \text{unter} \end{array} \right\}$  der Horizontalen der Aufstellung lag, auf der Rückseite einen  $\left. \begin{array}{l} \text{unter} \\ \text{über} \end{array} \right\}$  der Horizontalen liegenden Strich wählen. Nunmehr kommt der erste Vorblick; der Libellenableser richtet, während der Beobachter um das Stativ herumgeht, das Fernrohr ungefähr auf

die vordere Latte, deren Träger 2 das Signal „Achtung“ erhält. Die Beobachtung auf der Vorderseite und, nach dem Wendesignal, auf der Rückseite der Latte geschieht in derselben Art wie beim ersten Rückblick. Es folgt die zweite Ablesung an beiden Latten beginnend mit dem zweiten Vorblick, nach Rückseite und Vorderseite der Latte 2, nach der das Fernrohr noch gerichtet ist; und zwar soll, wenn die letzte Ablesung des ersten Vorblicks (Rückseite der Latte 2) nach einer  $\left\{ \begin{array}{c} \text{über} \\ \text{unter} \end{array} \right\}$  dem Horizont der Aufstellung gelegenen Feldmitte gegangen war, beim zweiten Vorblick nach der Rückseite der Latte eine  $\left\{ \begin{array}{c} \text{unter} \\ \text{über} \end{array} \right\}$  dem Horizont gelegene gewählt werden, nicht der mit dem vorhin genommenen Teil der Vorderseite korrespondierende. Nach der Ablesung auch auf der Vorderseite von Latte 2 zielt endlich der Beobachter wieder nach Latte 1 und liest auf beiden Seiten (Rückseite und Vorderseite) in derselben Weise ab, jedesmal mit gleichzeitiger Ablesung der Libellenblasenenden.

Von besondern Vorsichtsmaßregeln sei nur noch erwähnt, daß vor Aufsetzen einer Latte die Bodenplatte an der für sie vorausbezeichneten Stelle sehr sorgfältig festgelegt, festgetreten, d. h. längere Zeit durch das ganze Gewicht des daraufstehenden Lattenträgers beschwert wurde. Besondere öfters ausgeführte Versuche, bei denen die Konstanz des Instrumentenhorizonts durch Ablesung auf sehr festen Punkten (z. B. den Stahlbolzenköpfen der Festpunkte) kontrolliert wurde, hatten im Anfang des Nivellements selbst bei ununterbrochenem Aufsetzen der Latte während einer halben Stunde auf die festgetretene Bodenplatte, ein Einsinken der Platte in nachweisbarem Betrag nicht gezeigt und die wie beschrieben hergestellten Wechsellpunkte auf den Fußplatten scheinen hiernach vollständig sicher; vgl. dagegen IV. Auf mehreren Strecken wurde auch sofort nach dem Zeichen: „die zweite Ablesung (nach dem Wenden) ist ebenfalls fertig!“ die Latte durch freies Emporheben sorgfältig abgenommen und (falls damit die Ablesung auf dem Wechsellpunkt nicht überhaupt erledigt war) auf den Stiefel des Lattenträgers, nicht auf den Boden gesetzt, um Anhängen von Schmutz etc. am Ledereschutzstulpen zu vermeiden, oder beiseite gelegt. Für das allenfalls dann notwendige Wiederaufsetzen der Latte war dem Lattenträger ebenfalls größte Vorsicht eingeschärft. Vorteilhaft habe ich ferner gefunden, da sich bei Sonnenschein durch den Schirm selten das Instrument nebst ganzem Stativ vor der Bestrahlung beschützen

läßt, die Stativbeine mehrfach vollständig mit grober Sackleinwand umwickeln zu lassen.

Auf die einfachen Kontrollen, die während des Aufschreibens geboten werden durch die konstante Länge der Libellenblase (wobei also der Libellenableser ohne sein Wissen durch die Konstanz der Differenz seiner Zahlen kontrolliert wird), ferner durch den Umstand, daß die Summe der Ablesungen an Vorder- und Rückseite der Latte nach einem und demselben Punkt stets sehr nahezu 4 m beträgt, endlich bei gleichen Zielweiten durch die Proportionalität zwischen Veränderung der Summe der Ablesungen an beiden Enden der Blase und Veränderung der Lattenablesung, ist selbstverständlich gleich bei der Niederschrift der Ablesungen geachtet. Besonders wichtig ist die angedeutete Kontrolle des Libellenablesers; die sorgfältige Umhüllung des Libellenkörpers bewirkt, daß selbst bei stärkerem Wechsel der Lufttemperatur die Blase ihre Länge nur langsam ändert, so daß die 8 Differenzen je zweier zusammengehöriger Ablesungen an den Blasenenden nur geringe Schwankungen zeigen dürfen. Hier zeigte sich beim vorliegenden Nivellement, wie schon oben erwähnt, besonders in den ersten Tagen vielfach die noch mangelhafte Schulung des Libellenablesers; z. B. sind bei einem Stand des Instruments am zweiten Tag folgende Libellenablesungen bei sehr konstanter Temperatur gemacht:

1) 1. Rückblick: 16,5	31,1	2) 1. Vorblick: 13,2	28,0
	<u>14,6</u>		<u>14,8</u>
20,0	34,7	9,0	23,8
	14,7		14,8
<hr/>			
4) 2. Rückblick: 16,0	30,7	3) 2. Vorblick: 12,9	27,8
	<u>14,7</u>		<u>14,9</u>
20,6	35,4	8,9	23,9
	14,8		15,0

wo sich die durch die Blasenlänge gebotene Kontrolle noch nicht zu ungünstig zeigt; es kommen aber auch noch größere Abweichungen vor, die der Zehntelschätzung des Libellenablesers zur Last zu legen sind. Nachdem auf einem Standpunkt des Instruments die oben angegebenen 8 Ablesungen nach den beiden Seiten der rückwärts und vorwärts stehenden Latten nebst zugehörigen Libellenablesungen aufgeschrieben sind und die zuletzt angedeuteten einfachen Kontrollen keinen Anstand in allen Ablesungen ergeben haben, wird das Instrument vom Stativ abgenommen und alles auf den nächsten Stand-

punkt getragen. Zu erwähnen ist endlich, daß im Lauf des Nivellements alle erforderlichen Notizen über Zeit, ferner über die Witterung aufgeschrieben wurden, besonders mehrfach im Lauf des Tags Lufttemperatur (Schleuderthermometer), Zustand des Lattenbilds (bei Unruhe aufhören! ebenso bei stärkerem Wind) u. s. f.

In der angegebenen Art ist jede Nivellementsstrecke zwischen zwei Festpunkten zweimal unabhängig in beiden Richtungen mit konstanter Zielweite nivelliert; für verschiedene Strecken wechselt jedoch, wie bereits angegeben, diese konstante Zielweite zwischen 20 m (min.) und 50 m (max.). Die konstante Zielweite wurde stets durch einen Meßdraht von der entsprechenden Länge hergestellt, so daß die Distanzfäden im Okular des Fernrohrs keine Verwendung fanden.

Im folgenden ist stets die  
 Nivellierung in der Richtung Böblingen — Lustnau mit **A**  
 „ „ „ „ Lustnau — Böblingen „ **B**  
 bezeichnet.

Nur die drei ersten Teilstrecken von Böblingen aus sind, da der Beobachter noch geringe Übung hatte (das vorliegende Feinnivellement ist das erste von ihm ausgeführte), und besonders auch der Libellenableser und die Lattenträger erst einzulernen waren, je dreimal gemacht (wenn M, N, O drei in der Richtung Böblingen—Lustnau aufeinanderfolgende Festpunkte in je etwa  $\frac{3}{4}$  km Abstand sind, in folgender Art: MN, NM, MN; dann NO, ON, NO usw.); es sind bei der Berechnung, wie gleich hier bemerkt sein mag, für diese drei Teilstrecken die Ergebnisse der zwei in der Richtung **A** geführten Nivellierungen zum Mittel zusammengefaßt, dem dann aber der Einfachheit halber kein größeres Gewicht als der Nivellierung **B** gegeben wurde. Alle folgenden Strecken sind nur zweimal, einmal in Richtung **A** und einmal in Richtung **B** nivelliert. Bei der Berechnung der Ergebnisse (siehe unten) ist keine einzige vollständige Nivellierung einer Strecke weggelassen worden; es mußte nur auf drei Strecken die bereits begonnene Nivellierung wegen der Ungunst der Witterung (Regen, heftiger Wind) abgebrochen werden und diese Stücke sind dann selbstverständlich weggelassen und durch neue vollständige Nivellierungen ersetzt.

Angeführt sei hier auch noch, daß es am Ende einer Teilstrecke vielfach vorkommt, daß z. B. bei 35 m konstanter Zielweite zwischen je 2 Wechsellpunkten, am Ende der Strecke vom letzten Aufstellungspunkt des Instruments bis zum letzten Wechsellpunkt und bis zum

Endpunkt der Strecke (Festpunkt), nur 30 oder 28 m u. dgl. Zielweite vorhanden ist. Selbstverständlich ist aber, wie bereits oben angedeutet, auch auf einer solchen kürzeren Abschlußstrecke (letzte Aufstellung des Instruments auf einer Strecke) streng aus der Mitte nivelliert. Bei der Fehlerberechnung ist auf solche kleine Abweichungen von der auf einer Strecke sonst durchaus konstanten Zielweite keine Rücksicht genommen, vgl. IV, 2; es ist nur im folgenden mehrfach gleich die „mittlere“ Zielweite auf einer Strecke genannt, z. B. wenn bei 9 Aufstellungen des Instruments die Zielweite für Rück- und Vorblick je 35 m war, bei der letzten 10. Aufstellung aber nur 28 m bis zum letzten Wechsellpunkt und dem folgenden Festpunkt: mittlere Zielweite 34 m u. dgl. Daher kommen die mehrfach ungerunden Angaben für die Zielweiten.

Erwähnt sei schließlich, daß die SEIET'schen Regeln über die Richtung der Beine des Stativs bei den Nivellierungen **A** und **B** beachtet worden sind.

Alles Vorstehende bezieht sich auf die Ermittlung der Höhenunterschiede zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Bolzen, die durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  km von einander entfernt sind, **H** und **1**, **2** und **3**, **4** und **5** . . . . **64** und **65**, **66** und **L**. Es ist aber bereits erwähnt (vgl. II, 1 mit schematischer Figur und das Verzeichnis in II, 3), daß allemal zwei Festpunkte **1**, **2**; **3**, **4**; . . . . ; **65**, **66** sehr nahe beisammen liegen. Der Höhenunterschied zwischen den zwei Festpunkten eines solchen Paares ist je von einer (seitlichen) Aufstellung des Instruments aus, genau gleich weit von den beiden Punkten entfernt, bestimmt worden. Die Zielweite betrug dabei in der Regel nur 10 m, einigemal 15 und 20 m; im übrigen ist jeder solche Höhenunterschied genau ebenso bestimmt wie sonst bei größerer Zielweite zwischen zwei Wechsellpunkten: zweimalige Ablesung auf jeder Seite der Latte auf jedem der Punkte mit gleichzeitiger Ablesung der Libellenblasenenden.

Die Nivellierung der einzelnen Hauptstrecken des ganzen Nivellementszugs begann bei Nivellement **A** (von den Festpunkten **H** und **C** abgesehen) an einem Festpunkt gerader Nummer, 2-**3**; 4-**5**; . . . . 66-**L** und endigte an einem Festpunkt ungerader Nummer (von **L** abgesehen); umgekehrt begann das Nivellement **B** dieser Hauptstrecken mit ungerader Nummer: 3-**2**; 5-**4** . . . Zwischen je zwei solchen Hauptstrecken waren aber die Höhenunterschiede der Festpunktpaare **1**, **2**; **3**, **4**; **5**, **6**; . . . ; **65**, **66** als kurze Zwischenstrecken zu bestimmen.

Die der Nivellierung folgende **Berechnung** (z. T. an Regentagen am Ort der Messung, zum größten Teil und endgültig in Stuttgart, z. T. von WERKMEISTER, für die Schlußrechnung, besonders Fehlerdiskussion, z. T. vom Verfasser durchgeführt) hatte, zunächst ohne Rücksicht auf die veränderliche Länge des Lattenmeters, für Rückblick und Vorblick die Differenzen zwischen Ablesung auf Vorder- und Rückseite der Latte  $l_r$  und  $l_v$ , sodann durch Addition der gemittelten Ablesungen an den beiden Enden der Libellenblase die Libellenzahlen  $n_r$  und  $n_v$  zu bilden. Wäre  $l_r$  und  $l_v$  bei genau horizontaler Ziellinie abgelesen, so wäre  $l_r - l_v$  der Höhenunterschied der zwei Wechsellpunkte; da dies nicht zutrifft, so ist an jedem ( $l_r - l_v$ ) die Korrektur

$$c = - (n_r - n_v) \cdot \frac{\alpha''}{\varrho''} \cdot 1000 \cdot e \text{ mm}$$

anzubringen, wo  $n_r$  und  $n_v$  die Libellenzahlen in Libellenpartes,  $\alpha''$  der Teilwert der Libelle = 4,67'' (s. III. 1. a),  $\varrho''$  die Zahl 206 265'' und  $e$  die konstante Zielweite zwischen Instrument und Wechsellpunkt auf der betrachteten Strecke bedeuten. Zur Ausrechnung der Korrektur  $c$  bedient sich SEIBT ziemlich ausgedehnter Tabellen (vgl. <sup>16</sup>): einfacher erscheint mir die Ablesung am Rechenschieber, an dem  $\frac{\alpha \cdot e}{\varrho}$  einzustellen und ohne weitere Veränderung, solange  $e$  sich nicht ändert, bei jedem ( $n_r - n_v$ ) abzulesen ist, oder endlich die Anwendung einer graphischen Tafel, die man freilich (wie die SEIBT'schen Tabellen) für jeden einzelnen in Betracht kommenden Wert von  $\alpha$  besonders entwerfen muß. Für  $\alpha = 4,67''$  hat Herr WERKMEISTER die hier beige gedruckte graphische Tafel mit Verwandlung der Isoplethen in gerade Linien nach LALANNE-VOGLER gezeichnet, die für alle  $c$  gebraucht wurde. Im Original (doppelt so groß als Fig. 8) sind selbstverständlich die hier — — — —, — — — — und . . . . . gezeichneten Isoplethen in anderer Farbe ganz ausgezogen.

Durch Hinzufügung dieser Beträge  $c$  zu den ( $l_r - l_v$ ) gewinnt man die „verbesserten Höhenunterschiede“. Aus den je zwei sich auf dieselben Wechsellpunkte vom gleichen Instrumentenstand aus beziehenden Zahlen (Nivellement I und II, je bei Nivellement A und später B oder umgekehrt, gleichzeitig mit Benützung der zwei Lattenseiten ausgeführt) wird das Mittel genommen und diese Zahlen gelten dann als Ergebnis eines „einfachen“ Nivellements A oder B, stets

<sup>16</sup> Nivellitische Rechentafeln, Berlin 1901.

vorbehältlich der wegen Änderung der Länge des Lattenmeters noch anzubringenden Korrektur.

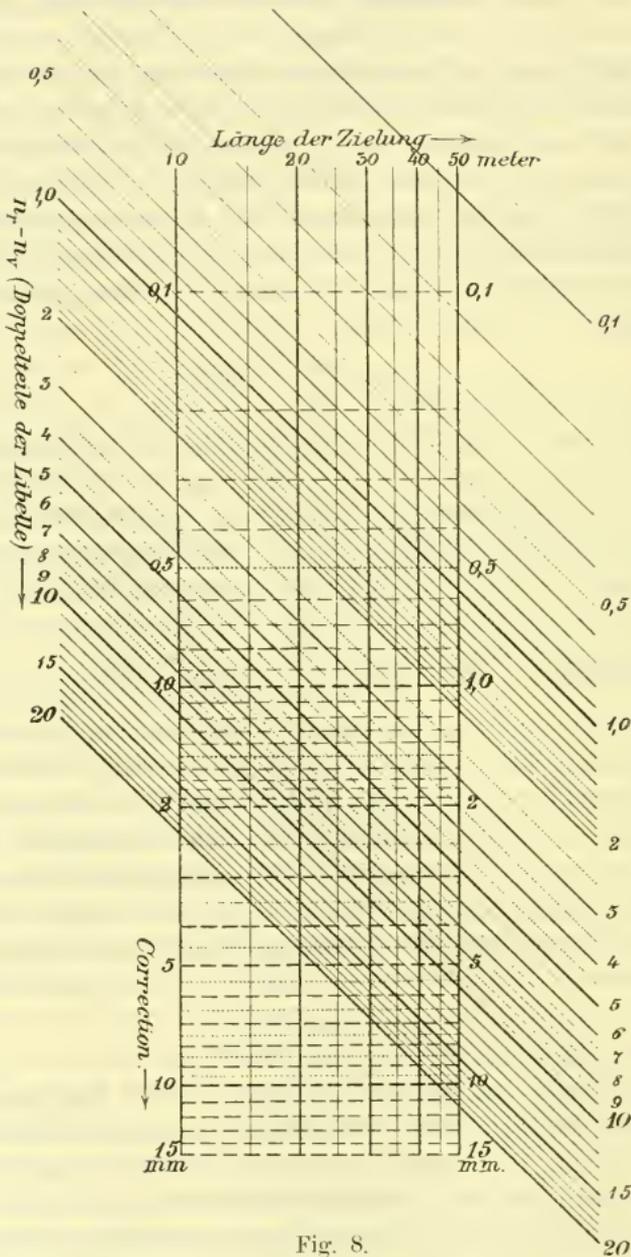


Fig. 8.

Das folgende, an beliebiger Stelle herausgegriffene Beispiel (s. S. 148, 149) zeigt die Anwendung des bei der Messung ge-

brauchten Formulars und bedarf nach dem Vorstehenden keiner Erläuterung mehr. Die bei der Messung notierten Zahlen sind *kursiv*, die durch die Berechnung entstandenen mit gewöhnlichen Ziffern gesetzt. Die Spalten: „Standpunkt des Instruments“ (überflüssig, weil durch die auf jeder Hauptstrecke für sich numerierten Wechsellpunkte genügend gekennzeichnet), „Distanzfäden“ (Entfernung vielmehr durch Draht von konstanter Länge bestimmt, s. o.; im folgenden Formular ganz weggelassen) und „Höhe des Punkts“ (Anbringung der Lattenkorrektion und Schlußrechnung für sich auf besondern Blättern zusammengestellt, s. u.) bleiben leer. Das Beispiel umfaßt eine Zwischenstrecke (39, 40) und einen Teil einer Hauptstrecke (von Festpunkt 39 gegen 38); aus Heft Nr. IV. Datum: 22. Juli 1902. V.M.

Die sämtlichen so gemessenen und bis zu der oben angegebenen Rechnungsstufe geführten Doppelnivellierungen (A, B) sind in 5 eingestochnen Folioheften (I bis V) handschriftlich niedergelegt.

Die Durchführung der Messung, selbstverständlich einschließlich der täglichen Lattenvergleichen vgl. III. 3. hat, bei im ganzen als nicht günstig zu bezeichnender Witterung, 21 Tage (1902, Juli 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 15. 16. 17. 18. 19. [20.] 21. 22. 23. 24. 25. 26. 28. 29.) beansprucht, von denen mehrere nur zum kleinen Teil benützt wurden (z. B. Sonntag 20. Juli) oder wegen der Witterung benützt werden konnten. Es sind für Haupt- und Zwischenstrecken 781 Aufstellungen des Instruments erforderlich gewesen, also durchschnittlich täglich 37 Aufstellungen gemacht worden; wäre durchaus die Zielweite 50 m möglich gewesen, so hätte dies einer durchschnittlichen Tagesleistung von 3,7 km „einfachen“ Nivellements (A oder B, je I und II) entsprochen. Die Aufsuchung der auf jeder Hauptstrecke möglichen Zielweite erforderte ziemlich viel Zeit; im Durchschnitt ist die Länge der Zielweite auf diesen Strecken 33 m. Im ganzen wird man diese Leistung als gut bezeichnen dürfen. In der Zusammenstellung in IV (Tabelle 6) ist die Arbeit jedes Tags einzeln aufgeführt.

**3. Länge des Lattenmeters.** Gleichzeitig mit der Ausführung des Nivellements war genügend häufig die Länge des Meters auf jeder Latte festzustellen, wozu das Anlegemeter (vgl. III. 1. c) A. i. 70 zu dienen hatte. Bei der Vergleichung wurde die Latte mit Hilfe einer berichtigten Setzlibelle horizontal gelegt und gegen Durchbiegung durch Unterlegen von Filzstreifen geschützt. Auf jeder Lattenseite sind dann die Längen von fünf verschiedenen Meterstücken bestimmt durch Anlegen des Normalmeters in drei jedesmal



4.

Rückblick — Vorblick			Ver- besserter Höhenunter- schied m	Mittel aus Nivellement I und II	Höhe des Punkts	Bemerkungen
Latte $l_r - l_v$ in m	Libelle $n_r - n_v$ in partes	Ver- besserungen wegen Lib. c (mm)				
— 0,468	+ 14,3	— 2,4	— 0,4704	— 0,4704 <sub>5</sub>	—	V. M. 22. Juli 7 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> . Temp. + 11°. <i>Nullpunkt beim Okular. Okulartrieb unten.</i>
— 0,468	+ 14,8	— 2,5	— 0,4705			
+ 1,976	+ 8,7	— 3,4	+ 1,9726	+ 1,9726	—	
+ 1,976	+ 8,3	— 3,3	+ 1,9727			
+ 2,104	+ 13,2	+ 5,3	+ 2,1093	+ 2,1094	—	
+ 2,104	+ 13,4	+ 5,4	+ 2,1094			
+ 2,012	— 1,2	+ 0,5	+ 2,0125	+ 2,0124	—	
+ 2,012	— 0,9	+ 0,4	+ 2,0124			
+ 1,940	— 1,2	+ 0,5	+ 1,9405	+ 1,9404	—	
+ 1,940	— 0,8	+ 0,3	+ 1,9403			
+ 2,080	+ 2,1	— 0,8	+ 2,0792	+ 2,0791	—	
+ 2,080	+ 2,6	— 1,0	+ 2,0790			
+ 1,552	— 8,8	+ 3,6	+ 1,5556	+ 1,5556	—	9 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> . Temp. + 12°.
+ 1,552	— 9,0	+ 3,7	+ 1,5557			

etwas abgeänderten Lagen, so daß auf jeder Seite 15 Lattenmeter gemessen sind; der mittlere Fehler einer Bestimmung des Lattenmeters auf einer Seite der Latte ist  $< 0,01$  mm. Solche vollständige Lattenmeterbestimmungen sind ausgeführt in Stuttgart 1902, Juli 4. 5.; auf dem Nivellementswege an folgenden Tagen 1902, Juli 7. 8. 9. 10. (11. nicht) 12. (13. Sonntag, nicht gebraucht) 14. 15. 16. 17. 18. 19. (20. Sonntag, wo nur eine Zwischenstrecke zwischen den Punkten eines Festpunktpaars nivelliert ist, so daß die genaue Kenntnis der Länge des Lattenmeters überflüssig ist) 21. 22. 23. 24. (25. nicht) 26. (27. Sonntag, nicht gebraucht), (28. nicht) und 29. Erwünscht wären nur noch Bestimmungen gewesen am 11. Juli, um so mehr als am 10. und 11. Juli die Latten vor Abbruch der Messung vom Regen etwas benetzt wurden, ferner am 25. Juli und am 28. Juli; doch betreffen die Messungen vom 25. (zum größten Teil) und vom 28. (ganz) nur Strecken mit kleinen Höhenunterschieden (Bebenhäuser—Lustnau und Lustnau), wo also die sehr genaue Feststellung der Länge des Lattenmeters nicht mehr so wichtig ist, auch zeigten sich die Latten vom 21. bis 29. Juli überhaupt sehr wenig veränderlich. Weitere Bestimmungen der Lattenlänge liegen dann noch aus Stuttgart vom November 1902 u. s. f. vor; doch sind die Stuttgarter Bestimmungen im folgenden natürlich sämtlich nicht berücksichtigt. Gemessen ist stets auf Vor- und Rückseite der Latte an der beim Nivellieren verwendeten Lattenteilung (vgl. die Bemerkung bei der ersten Untersuchung der Lattenteilung in sich, III. 1. b). Abgelesen ist am Normalmeter mit Hilfe einer kräftigen Lupe unmittelbar auf 0,1 Teil der  $\frac{1}{5}$  mm-Teilung (+ und —); das bei den Vergleichen verwendete Formular hat folgende Einrichtung:

Datum	Bezeichnung der Latte und Seite	Luftdruck	Hygrometer, relativ	Strich der Latte	Ableseung am Kontrollmeter A. i. 70	Temperatur der Latte	Differenz der Ableseungen	Temp. Korr.	Gesamt- Korr.	Temperatur des Kontroll- meters A. i. 70	Länge des Kontroll- meters A. i. 70	Länge des Lattenmeters
								mm	mm			

Die sämtlichen Lattenvergleiche sind in zwei eingestochene Quarthefte (I und II) „Längenbestimmungen der Nivellierlatten A. m. 43“ eingetragen und auf einem Bogen Fol. zusammengestellt. Die folgende

Tabelle enthält die Resultate der Vergleichen an den oben angegebenen Tagen (meist in den Mittagstunden); die Temperaturen der zwei Latten schwankten nur um wenige Zehntelgrad, in die zweite Spalte ist das Mittel der Temperaturen eingetragen; die letzte Spalte enthält die Lattentemperaturen während des Nivelierens an dem vorgesetzten Tag, an Tagen mit kleinen Temperaturschwankungen als Durchschnittszahl, für Juli 14. 15. 24. 26. 29. sind dagegen die Extreme angegeben.

Tabelle 5.

Datum 1902 Juli	Temp. der Latten während der Ver- gleich- ung  C°	Latte 10		Latte 10 A		Latte 10 Mittel	Latte 10 A Mittel	Mittel aus Latte 10 und 10 A	Temp. der Latten während des Nivel- ierens  C°
		Vor- der- seite	Rück- seite	Vor- der- seite	Rück- seite	Vorder- und Rück- seite	Vorder- und Rückseite	mm	
	+								+
7	22,0	999,84	999,87	999,81	999,82	999,855	999,815	999,835	24
8	23,5	84	86	81	81	850	810	830	21
9	24,5	82	83	79	81	825	800	812	23
10	21,3	80	84	78	81	820	795	807	21
12	18,5	83	87	79	81	850	800	825	(11. Juli 13°) 11
14	20,5	81	85	76	78	830	770	800	12 bis 30
15	24,8	77	77	76	78	770	770	770	15 bis 30
16	24,5	79	81	—	—	800	—	—	22
17	17,8	—	—	81	86	—	835	—	20
18	24,5	84	83	79	80	835	795	815	20
19	16,2	85	81	79	80	830	795	813	15
21	15,0	90	89	85	86	895	855	875	14
22	23,0	88	85	83	85	865	840	852	14
23	21,2	89	86	85	85	875	850	862	16
24	23,0	89	85	84	85	870	845	857	9 bis 24
26	22,0	89	87	86	88	880	870	875	7 bis 23
29	18,0	85	87	80	86	860	830	845	6 bis 23

Aus den angeschriebenen Lattenmeterlängen ist dann mit Interpolation nach den folgenden Figuren der Wert der Länge des Lattenmeters in Millimetern entnommen und auf 18° C. reduziert worden, vgl. die Haupttabelle 6. in IV. Von den drei hier eingefügten Fig. 9, 10, 11 gibt 9, als Beispiel von im ganzen vier solchen

Figuren, für die Vorderseite der Latte 10 die Längen von 5 verschiedenen Lattenmetern (bei den in der obigen Tabelle 5 links an-

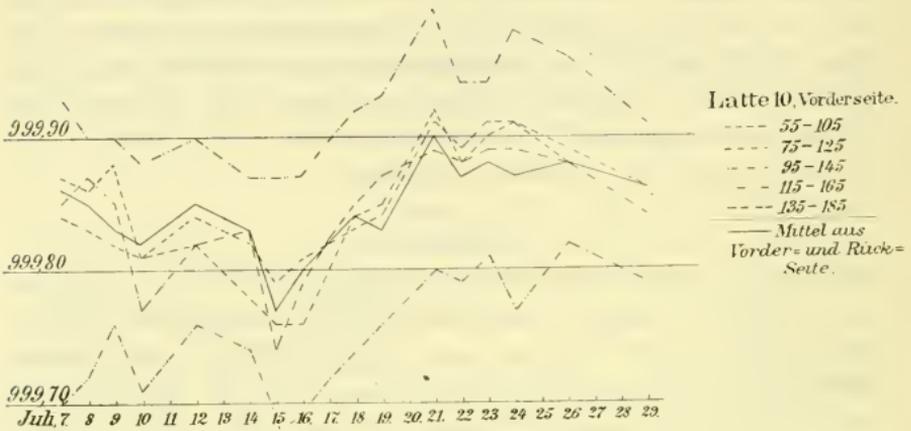


Fig. 9.



Fig. 10.

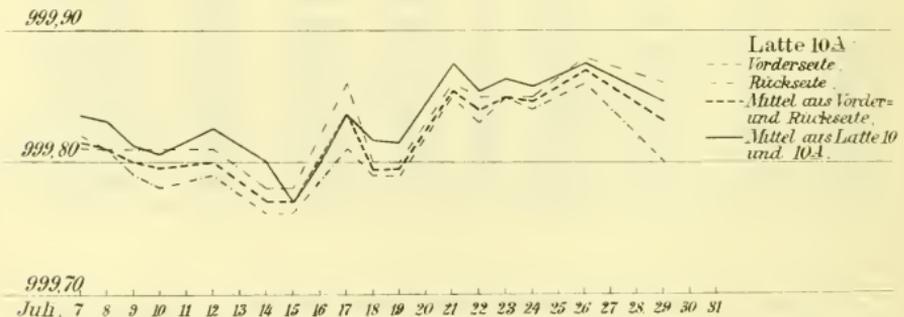


Fig. 11.

gegebenen Temperaturen), nämlich der Lattenmeter zwischen den Strichen 55 und 105; 75 und 125; 95 und 145; 115 und 165;

135 und 185. Der Parallelismus der einzelnen Linien ist befriedigend; beigelegt ist in Fig. 9 auch noch die (in Fig. 10 wiederkehrende) Linie für das Mittel der Lattenmeterbestimmungen auf Vorder- und Rückseite der Latte. Die Fig. 10 und 11 geben graphische Darstellungen der tatsächlichen Veränderungen der Länge eines durchschnittlichen Lattenmeters (bei den in der Tabelle 5 links angegebenen Temperaturen) für die Latten **10** und **10A**; in beiden Figuren ist Vorderseite und Rückseite getrennt, sodann das Mittel aus Vorder- und Rückseite für jede Latte, endlich das Gesamtmittel für beide Latten zusammen angegeben.

Bemerkenswert ist in den Fig. 10 und 11, daß auf Latte **10** das Meter der Vorderseite sich etwas kürzer zeigt als das Meter der Rückseite vom 7. bis 17. Juli (abgesehen vom 15. Juli, wo die Differenz 0 ist), daß aber das Vorzeichen dieser Differenz entgegengesetzt ist vom 18. bis 26. Juli; erst die letzte Bestimmung vom 29. Juli zeigt wieder das frühere Vorzeichen (und dieses hat sich bis November 1902 und weiter erhalten). Dies ist für die Latte **10** kein erwünschtes Zeichen, doch sind die Abweichungen im allgemeinen wenige Hundertel Millimeter. Bei der Latte **10A** ist ein solcher Umschlag des Vorzeichens der Differenz zwischen Vorderseite und Rückseite nicht vorhanden; man wird hiernach allein schon die Latte **10A** als die bessere erklären dürfen.

#### IV. Ergebnisse des Nivellements von 1902.

##### 1. Endgültige Zahlen der Höhenunterschiede und für die Höhen der Punkte.

Die folgende Tabelle 6. enthält zunächst die sämtlichen gemessenen Höhenunterschiede (nach der Lageplanordnung, nicht chronologisch geordnet), Spalte 1 gibt den Halbtag der Messung; Spalte 2 die 2 Endpunkte der Strecke; dabei ist nochmals daran zu erinnern, daß der Hilfspunkt **H'** den Ausgangspunkt des Nivellements unter der Höhenmarke am Böblinger Bahnhof, **C** den Bolzen am Rathaus in Gerlingen, **L** den Endpunkt des Nivellements am Bahnwarthaus in Lustnau bedeutet. Die Stellung der Zahlen der Endpunkte jeder Strecke gibt zugleich an, in welcher Richtung nivelliert ist, z. B. bedeutet

2, 3 Nivellement von Punkt 2 nach Punkt 3  
 3, 2       "       "       "       3       "       "       2;

übrigens ist für diese eigentlichen Nivellementsstrecken jedesmal noch hinzugefügt:

**A** = Nivellement in der Richtung Böblingen—Lustnau oder  
**B** = Nivellement „ „ „ „ Lustnau—Böblingen.

Bei der Bestimmung der kleinen Höhenunterschiede zwischen den 2 Festpunkten eines Punktepaars: **1, 2; 3, 4; 5, 6; . . . . 63, 64; 65, 66**, die je von einer Aufstellung des Instruments aus gemacht wurde, ist diese Unterscheidung nicht angegeben, doch ist auch hier auf das Vorzeichen zu achten. Die Länge dieser gleichsam kleinen seitlichen Ausbiegungen des Nivellements, welche durchschnittlich  $2 \times 13,5$  m beträgt, ist aber je in Spalte 9 (s. u.) angegeben, um bei der Gesamtlänge der Nivellementsstrecke mitgerechnet zu werden.

Spalte 3 gibt die unmittelbaren Messungszahlen für die in der Richtung **A** und **B** erhaltenen Höhenunterschiede (Mittel aus Latten-seite I und II in jeder Nivellementsrichtung) an, reduziert nur für die Neigungen der Ziellinien. Das Zeichen + bedeutet Steigen, — Fallen in der Richtung des Nivellements (so daß **A** und **B** entgegengesetzte Zeichen haben).

Spalte 4 Lattentemperatur bei der Messung und Betrag der Reduktion des gemessenen Höhenunterschieds auf  $+18^{\circ}$  C.;

Spalte 5 Messungszahlen für die Höhenunterschiede nach An-bringung der Reduktion 4);

Spalte 6 die für das Lattenmeter bei  $+18^{\circ}$  C. den Latten-vergleichungen gemäß anzunehmende Länge (Mittel der 2 Seiten jeder Latte und der beiden Latten);

Spalte 7 die hiernach sich wegen unrichtiger Lattenlänge er-gebende Reduktion der gemessenen Höhenunterschiede;

Spalte 8 die mit dieser Verbesserung 7 versehenen Höhen-unterschiede; und endlich

Spalte 9 die einfache Länge der Nivellementsstrecke in Kilo-metern.

Zu bemerken ist zu dieser Tabelle nur noch, daß (vgl. \*) im Anfang der Tabelle bei den Strecken **2, 3** und **4, 5** zwei Strecken dreimal statt zweimal nivelliert sind, nämlich zweimal in der Richtung **A**, einmal in der Richtung **B**. Für alles Folgende ist bei diesen beiden Strecken das Mittel der 2 Messungen **A** genommen, dieses Mittel dann aber bei der Differenzbildung (**A—B**) wie eine einfache Messung **A** behandelt.

Tabelle 6.

Datum 1902	Höhen- unter- schied zwischen den Punkten Nr.	Ge- messener Höhen- unter- schied m	Temperatur wäh- rend der Messung C.	Reduktion auf + 18° C.		Gemessener Höhen- unterschied reduziert auf die Latten- temperatur + 18° C. m	Länge eines Latten- meters bei + 18° C. mm	Reduktion des ge- messenen Höhen- untersch. wegen un- richtiger Lattenlänge mm	Re- duzierter Höhen- unter- schied m	Einfache Länge der nivellierten Strecke km
				+	mm					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
7. Juli N.M.	H' 1 A	+ 5,8364	+ 24°	+ 0,1	+ 5,8365	999,832	- 1,0	+ 5,8355		
8. " V.M.	1 H' B	- 5,8359	22	- 0,1	- 5,8360	832	+ 1,0	- 5,8350	0,99	
9. " V.M.	1 2	- 0,0407						- 0,0407		
9. " V.M.	1 2	+ 0,0407					0,0	+ 0,0407	0,03	
8. " N.M.	2 3 A*	+ 5,0434	25	+ 0,1	+ 5,0435	999,821	- 0,9	+ 5,0426*		
8. " N.M.	3 2 B	- 5,0441	20	- 0,0	- 5,0441	821	+ 0,9	- 5,0432	0,69	
9. " V.M.	2 3 A*	+ 5,0433	21	+ 0,1	+ 5,0434	821	- 0,9	+ 5,0425*		
8. " N.M.	3 4	- 0,0162						- 0,0162		
9. " V.M.	3 4	- 0,0162					0,0	- 0,0162	0,02	
9. " N.M.	4 5 A*	+ 26,5769	25	+ 0,7	+ 26,5776	999,809	- 5,1	+ 26,5725*		
10. " V.M.	5 4 B	- 26,5765	21	- 0,3	- 26,5768	809	+ 5,1	- 26,5717	0,92	
10. " V.M.	4 5 A*	+ 26,5769	21	+ 0,3	+ 26,5772	809	- 5,1	+ 26,5721*		
9. " N.M.	5 6	+ 0,3534						+ 0,3533		
10. " N.M.	5 6	+ 0,3531					- 0,1	+ 0,3530	0,04	
11. " V.M.	6 7 A	+ 19,6249	12	- 0,5	+ 19,6244	999,816	- 3,6	+ 19,6208		
12. " V.M.	7 6 B	- 19,6244	13	+ 0,4	- 19,6240	816	+ 3,6	- 19,6204	0,99	
11. " V.M.	7 8	+ 0,2635						+ 0,2635		
11. " V.M.	7 8	+ 0,2635					0,0	+ 0,2635	0,02	
11. " N.M.	8 9 A	+ 19,1031	14	- 0,3	+ 19,1028	999,816	- 3,5	+ 19,0993		
12. " V.M.	9 8 B	- 19,1037	9	+ 0,7	- 19,1030	816	+ 3,5	- 19,0995	0,59	
11. " N.M.	9 10	- 0,3185						- 0,3184		
12. " V.M.	9 10	- 0,3185					+ 0,1	- 0,3184	0,02	
11. " N.M.	10 11 A	- 12,9812	22	- 0,2	- 12,9814	999,816	+ 2,4	- 12,9790		
14. " V.M.	11 10 B	+ 12,9815	22	+ 0,2	+ 12,9817	812	- 2,4	+ 12,9793	0,89	
14. " V.M.	11 12	- 0,1274						- 0,1274		
14. " V.M.	11 12	- 0,1276					0,0	- 0,1276	0,02	
14. " N.M.	12 13 A	- 12,1239	28	- 0,5	- 12,1244	999,800	+ 2,4	- 12,1220		
14. " N.M.	13 12 B	+ 12,1261	16	- 0,1	+ 12,1260	800	- 2,4	+ 12,1236	0,86	
14. " V.M.	13 14	- 0,3451						- 0,3450		
14. " N.M.	13 14	- 0,3447					+ 0,1	- 0,3446	0,02	

Datum 1902	Höhen- unterschied zwischen den Punkten		Ge- messener Höhen- unterschied	Temperatur wäh- rend der Messung	Reduktion auf 18° C.		Gemessener Höhen- unterschied reduziert auf die Latten- temperatur + 18° C.	Länge eines Latten- meters bei + 18° C.	Reduktion des ge- messenen Höhen- unterschied, wegen un- terschiedl. Lattenlänge	Re- duzierter Höhen- unterschied	Einfache Länge der nivellierten Strecke
	Nr.	m			C.	mm					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.			
14. Juli N.M.	14 C A	- 15,2475	+ 25°	- 0,4	- 15,2479	999,785	+ 3,3	- 15,2446		0,41	
15. „ V.M.	C 14 B	+ 15,2482	28	+ 0,6	+ 15,2488	785	- 3,3	+ 15,2455			
16. „ V.M.	C 15 A	+ 13,3957	18	0,0	+ 13,3957	999,785	- 2,9	+ 13,3928		1,01	
15. „ V.M.	15 C B	- 13,3935	21	- 0,2	- 13,3937	785	+ 2,9	- 13,3908			
15. „ V.M.	15 16	+ 0,1402							+ 0,1402		
15. „ N.M.	15 16	+ 0,1396					0,0	+ 0,1396		0,03	
15. „ N.M.	16 17 A	+ 18,5763	22	+ 0,3	+ 18,5766	999,777	- 4,2	+ 18,5724		0,72	
16. „ V.M.	17 16 B	- 18,5746	21	- 0,2	- 18,5748	793	+ 3,8	- 18,5710			
15. „ N.M.	17 18	+ 0,5584						+ 0,5583		0,02	
16. „ V.M.	17 18	+ 0,5579					- 0,1	+ 0,5578			
16. „ N.M.	18 19 A	- 0,3036	24	0,0	- 0,3036	999,808	+ 0,1	- 0,3035		0,76	
17. „ V.M.	19 18 B	+ 0,3024	18	0,0	+ 0,3024	828	- 0,1	+ 0,3023			
16. „ N.M.	19 20	+ 0,0213						+ 0,0213		0,02	
17. „ V.M.	19 20	+ 0,0216					0,0	+ 0,0216			
17. „ N.M.	20 21 A	+ 0,4275	19	0,0	+ 0,4275	999,830	- 0,1	+ 0,4274		0,61	
16. „ N.M.	21 20 B	- 0,4269	23	0,0	- 0,4269	808	+ 0,1	- 0,4268			
17. „ N.M.	21 22	- 0,3298						- 0,3297		0,03	
17. „ N.M.	21 22	- 0,3300					+ 0,1	- 0,3299			
17. „ N.M.	22 23 A	- 22,0790	21	- 0,3	- 22,0793	999,835	+ 3,6	- 22,0757		0,45	
17. „ N.M.	23 22 B	+ 22,0800	20	+ 0,2	+ 22,0802	835	- 3,6	+ 22,0766			
17. „ N.M.	23 24	+ 0,5471						+ 0,5470		0,02	
18. „ V.M.	23 24	+ 0,5469					- 0,1	+ 0,5468			
18. „ V.M.	24 25 A	+ 27,3994	18	0,0	+ 27,3994	999,815	- 5,1	+ 27,3943		0,85	
21. „ V.M.	25 24 B	- 27,3968	12	+ 0,7	- 27,3961	875	+ 3,4	- 27,3927			
18. „ V.M.	25 26	+ 0,2242						+ 0,2242		0,02	
19. „ N.M.	25 26	+ 0,2242					0,0	+ 0,2242			
18. „ V.M.	26 27 A	- 2,8645	21	0,0	- 2,8645	999,820	+ 0,5	- 2,8640		0,78	
20. „ N.M.	27 26 B	+ 2,8643	16	0,0	+ 2,8643	844	- 0,4	+ 2,8639			
18. „ V.M.	27 28	- 0,1616						- 0,1616		0,04	
19. „ N.M.	27 28	- 0,1621					0,0	- 0,1621			
18. „ N.M.	28 29 A	- 5,4923	22	- 0,1	- 5,4924	999,815	+ 1,0	- 5,4914		0,67	
19. „ V.M.	29 28 B	+ 5,4938	13	- 0,1	+ 5,4937	813	- 1,0	+ 5,4927			

Datum 1902	Höhen- unter- schied zwischen den Punkten Nr.	Ge- messener Höhen- unter- schied m	Temperatur wäh- rend der Messung C.	Reduktion auf 18° C. + mm	Gemessener Höhen- unterschied reduziert auf die Latten- temperatur + 18° C. m	Länge eines Latten- meters bei + 18° C. mm	Reduktion des ge- messenen Höhen- unterschieds wegen un- richtiger Lattenlänge mm	Re- duzierter Höhen- unter- schied m	Einfache Länge der mittleren Strecke km
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
18. Juli N.M.	29 30	— 0,3367							
19. " V.M.	29 30	— 0,3368					+ 0,1	— 0,3367	0,04
18. " N.M.	30 31 A	— 5,8837	+ 21°	— 0,1	— 5,8838	999,815	+ 1,1	— 5,8827	
19. " V.M.	31 30 B	+ 5,8850	14	— 0,1	+ 5,8849	813	— 1,1	+ 5,8838	0,73
18. " N.M.	31 32	— 0,2893						— 0,2892	
19. " V.M.	31 32	— 0,2897					+ 0,1	— 0,2896	0,02
21. " V.M.	32 33 A	— 16,0014	15	+ 0,2	— 16,0012	999,875	+ 2,0	— 15,9992	
21. " V.M.	33 32 B	+ 15,9999	16	— 0,2	+ 15,9997	875	— 2,0	+ 15,9977	0,70
21. " N.M.	33 34	+ 0,1567					0,0	+ 0,1567	
22. " V.M.	33 34	+ 0,1567						+ 0,1567	0,02
21. " N.M.	34 35 A	+ 1,7133	16	0,0	+ 1,7133	999,869	— 0,2	+ 1,7131	
21. " N.M.	35 34 B	— 1,7121	13	0,0	— 1,7121	869	+ 0,2	— 1,7119	0,40
21. " N.M.	35 36	+ 0,0322						+ 0,0322	
22. " V.M.	35 36	+ 0,0320					0,0	+ 0,0320	0,04
21. " N.M.	36 37 A	— 16,1438	15	+ 0,2	— 16,1436	999,869	+ 2,1	— 16,1415	
22. " V.M.	37 36 B	+ 16,1431	13	— 0,2	+ 16,1429	858	— 2,3	+ 16,1406	0,53
22. " V.M.	37 38	— 0,8782						— 0,8781	
22. " N.M.	37 38	— 0,8777					+ 0,1	— 0,8776	0,04
22. " N.M.	38 39 A	— 19,7254	16	+ 0,2	— 19,7252	999,854	+ 2,9	— 19,7223	
22. " N.M.	39 38 B	+ 19,7257	12	— 0,5	+ 19,7252	858	— 2,8	+ 19,7224	0,67
22. " V.M.	39 40	— 0,4704						— 0,4703	
22. " N.M.	39 40	— 0,4706					+ 0,1	— 0,4705	0,03
23. " V.M.	40 41 A	— 28,6784	17	+ 0,1	— 28,6783	999,860	+ 4,0	+ 28,6743	
23. " V.M.	41 40 B	+ 28,6793	13	— 0,6	+ 28,6787	860	— 4,0	+ 28,6747	0,72
23. " N.M.	41 42	— 0,5201						— 0,5200	
23. " N.M.	41 42	— 0,5197					+ 0,1	— 0,5196	0,03
23. " N.M.	42 43 A	— 17,0798	17	+ 0,1	— 17,0797	999,861	+ 2,4	— 17,0773	
23. " N.M.	43 42 B	+ 17,0802	17	— 0,1	+ 17,0801	861	— 2,4	+ 17,0777	0,73
23. " N.M.	43 44	— 0,1751						— 0,1751	
24. " V.M.	43 44	— 0,1747					0,0	— 0,1747	0,02
24. " V.M.	44 45 A	— 17,4500	12	+ 0,4	— 17,4496	999,858	+ 2,5	— 17,4471	
24. " V.M.	45 44 B	+ 17,4472	18	0,0	+ 17,4472	858	— 2,5	+ 17,4447	0,78

Datum 1902	Höhen- unterschied zwischen den Punkten Nr.	Ge- messener Höhen- unterschied m	Temperatur währ- end der Messung C.	Reduktion auf	Gemessener Höhen- unterschied reduziert auf die Latten- temperatur + 18° C.	Länge eines Latten- meters bei + 18° C.	Reduktion des ge- messenen Höhen- unterschieds wegen un- richtiger Lattenlänge	Re- duzierter Höhen- unterschied m	Einfache Länge der nivellierten Strecke km
				+ 18° C. mm					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
24. Juli V.M.	45 46	— 0,1114							
24. „ N.M.	45 46	— 0,1115					0,0	— 0,1114	0,03
24. „ N.M.	46 47 A	— 8,4113	+ 22°	— 0,1	— 8,4114	999,860	+ 1,2	— 8,4102	
24. „ N.M.	47 46 B	+ 8,4138	21	+ 0,1	+ 8,4139	860	— 1,2	+ 8,4127	0,73
24. „ N.M.	47 48	— 0,0758						— 0,0758	
24. „ N.M.	47 48	— 0,0761					0,0	— 0,0761	0,02
24. „ N.M.	48 49 A	— 9,6262	18		— 9,6262	999,860	+ 1,3	— 9,6249	
25. „ V.M.	49 48 B	+ 9,6283	18	0,0	+ 9,6283	866	— 1,3	+ 9,6270	0,69
25. „ V.M.	49 50	+ 0,0137						+ 0,0137	
25. „ V.M.	49 50	+ 0,0135					0,0	+ 0,0135	0,03
25. „ V.M.	50 51 A	— 15,0101	22	— 0,2	— 15,0103	999,866	+ 2,0	— 15,0083	
25. „ V.M.	51 50 B	+ 15,0132	15	— 0,2	+ 15,0130	866	— 2,0	+ 15,0110	0,76
25. „ V.M.	51 52	— 0,1349						— 0,1349	
25. „ V.M.	51 52	— 0,1353					0,0	— 0,1353	0,03
25. „ N.M.	52 53 A	— 5,9104	22	— 0,1	— 5,9105	999,866	+ 0,8	— 5,9097	
25. „ N.M.	53 52 B	+ 5,9106	20	+ 0,1	+ 5,9107	866	— 0,8	+ 5,9099	0,60
25. „ N.M.	53 54	— 0,1942						— 0,1942	
25. „ N.M.	53 54	— 0,1941					0,0	— 0,1941	0,03
25. „ N.M.	54 55 A	— 5,5403	21	— 0,1	— 5,5404	999,866	+ 0,7	— 5,5397	
26. „ V.M.	55 54 B	+ 5,5417	20	0,0	+ 5,5417	866	— 0,7	+ 5,5410	0,73
25. „ N.M.	55 56	— 0,2366						— 0,2366	
26. „ V.M.	55 56	— 0,2366					0,0	— 0,2366	0,03
26. „ V.M.	56 57 A	— 5,5958	8	+ 0,2	— 5,5956	999,873	+ 0,7	— 5,5949	
26. „ V.M.	57 56 B	+ 5,5954	13	— 0,1	+ 5,5953	873	— 0,7	+ 5,5946	0,62
26. „ V.M.	57 58	— 0,1449						— 0,1449	
28. „ N.M.	57 58	— 0,1447					0,0	— 0,1447	0,02
28. „ N.M.	58 59 A	— 6,2572	19		— 6,2572	999,860	+ 0,9	— 6,2563	
28. „ N.M.	59 58 B	+ 6,2570	19	0,0	+ 6,2570	860	— 0,9	+ 6,2561	0,73
28. „ N.M.	59 60	— 0,0120						— 0,0120	
28. „ V.M.	59 60	— 0,0116						— 0,0116	0,03
28. „ V.M.	60 61 A	— 2,4144	17		— 2,4144	999,860	+ 0,3	— 2,4141	
28. „ V.M.	61 60 B	+ 2,4163	16	0,0	+ 2,4163	860	— 0,3	+ 2,4160	0,51

Datum 1902	Höhen- unter- schied zwischen den Punkten Nr.	Ge- messener Höhen- unter- schied m	Temperatur wäh- rend der Messung C.	Reduktion auf + 18° C. mm	Gemessener Höhen- unterschied reduziert auf die Latten- temperatur + 18° C. m	Länge eines Latten- meters bei + 18° C. mm	Reduktion des ge- messenen Höhen- unterschied, wegen un- richtiger Lattenlänge		Re- duzierter Höhen- unter- schied m	Einfache Länge der nivellierten Strecke km
							mm	mm		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
29. Juli N.M.	<b>61 62</b>	+ 0,1520							+ 0,1520	
29. „ N.M.	<b>61 62</b>	+ 0,1520							+ 0,1520	0,04
28. „ N.M.	<b>62 63 A</b>	- 6,3048	+ 15 <sup>o</sup>	+ 0,1	- 6,3047	999,860	+ 0,9		- 6,3038	
29. „ V.M.	<b>63 62 B</b>	+ 6,3043	10	- 0,2	+ 6,3041	850	- 0,9		+ 6,3032	0,93
29. „ N.M.	<b>63 64</b>	- 0,1528					0,0		- 0,1528	
29. „ N.M.	<b>63 64</b>	- 0,1530							- 0,1530	0,03
29. „ V.M.	<b>64 65 A</b>	- 1,6455	18	0,0	- 1,6455	999,850	+ 0,2		- 1,6453	
29. „ N.M.	<b>65 64 B</b>	+ 1,6458	20		+ 1,6458	845	- 0,3		+ 1,6455	0,52
29. „ N.M.	<b>65 66</b>	+ 0,0250					0,0		+ 0,0250	
29. „ N.M.	<b>65 66</b>	+ 0,0250							+ 0,0250	0,02
29. „ V.M.	<b>66 L A</b>	+ 2,0552	20	0,0	+ 2,0552	999,850	- 0,3		+ 2,0549	
29. „ V.M.	<b>L 66 B</b>	- 2,0540	22		- 2,0540	850	+ 0,3		- 2,0537	0,52

Von Notizen aus den Messungsheften sind etwa noch besonders anzuführen: bei **35 34 (B)** fiel der Schluß der Messung in die Dämmerung; bei **45 44 (B)** stärkeres Zittern der Lattenbilder; **48 49 (A)** teilweise bei Regen. Es seien bei dieser Gelegenheit überhaupt alle Notizen über die Witterung, die sich in den Beobachtungsheften finden, angeführt, abgesehen von den selbstverständlichen, in kurzen Zwischenräumen sich folgenden Temperaturmessungen:

- |   |  |
|---|--|
| 7. Juli keine Bemerkung.  | 12. Juli V.M. trüb, regnerisch, später windig; gegen Mittag sonnig, aber starker Wind, abgebrochen.                              |
| 8. „ V.M. bald sonnig.  |  |
| 9. „ V.M. keine Bemerkung.  |  |
| 9. „ N.M. sonnig, abends frischer Wind.   | (13. „ Sonntag.)   |
| 10. „ V.M. bedeckt, windig: etwa von 8 <sup>h</sup> 15 an stärkerer Wind, aber nicht abgebrochen. | 14. „ V.M. bedeckt, später sonnig, leichtes Zittern der Bilder; bei <b>11 10 (B)</b> bei der letzten Aufstellung Bilder unruhig. |
| 10. „ N.M. keine Bemerkung.   |  |
| 11. „ V.M. trüb, regnerisch, windig (10 <sup>h</sup> starker Wind, der zum Abbrechen nötigt).     | 14. „ N.M. heiß, sonnig. Messung kann erst 4 <sup>h</sup> begonnen werden wegen steter Unruhe der Bilder.                        |
| 11. „ N.M. trüb, regnerisch.  |  |

- |   |   |
|---|---|
| 15. Juli V.M. sonnig, dann von 12 <sup>h</sup> an Regen.  | 23. Juli V.M. regnerisch, von 8 <sup>h</sup> 45 an Arbeit in leichtem Regen, später wieder Sonne, windig bis ziemlich starker Wind, aber nicht abgebrochen. |
| 15. „ N.M. trüb, regnerisch.  | 23. „ N.M. keine Bemerkung.   |
| 16. „ V.M. trüb, regnerisch, später besser.   | 24. „ V.M. sonnig, von 9 <sup>h</sup> an leichtes Zittern der Bilder, später stärker, 10 <sup>h</sup> abgebrochen.  |
| 16. „ N.M. sonnig, windig.  | 24. „ N.M. Beginn 3 <sup>h</sup> , gewitterhaft, schwül, abends Regen, aber nicht abgebrochen.  |
| 17. „ V.M. trüb, regnerisch den ganzen V.M.   | 25. „ morgens trüb, dann regnerisch, später besser.   |
| 18. „ V.M. sonnig, z. T. windig.  | 25. „ N.M. sonnig.  |
| 19. „ V.M. kühl, regnerisch, windig.  | 26. „ morgens sehr kühl, dann V.M. sonnig, leichtes Zittern, 10 <sup>h</sup> abgebrochen.   |
| 19. „ N.M. Bilder z. T. leicht bewegt, später unruhig, abgebrochen.   | (27. „ Sonntag.)  |
| (20. „ Sonntag.)  | 28. „ V.M. regnerisch, Beginn erst 10 <sup>h</sup> 30 möglich.  |
| 21. „ kühl, N.M. Gewitter, Beginn der Arbeit 4 <sup>h</sup> 30; letzte Ablesungen bei ungenügender Beleuchtung. | 28. „ N.M. sonnig und windig; 3 <sup>h</sup> leichtes Zittern, später unruhige Bilder (abgebrochen), abends besser.   |
| 22. „ V.M. von 9 <sup>h</sup> an regnerisch, windig, Schluß 11 <sup>h</sup> .                                   |   |
| 22. „ N.M. Beginn 3 <sup>h</sup> , sonnig, ziemlich starker Wind; später trüb und windig.                       |   |

Die folgende Tabelle 7 gibt ferner das Gesamtergebnis des Nivellements in Form von N.N.-Höhen, unter der Annahme: Höhenmarke **H** am Bahnhof Böblingen = 439,221 m über N.N., aus der abgeleitet ist:

**Hilfspunkt H'** (nicht vermarktet) unter der Höhenmarke = 437,539 m über N.N.

Wie schon bemerkt wurde, sind bei den folgenden Höhenzahlen nur die Ergebnisse des Nivellements selbst verwendet, die Korrekturen mit Ausnahme der zur Zurückführung der gemessenen Höhenunterschiede auf normales Maß notwendigen weggelassen, so daß es z. B. ganz gleichgültig ist, daß als Höhenzahl für den Endpunkt **L** des Nivellements am Bahnwarthaus Nr. 50 bei Lustnau 315,9385 ü. N.N. erscheint, während die Zahl in der Veröffentlichung <sup>2)</sup>, vgl. S. 114, zu 315,899 angegeben ist:

Spalte 1 bezeichnet die einzelnen Strecken;

Spalte 2 enthält das Mittel der 2 Nivellierungen in verschiedenem Sinn (**A**-Richtung Böblingen—Lustnau, **B**-Richtung Lustnau

Tabelle 7.

Nivellements- Strecke	Mittel der Nivellierungen A und B	Festpunkt Nr.	Entfernung von H' in km	N.N.-Höhe mit H' = 437.539
1.	2.	3.	4.	5.
H' 1	+ 5,8352	H'	0,00	437.5390
1 2	— 0,0407	1	0,99	443.3742
2 3	+ 5,0429	2	1,02	443.3335
3 4	— 0,0162	3	1,71	448.3764
4 5	+ 26,5720	4	1,73	448.3602
5 6	+ 0,3532	5	2,65	474.9322
6 7	+ 19,6206	6	2,69	475.2854
7 8	+ 0,2635	7	3,68	494.9060
8 9	+ 19,0994	8	3,70	495.1695
9 10	— 0,3184	9	4,29	514.2689
10 11	— 12,9791	10	4,31	513.9505
11 12	— 0,1275	11	5,20	500.9714
12 13	— 12,1228	12	5,22	500.8439
13 14	— 0,3448	13	6,08	488.7211
14 C	— 15,2450	14	6,10	488.3763
C 15	+ 13,3918	C	6,51	473.1313
15 16	+ 0,1399	15	7,61	486.5231
16 17	+ 18,5717	16	7,64	486.6630
17 18	+ 0,5580	17	8,36	505.2347
18 19	— 0,3029	18	8,38	505.7927
19 20	+ 0,0215	19	9,14	505.4898
20 21	+ 0,4271	20	9,16	505.5113
21 22	— 0,3298	21	9,77	505.9384
22 23	— 22,0761	22	9,80	505.6086
23 24	+ 0,5469	23	10,25	483.5325
24 25	+ 27,3935	24	10,27	484.0794
25 26	+ 0,2242	25	11,12	511.4729
26 27	— 2,8639	26	11,14	511.6971
27 28	— 0,1619	27	11,92	508.8332
28 29	— 5,4921	28	11,96	508.6713
29 30	— 0,3367	29	12,63	503.1792
30 31	— 5,8832	30	12,67	502.8425
31 32	— 0,2894	31	13,40	496.9593
32 33	— 15,9985	32	13,42	496.6699

Nivellements- Strecke	Mittel der Nivellierungen A und B	Festpunkt Nr.	Entfernung von H' in km	N.N.-Höhe mit H' = 437,539
1.	2.	3.	4.	5.
		<b>33</b>	14,12	<b>480.6714</b>
<b>33 34</b>	+ 0,1567	<b>34</b>	14,14	<b>480.8281</b>
<b>34 35</b>	+ 1,7125	<b>35</b>	14,54	<b>482.5406</b>
<b>35 36</b>	+ 0,0321	<b>36</b>	14,58	<b>482.5727</b>
<b>36 37</b>	- 16,1410	<b>37</b>	15,11	<b>466.4317</b>
<b>37 38</b>	- 0,8779	<b>38</b>	15,15	<b>465.5538</b>
<b>38 39</b>	- 19,7224	<b>39</b>	15,82	<b>445.8314</b>
<b>39 40</b>	- 0,4704	<b>40</b>	15,85	<b>445.3610</b>
<b>40 41</b>	- 28,6745	<b>41</b>	16,57	<b>416.6865</b>
<b>41 42</b>	- 0,5198	<b>42</b>	16,60	<b>416.1667</b>
<b>42 43</b>	- 17,0775	<b>43</b>	17,33	<b>399.0892</b>
<b>43 44</b>	- 0,1749	<b>44</b>	17,35	<b>398.9143</b>
<b>44 45</b>	- 17,4459	<b>45</b>	18,13	<b>381.4684</b>
<b>45 46</b>	- 0,1114	<b>46</b>	18,16	<b>381.3570</b>
<b>46 47</b>	- 8,4114	<b>47</b>	18,89	<b>372.9456</b>
<b>47 48</b>	- 0,0760	<b>48</b>	18,91	<b>372.8696</b>
<b>48 49</b>	- 9,6260	<b>49</b>	19,60	<b>363.2436</b>
<b>49 50</b>	+ 0,0136	<b>50</b>	19,63	<b>363.2572</b>
<b>50 51</b>	- 15,0096	<b>51</b>	20,39	<b>348.2476</b>
<b>51 52</b>	- 0,1351	<b>52</b>	20,42	<b>348.1125</b>
<b>52 53</b>	- 5,9098	<b>53</b>	21,02	<b>342.2027</b>
<b>53 54</b>	- 0,1941	<b>54</b>	21,05	<b>342.0086</b>
<b>54 55</b>	- 5,5404	<b>55</b>	21,78	<b>336.4682</b>
<b>55 56</b>	- 0,2366	<b>56</b>	21,81	<b>336.2316</b>
<b>56 57</b>	- 5,5947	<b>57</b>	22,43	<b>330.6369</b>
<b>57 58</b>	- 0,1448	<b>58</b>	22,45	<b>330.4921</b>
<b>58 59</b>	- 6,2562	<b>59</b>	23,18	<b>324.2359</b>
<b>59 60</b>	- 0,0118	<b>60</b>	23,21	<b>324.2241</b>
<b>60 61</b>	- 2,4151	<b>61</b>	23,72	<b>321.8090</b>
<b>61 62</b>	+ 0,1520	<b>62</b>	23,76	<b>321.9610</b>
<b>62 63</b>	- 6,3035	<b>63</b>	24,69	<b>315.6575</b>
<b>63 64</b>	- 0,1529	<b>64</b>	24,72	<b>315.5046</b>
<b>64 65</b>	- 1,6454	<b>65</b>	25,24	<b>313.8592</b>
<b>65 66</b>	+ 0,0250	<b>66</b>	25,26	<b>313.8842</b>
<b>66 L</b>	+ 2,0543	<b>L</b>	25,78	<b>315.9385</b>

—Böblingen), bei den Hauptstrecken (unterstrichen) das Mittel der 2 vollständigen Bestimmungen, bei den Zwischenstrecken mit nur wenigen Ausnahmen ebenso; mit + ist stets das **Steigen** in der Richtung **A** bezeichnet.

Spalte 3 gibt die Nummer der Festpunkte, deren Entfernung von **H'** auf dem Nivellementswege in Spalte 4 und deren **N.N.-Höhe** (in dem oben angegebenen Sinn) in Spalte 5 angegeben ist.

## 2. Berechnung der mittlern Fehler.

Für die mittlern Fehler ergibt sich zunächst auf den Hauptstrecken, also mit vorläufiger Weglassung der Bestimmung der Höhenunterschiede in den Zwischenstrecken, nach der üblichen Rechnungsweise mit Hilfe der Differenzen der zwei ganz unabhängig ausgeführten Nivellierungen **A** (Richtung Böblingen—Lustnau) und **B** (umgekehrt) jeder Strecke der mittlere km-Fehler  $m_1$ , wenn

$$A - B = d$$

gesetzt wird, aus:

$$m_1 = \sqrt{\frac{d^2}{2s}} \quad (1)$$

Da nämlich die Zielweite zwar auf jeder Strecke konstant, auf den einzelnen Strecken aber nicht dieselbe ist, so können die einzelnen Strecken nicht zu der sonst üblichen Formel

$$m_1 = \sqrt{\frac{1}{2n} \left[ \frac{dd}{s} \right]} \quad (2)$$

zusammengefaßt werden. Zu erinnern ist hier nochmals daran, daß **A** und **B** selbst schon die Mittel aus 2 Nivellierungen (Vorder- und Rückseite der zwei Latten) sind, die jedoch von denselben Aufstellungen des Instruments aus und mit denselben Wechselpunkten gemacht sind, daß dagegen **A** und **B** vollständig getrennte, in entgegengesetzter Richtung ausgeführte Nivellierungen vorstellen. Die Gewichtseinheit und demnach der mittlere km-Fehler  $m_1$  beziehen sich hienach im folgenden auf einmalige solche Nivellierung **A** oder **B** der Strecke 1 km. Als Längenmaß für  $d$  und  $m_1$  ist das Dezimillimeter genommen; die  $\frac{d^2}{2s}$  und die  $m_1$  sind auf 0,1 dmm abgerundet.

In den  $d$  kommt das Vorzeichen „+“ 17mal, das Vorzeichen „-“ 18mal vor (vgl. aber unten); **der mittlere einfache 1 km-Fehler schwankt zwischen den Beträgen  $\pm 0,7$  und  $\pm 21,9$  dmm oder abgerundet**

$$\pm 0,1 \text{ und } \pm 2,2 \text{ mm} \quad (3)$$

Tabelle 8.

Strecke- zeichen	A - B = d	Länge der Strecke	$d^2$ 2s	$m_1 = \sqrt{\frac{d^2}{2s}}$	Zielweite z auf der Strecke
	dmm	km		dmm	m
1.	2.	3.	4.	5.	6.
				$\pm$	
H' 1	+ 5	0,99	12,5	<b>3.5</b>	45
2 3	- 7	0,69	35,5	<b>6.0</b>	50
4 5	+ 6	0,92	19,5	<b>4.4</b>	27
6 7	+ 4	0,99	8,0	<b>2.8</b>	25
8 9	- 2	0,59	3,5	<b>1.9</b>	20
10 11	- 3	0,89	5,0	<b>2.2</b>	50
12 13	- 16	0,86	149	<b>12.2</b>	50
14 C	- 9	0,41	98,5	<b>9.9</b>	25
C 15	+ 20	1,01	198	<b>14.1</b>	28
16 17	+ 14	0,72	136	<b>11.7</b>	33
18 19	+ 12	0,76	94,5	<b>9.7</b>	30
20 21	+ 6	0,61	29,5	<b>5.4</b>	50
22 23	- 9	0,45	90	<b>9.5</b>	25
24 25	+ 16	0,85	150	<b>12.3</b>	37
26 27	+ 1	0,78	0,5	<b>0.7</b>	50
28 29	- 13	0,67	126	<b>11.2</b>	50
30 31	- 11	0,73	83	<b>9.1</b>	50
32 33	+ 15	0,70	161	<b>12.7</b>	38
34 35	+ 12	0,40	180	<b>13.4</b>	50
36 37	+ 9	0,53	76,5	<b>8.7</b>	33
38 39	- 1	0,67	0,5	<b>0.7</b>	35
40 41	- 4	0,72	11,0	<b>3.3</b>	30
42 43	- 4	0,73	11,0	<b>3.3</b>	43
44 45	+ 24	0,78	369	<b>19.2</b>	50
46 47	- 25	0,73	428	<b>20.7</b>	48
48 49	- 21	0,69	320	<b>17.9</b>	50
50 51	- 27	0,76	479	<b>21.9</b>	50
52 53	- 2	0,60	3,5	<b>1.9</b>	50
54 55	- 13	0,73	116	<b>10.8</b>	46
56 57	+ 3	0,62	7,5	<b>2.7</b>	45
58 59	+ 2	0,73	2,5	<b>1.6</b>	48
60 61	- 19	0,51	354	<b>18.8</b>	50
62 63	+ 6	0,93	19,5	<b>4.4</b>	36
64 65	- 2	0,52	4,0	<b>2.0</b>	43
66 L	+ 12	0,52	139	<b>11.8</b>	40

Der Durchschnitt dieser mittlern einfachen Einkilometerfehler wäre 0,864 mm und demnach der quadratische Mittelwert des mittlern einfachen Einkilometerfehlers zu

$$m_{1,0} = \pm 1,253 \cdot 0,864 = \pm 1,08 \text{ mm} \quad (4)$$

anzunehmen, wie sich auch  $m_{1,0}$  aus

$$m_{1,0} = \sqrt{\frac{1}{2n} \left| \frac{dd}{s} \right|} \text{ zu } \sqrt{\frac{7843}{70}} = \pm 10,6 \text{ dmm} = \pm 1,06 \text{ mm} \quad (5)$$

nahezu übereinstimmend mit (4) ergeben würde. Diese Überschläge (4) und (5) sind deshalb nicht genau, weil sie auf die infolge der Ungleichheit der auf den einzelnen Strecken angewandten Zielweiten verschiedenen Gewichte der in Tabelle 8 enthaltenen einzelnen  $m_1$  keine Rücksicht nehmen. Sie genügen aber zur Charakterisierung des Nivellements, bei dem also als

$$\left. \begin{array}{l} \text{mittlerer Einkilometerfehler einfachen Nivellements (A oder B)} \\ m_{1,0} = \pm 1,06 \text{ mm} \\ \text{mittlerer Einkilometerfehler des Mittels aus den beiden Nivelle-} \\ \text{ments A und B} \quad M_{1,0} = \frac{1,06}{\sqrt{2}} = \pm 0,75 \text{ mm} \end{array} \right\} (5')$$

angesehen werden darf.

Die angestrebte Genauigkeit (1 mm für den Einkilometerfehler des einfachen Nivellements,  $\frac{3}{4}$  mm für den Einkilometerfehler des Doppelnivellements, vgl. oben, S. 115) wäre also hienach erreicht.

Hier ist übrigens daran zu erinnern, daß der mittlere Kilometerfehler außer durch Vergleichung von **A** und **B** auch dadurch bestimmt werden kann, daß die zwei Nivellierungen I und II (Verwendung von Vorderseite und Rückseite der zwei Latten), als deren Mittel sich jedes der zwei Nivellements **A** und **B** darstellt, miteinander verglichen werden. Diese zwei zusammengehörigen Nivellements I und II sind nur nicht unabhängig voneinander wie **A** und **B**, vielmehr gleichzeitig von denselben Aufstellungen des Instruments aus und mit identischen Wechselpunkten ausgeführt. Auch diese Vergleichung ist für die 35 Hauptstrecken vollständig durchgerechnet worden. Es genügt, hier das Gesamtergebnis anzuführen. Aus den Unterschieden (und zwar je für die ganzen Höhendifferenzen der Hauptstrecken, nicht für die einzelnen Stände des Instruments)

I—II bei Nivellement **A**, und ebenso  
I—II „ „ **B** findet sich als

mittlerer Einkilometerfehler der einfachen Nivellierung I oder II im Nivellement **A**  
 $\pm 0,96$  mm,  
 mittlerer Einkilometerfehler der einfachen Nivellierung I oder II im Nivellement **B**  
 $\pm 0,88$  mm.

also unter sich genügend übereinstimmende Beträge. Ferner ergibt sich hienach

mittlerer Einkilometerfehler der Nivellierung **A** (Mittel aus I und II)  $\pm 0,68$  mm  
 " " " " " **B** ( " " I " II)  $\pm 0,62$  "

Dieser Betrag des mittlern Einkilometerfehlers der Nivellierung **A** oder **B**,

$$m_1' = \text{rund } \frac{2}{3} \text{ mm}$$

(und der damit sich ergebende Einkilometerfehler der Doppelnivellierung **A** und **B**,  $M_1' = \text{rund } \pm \frac{1}{2}$  mm), wie es sich aus der Vergleichung der zwei je zu **A** oder **B** zusammengehörigen Einwägungen I und II (und zwar nach den Höhenunterschieden auf den ganzen Hauptstrecken) berechnet, bleibt aber ziemlich stark hinter den in (5) und (5') berechneten Beträgen  $m_{1,0}$  (und  $M_{1,0}$ ) zurück, die sich aus der Vergleichung von **A** und **B** (d. h. der Mittel der zwei je zusammengehörigen I, II) ergeben haben. Das Verhältnis

$$m_1' : m_{1,0} \quad (\text{oder ebenso } M_1' : M_{1,0}) \quad \text{ist} = 1 : 1,6.$$

oder: die aus den Differenzen von I und II je in **A** und **B** berechneten mittlern Fehler verhalten sich zu den aus den Differenzen von **A** und **B** selbst berechneten nur wie

$$1 : 1,6 \quad \text{oder wie } \frac{5}{3} : 1.$$

Dies weist auf das Vorhandensein beträchtlicher Fehlerquellen hin, deren Wirkung sich noch nicht in der Vergleichung der nicht unabhängigen, sondern gleichzeitig von denselben Instrumentenständen und mit denselben Wechsellpunkten, in derselben Richtung geführten Einwägungen I und II, vielmehr erst bei der Vergleichung der zwei unabhängig voneinander gemessenen und in entgegengesetzter Richtung laufenden Nivellierungen **A** und **B** äußert. Diesen Fehlern, von denen nur ein Teil zufälliger Natur, ein anderer Teil aber systematischer Art sein wird, ist in 3. näher zu treten. Für das Folgende ist zunächst bei den (im Vergleich mit  $m_1'$  und  $M_1'$  größern) m. F.  $m_{1,0}$  und  $M_{1,0}$  stehen geblieben, die in (5) und (5') berechnet sind.

Die konstanten oder durchschnittlichen Zielweiten, die auf jeder einzelnen Strecke angewandt werden konnten, sind in Tabelle 8. in Spalte 6 angegeben. Es ist hiebei nochmals daran zu erinnern, daß auf mehreren Strecken nicht mit konstanter Zielweite nivelliert

wurde, so daß zwar auf jedem Stand des Instruments selbstverständlich nach rückwärts und vorwärts dieselbe Zielweite genommen, d. h. aus der Mitte nivelliert wurde, die Zielweiten aber nicht in der ganzen Strecke alle gleich sind. Diese Strecken sind **16—17** (Zielweite zwischen 30 und 40 m), **32—33** (30 bis 50 m), **36—37** (ebenso), **54—55** (ebenso), **62—63** (durch Lustnau, ganz unregelmäßig wechselnde Zielweiten, nur auf jedem Standpunkt nach beiden Richtungen dieselbe, zwischen 20 und 50 m); **64—65** (ebenso zwischen 20 und 50 m). Auf mehreren andern Strecken ist z. B. die Zielweite durchaus 50 m, nur am Endpunkt konnte für den letzten Stand des Instruments die Zielweite vor- und rückwärts nur 43 m lang genommen werden, vgl. dazu die bereits oben gemachte Bemerkung. Es ist dann immer angenommen, es sei mit konstanter Zielweite gleich der durchschnittlichen Zielweite, mit Rücksicht auf die Zahl der Aufstellungen zu rechnen, nivelliert; z. B. 7 Aufstellungen mit 50 m, eine mit 43 m Zielweite geben  $z = 49$  m. Mehrfach ist auch in der Tabelle 8 auf kleine derartige Veränderungen der Normalzielweite gar keine Rücksicht genommen. Ferner stimmt die konstante oder nach der eben gemachten Angabe durchschnittliche Zielweite der 2 Nivellements **A** und **B** auf einzelnen Strecken nicht oder nicht ganz überein; es ist im einzelnen auf Strecke **H' 1 A** mit 40, **B** mit 50; auf **4 5 A** (2mal) mit 30 und mit 25, **B** mit 25; auf **6 7 A** mit 30, **B** mit 20; **C 15 A** mit 25, **B** mit 30 m, auf **16 17 A** mit durchschnittlich 36, **B** mit durchschnittlich 30 m; auf **24 25 A** mit 35, **B** mit 40; auf **42 43 A** mit 40, **B** mit 47 m, auf **62 63 A** mit 33, **B** mit 39 m; endlich auf **66 L A** durchschnittlich mit 44, **B** durchschnittlich mit 37 m Zielweite nivelliert. In allen diesen Fällen ist in Tabelle 8 einfach der Mittelwert der Zielweiten angegeben, sowohl in Beziehung auf die in **A** und in **B** selbst verschiedenen Zielweiten, als auch in Beziehung auf die für **A** und **B** verschiedene konstante oder durchschnittliche Zielweite.

Die zwei folgenden Fig. 12 und 13 sollen eine etwaige Abhängigkeit der in Tabelle 8 berechneten mittlern einfachen Einkilometerfehler zeigen:

1. von der Zielweite  $z$ , die auf der Strecke angewandt wurde,
2. von dem Höhenunterschied  $h$ , der auf der Strecke zu überwinden war.

In Fig. 12 ist nicht zu verkennen, daß eine Abhängigkeit des Betrags  $\pm m_1$  von dem Wert von  $z$  besteht. Eine als Aus-

gleichende zwischen den Punkten (Abszissen: Zielweiten  $z$ , Ordinaten: Werte von  $m_1$ ) als Gerade nach Augenmaß durchgezogene Linie ergab als ausgeglichene Ordinaten genähert

$$\left. \begin{array}{l} \text{bei } z = 20 \text{ m Zielweite: } m_1 = \pm 0,5 \text{ mm} \\ = 30 \text{ " " } m_1 = \pm 0,7 \text{ " " } \\ = 40 \text{ " " } m_1 = \pm 0,9 \text{ " " } \\ = 50 \text{ " " } m_1 = \pm 1,0 \text{ " " } \end{array} \right\} \quad (6)$$

Freilich zeigt der Anblick der Abweichungen der einzelnen Punkte von dieser Geraden (in der Fig. 12 - - - gezeichnet) ohne

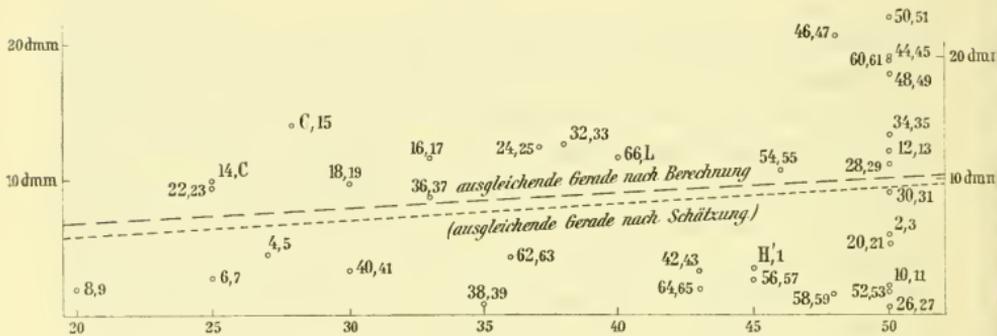


Fig. 12.

weiteres, daß diese Zahlen nicht besonders sicher sind. Dies bestätigt auch die rechnerische Behandlung der Sache; als ausgleichende Gerade erhält man hier

$$y = 6,7 + 0,11 (z - 20) \pm 2,3 \pm 0,05 \quad (7)$$

wobei  $z$  in Metern zu nehmen ist und  $y = m_1$  in dmm erhalten wird. Dies gibt z. B. bei

$$\left. \begin{array}{l} z = 20 \text{ m Zielweite: } m_1 = \pm 0,67 \text{ mm} \\ = 30 \text{ " " } m_1 = \pm 0,78 \text{ " " } \\ = 40 \text{ " " } m_1 = \pm 0,89 \text{ " " } \\ = 50 \text{ " " } m_1 = \pm 1,00 \text{ " " } \end{array} \right\} \quad (8)$$

genügend mit den oben in (6) nach Augenmaß abgelesenen Zahlen stimmend; die bei den Koeffizienten der Gleichung (7) unten klein angeschriebenen m. F. dieser Koeffizienten deuten darauf hin, daß diese Abhängigkeit der Werte  $m_1$  von  $z$  nur unsicher bestimmt werden kann.

Eine Abhängigkeit der Werte  $m_1$  von den Werten von  $h$  dagegen ist nach Fig. 13 nicht festzustellen. Die Höhenunterschiede

auf den Hauptstrecken wechseln von 28,7 m auf 0,72 km Länge (40 41) bis zu 0,3 m auf 0,76 km Länge (18 19). Über 10 m beträgt der Höhenunterschied auf 17 unter den 35 Hauptstrecken; davon sind **A** und **B** bei 9 an verschiedenen Tagen gemessen, bei

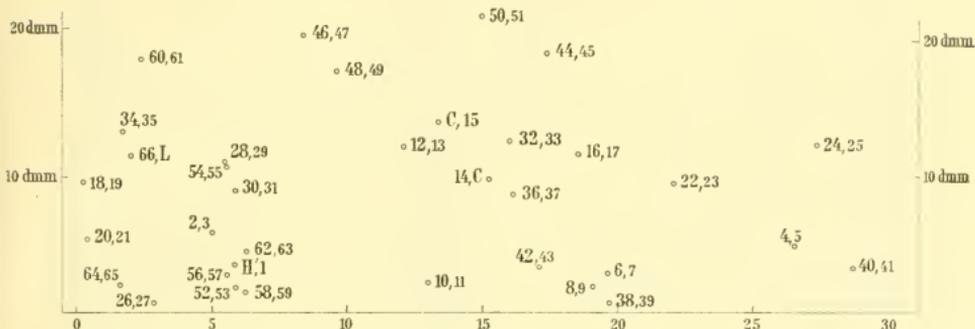


Fig. 13.

2 am V.M. und N.M. desselben Tags, bei 6 an demselben Halbtage. Es mag dies angeführt werden, weil eine Unsicherheit von

$$\frac{1}{100} \frac{1}{50} \frac{1}{20} \text{ mm}$$

in der Annahme für die Länge des Lattenmeters im Vergleich mit der bei der Messung tatsächlich vorhandenen Länge den Höhenunterschied mit einseitigen Fehlern behaftet, die betragen bei

5 m Höhenunterschied	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{4}$	mm
10 " "	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	"
20 " "	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	1	"

In der folgenden Tabelle 9. sind nun ferner, immer unter einfacher Zugrundlegung der Differenzen

$$d = A - B$$

die Zahlen angegeben, die den hienach zu berechnenden unregelmäßigen mittlern Fehler der Höhenangabe jedes einzelnen Festpunkts gegen den Anfangspunkt **H'** des Nivellements abzulesen gestatten. Es sind hier die wirklichen mittlern unregelmäßigen Fehler (nicht die kilometrischen) jeder Hauptstrecke eingetragen und es sind zu den Hauptstrecken die Zwischenstrecken hinzugenommen. Wenn auf der Strecke  $s_k$  die Differenz

$$d_k = A_k - B_k$$

Tabelle 9.

Strecke zwischen den Fest- punkten Nr.	d = A - B  dmm	M <sup>2</sup>	Σ M <sup>2</sup>	Vom An- fangs- punkt H' bis zum Fest- punkt	Strecke zwischen den Fest- punkten Nr.	d = A - B  dmm	M <sup>2</sup>	Σ M <sup>2</sup>	Vom An- fangs- punkt H' bis zum Fest- punkt
<u>H' 1</u>	+ <u>5</u>	6,3	6,3	1	<u>34 35</u>	+ <u>12</u>	36,0	600,2	35
<u>1 2</u>	0	0,0	6,3	2	<u>35 36</u>	<u>2</u>	1,0	601,2	36
<u>2 3</u>	- <u>7</u>	12,3	18,6	3	<u>36 37</u>	+ <u>9</u>	20,3	621,5	37
<u>3 4</u>	0	0,0	18,6	4	<u>37 38</u>	<u>5</u>	6,3	627,8	38
<u>4 5</u>	+ <u>6</u>	9,0	27,6	5	<u>38 39</u>	- <u>1</u>	0,3	628,1	39
<u>5 6</u>	<u>3</u>	2,3	29,9	6	<u>39 40</u>	<u>2</u>	1,0	629,1	40
<u>6 7</u>	+ <u>4</u>	4,0	33,9	7	<u>40 41</u>	- <u>4</u>	4,0	633,1	41
<u>7 8</u>	0	0,0	33,9	8	<u>41 42</u>	<u>4</u>	4,0	637,1	42
<u>8 9</u>	- <u>2</u>	1,0	34,9	9	<u>42 43</u>	- <u>4</u>	4,0	641,1	43
<u>9 10</u>	0	0,0	34,9	10	<u>43 44</u>	<u>4</u>	4,0	645,1	44
<u>10 11</u>	- <u>3</u>	2,3	37,2	11	<u>44 45</u>	+ <u>24</u>	144,0	789,1	45
<u>11 12</u>	<u>2</u>	1,0	38,2	12	<u>45 46</u>	<u>1</u>	0,3	789,4	46
<u>12 13</u>	- <u>16</u>	64,0	102,2	13	<u>46 47</u>	- <u>25</u>	156,3	945,7	47
<u>13 14</u>	<u>4</u>	4,0	106,2	14	<u>47 48</u>	<u>3</u>	2,3	948,0	48
<u>14 C</u>	- <u>9</u>	20,3	126,5	C	<u>48 49</u>	- <u>21</u>	110,3	1058,3	49
<u>C 15</u>	+ <u>20</u>	100,0	226,5	15	<u>49 50</u>	<u>2</u>	1,0	1059,3	50
<u>15 16</u>	<u>6</u>	9,0	235,5	16	<u>50 51</u>	- <u>27</u>	182,3	1241,6	51
<u>16 17</u>	+ <u>14</u>	49,0	284,5	17	<u>51 52</u>	<u>4</u>	4,0	1245,6	52
<u>17 18</u>	<u>5</u>	6,3	290,8	18	<u>52 53</u>	- <u>2</u>	1,0	1246,6	53
<u>18 19</u>	+ <u>12</u>	36,0	326,8	19	<u>53 54</u>	<u>1</u>	0,3	1246,9	54
<u>19 20</u>	<u>3</u>	2,3	329,1	20	<u>54 55</u>	- <u>13</u>	42,3	1289,2	55
<u>20 21</u>	+ <u>6</u>	9,0	338,1	21	<u>55 56</u>	<u>0</u>	0,0	1289,2	56
<u>21 22</u>	<u>2</u>	1,0	339,1	22	<u>56 57</u>	+ <u>3</u>	2,3	1291,5	57
<u>22 23</u>	- <u>9</u>	20,3	359,4	23	<u>57 58</u>	<u>2</u>	1,0	1292,5	58
<u>23 24</u>	<u>2</u>	1,0	360,4	24	<u>58 59</u>	+ <u>2</u>	1,0	1293,5	59
<u>24 25</u>	+ <u>16</u>	64,0	424,4	25	<u>59 60</u>	<u>4</u>	4,0	1297,5	60
<u>25 26</u>	0	0,0	424,4	26	<u>60 61</u>	- <u>19</u>	90,3	1387,8	61
<u>26 27</u>	+ <u>1</u>	0,3	424,7	27	<u>61 62</u>	<u>0</u>	0,0	1387,8	62
<u>27 28</u>	<u>5</u>	6,3	431,0	28	<u>62 63</u>	+ <u>6</u>	9,0	1396,8	63
<u>28 29</u>	- <u>13</u>	42,3	473,3	29	<u>63 64</u>	<u>2</u>	1,0	1397,8	64
<u>29 30</u>	<u>1</u>	0,3	473,6	30	<u>64 65</u>	- <u>2</u>	1,0	1398,8	65
<u>30 31</u>	- <u>11</u>	30,3	503,9	31	<u>65 66</u>	<u>0</u>	0,0	1398,8	66
<u>31 32</u>	<u>4</u>	4,0	507,9	32	<u>66 L</u>	+ <u>12</u>	36,0	1434,8	L
<u>32 33</u>	+ <u>15</u>	56,3	564,2	33					(End- punkt)
<u>33 34</u>	0	0,0	564,2	34					

sich zeigt, so ist der mittlere Fehler des Mittels  $\frac{A_k + B_k}{2}$  (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der Höhenunterschiede)

$$(9) \quad \begin{cases} M_k = \frac{m_k}{\sqrt{2}} & \text{wenn } m_k^2 = \frac{d_k^2}{2} \text{ ist, oder} \\ M_k^2 = \frac{d_k^2}{4} \end{cases}$$

Die Tabelle gibt für jede Hauptstrecke (unterstrichen) und jede Zwischenstrecke den Betrag  $\frac{d^2}{4}$  und genähert die Addition dieser Beträge vom Anfangspunkt  $H'$  bis zum Endpunkt von  $s_k$ . Die Längeneinheit ist wieder das dmm; bei den Zwischenstrecken ist, da hier  $A$  und  $B$  nicht unterschieden zu werden brauchen, kein Vorzeichen angeschrieben.

Um den (stillschweigend immer nach Maßgabe der Differenzen  $d = A - B$  sich zeigenden) mittlern Messungsfehler  $M_{ik}$  des Höhenunterschieds zwischen zwei Festpunkten  $i$  und  $k$  zu finden, ist nur die Quadratwurzel aus der Differenz der bis zu den beiden Punkten reichenden Summen  $M^2$  zu nehmen

$$M_{ik} = \sqrt{\sum_k M^2 - \sum_i M^2} \quad (10)$$

Doch sind diese Beträge aus naheliegenden Gründen kein wirkliches Genauigkeitsmaß, vgl. unten.

Zum Schluß seien hier nochmals die Längen der nivellierten Strecken zusammengestellt. Nach den Tabellen 6 und 7 beträgt **die (einfache) Gesamtlänge der nivell. Strecke 25,78 km** davon kommen auf die

**35 Hauptstrecken** zusammen . . . . . **24,79** „

**33 Zwischenstrecken** zusammen . . . . . **0,99** „

Die durchschnittliche Länge einer Hauptstrecke beträgt 0,71 km; die Zielweiten wechseln auf den Hauptstrecken zwischen 20 und 50 m, vgl. Tabelle 8. Der Gesamtdurchschnitt der Zielweiten auf den Hauptstrecken ist ganz rund 40 m. Die durchschnittliche Länge der „Zwischenstrecken“, nämlich die Summe der zwei gleichen Zielungen vom Instrument nach den Punkten eines Festpunktpaars ist rund 0,03 km; genauer war die durchschnittliche Zielweite bei der Bestimmung des Höhenunterschieds der zwei nahe beieinander liegenden Festpunkte eines Paares (1. 2; 3, 4; . . .) 14 m.

### 3. Systematische Fehler.

Zu einem andern Bild über die in dem Nivellement erlangte Genauigkeit als durch Vergleichung der zwei Nivellierungen **A** und **B** der einzelnen Hauptstrecken kommt man, wenn diese zwei Einwägungen in systematischer Gruppierung verglichen werden.

Eine erste Andeutung über systematische Fehler ist schon oben gemacht worden (S. 166), wo sich die aus den Differenzen der gleichzeitig, von denselben Instrumentenständen aus und mit denselben Wechsellpunkten, gemessenen Nivellierungen I und II, aus denen sich je **A** und **B** zusammensetzt, berechneten m. F. wesentlich kleiner gezeigt haben als die aus den Unterschieden der zwei unabhängigen Nivellierungen **A** und **B** berechneten m. F.

Die Abzählung der Vorzeichen der  $d = \mathbf{A} - \mathbf{B}$  (vgl. S. 163, u.), 17mal positiv, 18mal negativ, ist in Beziehung auf die regelmäßigen Fehler nicht entscheidend, weil die nivellierten Strecken in der Richtung **A** nicht durchaus steigen oder durchaus fallen, vielmehr in beiden Nivellementsrichtungen **A** und **B** Steigungen und Gefälle vorkommen.

Addiert man für die ganze Nivellementslinie auf allen 35 Hauptstrecken die Ergebnisse **A** (Nivellement in der Richtung Böblingen—Lustnau) und die Ergebnisse **B** (Nivellement in der Richtung Lustnau—Böblingen) je für sich, so ergibt sich als Differenz der  $\Sigma \mathbf{A}$  und  $\Sigma \mathbf{B}$  der große Betrag von

19,3 mm

oder bei 24,8 km Länge der Hauptstrecken:

0,7 bis 0,8 mm auf 1 km (11)

In die Augen fällt die Bedeutung dieser Zahl besonders, wenn die ganze Linie in ihre natürlichen Abschnitte zerlegt wird; als solche Abschnitte sind folgende 6 anzusehen:

- I. von Böblingen bis in die Nähe des höchsten Punkts 517 m ü. N.N. beim Festpunktepaar **9**, **10**;
- II. vom Festpunktepaar **9**, **10** bis zu Festpunkt **C** in Holzgerlingen;
- III. von **C** bis zum Festpunktepaar **21**, **22** in der Nähe des Schaichhofs;
- IV. von dort bis zur „Stelle“, Festpunkte **37**, **38**, wobei auf diesem Abschnitt allerdings mit dem Punktepaar **23**, **24** die Einsenkung des Schaichtals überschritten wird;
- V. von der Stelle die Bebenhauser Steige hinab bis zu deren Fuß, etwa beim Festpunktepaar **51**, **52**;
- VI. von dort bis nach Lustnau zum Endpunkt **L**.

## I. Abschnitt: H' bis 9.

Strecke	A		B	
	+	-	+	-
H' 1	5,8355		5,8350	
2 3	5,0425		5,0432	
4 5	26,5723		26,5717	
6 7	19,6208		19,6204	
8 9	19,0993		19,0995	
$\Sigma$	+ 76,1704		- 76,1698	
$A + B = + 6 \text{ dmm}$				

## II. Abschnitt: 10 bis C.

Strecke	A		B	
	+	-	+	-
0 II		12,9790	12,9793	
12 13		12,1220	12,1236	
14 C		15,2446	15,2455	
$\Sigma$		- 40,3456	+ 40,3484	
$A + B = + 28 \text{ dmm}$				

## III. Abschnitt: C bis 21.

Strecke	A		B	
	+	-	+	-
C 15	13,3928		13,3908	
16 17	18,5724		18,5710	
18 19		0,3035	0,3023	
20 21	0,4274		0,4268	
$\Sigma$	+ 32,3926	- 0,3035	+ 0,3023	- 32,3886
	+ 32,0891		- 32,0863	
$A + B = + 28 \text{ dmm}$				

## IV. Abschnitt: 22 bis 37.

Strecke	A		B	
	+	-	+	-
22 23		22,0757	22,0766	
24 25	27,3943			27,3927
26 27		2,8640	2,8639	
28 29		5,4914	5,4927	
30 31		5,8827	5,8838	
32 33		15,9902	15,9977	
34 35	1,7131			1,7119
36 37		16,1415	16,1406	
$\Sigma$	+ 29,1074	- 68,4545	+ 68,4553	- 29,1046
	- 39,3471		+ 39,3507	
$A + B = + 36 \text{ dmm}$				

## V. Abschnitt: 38 bis 51.

Strecke	A		B	
	+	-	+	-
38 39		19,7223	19,7224	
40 41		28,6743	28,6747	
42 43		17,0773	17,0777	
44 45		17,4471	17,4447	
46 47		8,4102	8,4127	
48 49		9,6249	9,6270	
50 51		15,0083	15,0110	
$\Sigma$		- 115,9644	+ 115,9702	
$A + B = + 58 \text{ dmm}$				

## VI. Abschnitt: 52 bis L.

Strecke	A		B	
	+	-	+	-
52 53		5,9697	5,9099	
54 55		5,5397	5,5410	
56 57		5,5949	5,5946	
58 59		6,2563	6,2561	
60 61		2,4141	2,4160	
62 63		6,3038	6,3032	
64 65		1,6453	1,6455	
66 L	2,0519			2,0537
$\Sigma$	+ 2,0549	- 33,6638	+ 33,6663	- 2,0537
	- 31,6089		+ 31,6126	
$A + B = + 37 \text{ dmm}$				

Gibt man wieder den Höhenunterschieden das Vorzeichen „+“, wenn Steigung gegen Lustnau hin, „—“, wenn Gefäll gegen Lustnau hin vorhanden ist (oder also „+“ bei Gefäll gegen Böblingen hin, „—“ bei Steigung gegen Böblingen hin), so hat man, um die Zahlen der Haupttabelle 6. zu wiederholen, für die sechs Abschnitte die auf S. 173 gegebene Zusammenstellung oder die folgende Tabelle 10:

Tabelle 10.

	Genäherte Länge km	Genäherter Höhenunter- schied m	A ist	Unterschied beider Nivelle- ments, A + B, beide mit den ihnen zukommenden Vorzeichen genommen
Abschnitt I	4,2	76,2	+	+ 6 dmm
„ II	2,2	40,3	—	+ 28 „
„ III	3,1	32,1	+	+ 28 „
„ IV	5,1	39,3 (68,4 — 29,1)	— (und +)	+ 36 dmm
„ V	5,1	116,0	—	+ 58 „
„ VI	5,2	31,6	—	+ 37 „
	24,9 km (soll 24,8)			+ 193 dmm = 19,3 mm

Die drei ersten Abschnitte von Böblingen aus, I bis III, sind kürzer als die drei letzten, IV bis VI, jene durchschnittlich 3,2 km lang, diese durchschnittlich 5,1 km lang; auf I bis III sind die Höhenunterschiede durchschnittlich etwa 50 m, auf IV bis VI durchschnittlich 60 bis 70 m. In den einzelnen Abteilungen ist, abgesehen von IV mit 68,4 m Höhenunterschied im einen, 29,1 m im andern Sinn (und von je einer unbedeutenden Ausnahme bei III und bei IV), das Vorzeichen bei den Höhenunterschieden aller einzelner Strecken des Abschnitts dasselbe, d. h. die Strecken des Abschnitts fallen alle oder steigen alle in derselben Richtung **A** oder **B**.

Die Zahlen der letzten Spalte der Tabelle 10, Unterschiede in dmm zwischen den Nivellierungen **A** und **B** (Durchschnittswert 21 dmm für einen der Abschnitte I bis III, 43 dmm für IV bis VI) haben nun sämtlich dasselbe Vorzeichen. Da auf

- Abschnitt I **A** steigt,  
 II **A** fällt,  
 III **A** steigt,  
 IV **A** fällt (siehe oben),  
 V **A** fällt,  
 VI **A** fällt,

so sagt dieses Vorzeichen: wo **A** steigt, ist ohne Rücksicht auf das Vorzeichen stets  $A > B$ ; wo **A** fällt, ist unter derselben Voraussetzung stets  $A < B$ . Oder mit andern Worten: beim Bergaufnivellieren ergaben sich stets größere Höhenunterschiede als beim Bergabnivellieren. Man hat auch den Eindruck, als ob im Sinn des fortschreitenden Nivellements (es ist in **H'** begonnen und, mit unwesentlichen Unterbrechungen, gegen **L** hin fortgesetzt) dieser systematische Unterschied im ganzen größer würde. Er erreicht sein Maximum allerdings nicht auf dem Schlußabschnitt VI, der Straße mit nur geringem Gefälle von Bebenhausen nach Lustnau (5,2 km mit 32 m Höhendifferenz, Unterschied 3 bis 4 mm), sondern in dem Abschnitt V mit 5,1 km Länge und der großen Höhendifferenz 116 m auf der ziemlich stark geneigten Straße zwischen der Stelle und Bebenhausen, Unterschied 5 bis 6 mm; dagegen war im Abschnitt I, Böblingen bis Holzgerlinger Höhe, 4,2 km lang, bei 76 m Höhenunterschied, die Differenz noch gar nicht mit Sicherheit wahrnehmbar: es zeigt sich auf diesem Abschnitt I auf 3 Strecken (**A** + **B**) positiv, auf zwei Strecken negativ, und auf dem ganzen Abschnitt beträgt der Gesamtunterschied, der aber immerhin bereits dasselbe Vorzeichen hat, wie auf allen folgenden, wo er sich rasch vergrößert, nur 0,6 mm. Dieser günstige Anfang des Nivellements bestärkte mich auch in dem Glauben, das angewandte Verfahren sei zur Sicherung der Wechsellpunkte (Fußplatten) zwischen den Festpunkten und des Instrumentenhorizonts während jeder Aufstellung vollständig ausreichend.

Diese regelmäßigen Fehler können ihren Grund in Veränderungen des Instruments oder der Wechsellpunkte haben, während die Voraussetzung gemacht wird, daß der Horizont des Nivellierinstrumentes während einer Aufstellung konstant bleibe, und daß ebenso die Höhe der zwei benachbarten Wechsellpunkte während der Dauer dieser Instrumentenaufstellung sich nicht verändere, die Höhe des im Sinn der Nivellierung nach vorn liegenden Wechsellpunkts sogar noch während der Dauer der folgenden Instrumentenaufstellung. Ver-

änderungen der Höhe der Instrumentenziellinie können vor allem durch Einsinken oder Gleiten der Stativbeine. Veränderungen der Höhen der Wechselpunkte durch Einsinken oder Gleiten der Bodenplatten vor sich gehen.

a) Um zunächst etwaige Änderungen der Höhenlage der Ziellinie des Instruments während einer Aufstellung zu untersuchen, sind die zusammengehörigen Festpunkte der einzelnen Punktepaare verwendet. Von diesen Punkten 1, 2; 3, 4; . . . ist ohne weiteres anzunehmen, daß sich ihre Höhenlage während der Aufstellung des Instruments, von der aus ihr Höhenunterschied bestimmt ist, nicht verändert. Die Anordnung der Ablesungen (oder besser Feldmitteneinstellungen) bei dieser Messung sei nochmals angeführt. Von den Ablesungen in der Reihenfolge 1) bis 8) des unten folgenden Schemas beziehen sich 1), 4), 6), 7) auf den ersten, 2), 3), 5), 8) auf den zweiten Festpunkt des Paares  $P_1, P_2$ . Mit Rücksicht auf Verwendung desselben Schemas auch auf den Hauptstrecken seien die Einstellungen bei  $P_1$  als Ablesungen rückwärts mit  $r$  und bei  $P_2$  als Ablesungen vorwärts mit  $v$  bezeichnet; endlich beziehen sich die Einstellungen ohne Akzent auf die Vorderseite, die mit Akzent auf die Rückseite der Latten. Das Schema ist dann folgendes:

Festpunkt $P_1$		Festpunkt $P_2$			
1)	$r$	2)	$v$	} Nivellement I	Beide Nivellements zusammen bilden ein vollständiges Nivellement A oder B, wobei hier, bei den Festpunktepaaren, zwischen diesen zwei vollständigen Nivellements kein Unterschied zu machen ist.
4)	$r'$	3)	$v'$		
6)	$r'$	5)	$v'$	} II	
7)	$r$	8)	$v$		

Die Zielweite  $z$  beträgt bei diesen Bestimmungen des Höhenunterschieds zwischen den zwei nahe beieinander liegenden Punkten eines Festpunktepaars entweder 10 m oder 15 m oder 20 m, im Durchschnitt  $z = 13,6$  m. Für jede dieser Instrumentenaufstellungen sind nun die Latteneinstellungen 1) und 7), sowie 2) und 8) miteinander verglichen, soweit bei beiden Einstellungen dieselbe Feldmitte an der Latte genommen worden ist. Die Differenz der Libellenstände ist dann, der Zielweite  $z$  entsprechend, in dmm (auf 1 dmm abgerundet) verwandelt. Die Rechnung sieht bei einem bestimmten Punktepaar, z. B. 65, 66, so aus:

Punkte- paar	Zielweite	Einstellung Nr.	Latten- punkt	Libelle	Libellen- differenz	Entsprechende Differenz d in dmm
65. 66	10 m	1)	1,025	24,0 <sub>5</sub>	- 0,8 <sub>5</sub>	- 2
		7)	1,025	23,2		
		2)	1,037	28,1 <sub>5</sub>	+ 0,6 <sub>5</sub>	- 1
		8)	1,037	27,5		

Bei 35 möglichen Vergleichen dieser Art haben sich nun Differenzen  $d$  in dmm ergeben, bei denen die Zahl 0 11mal, das Vorzeichen „+“ 9mal und das Vorzeichen „-“ 15mal vorkommt; die Beträge  $d$  sind jedoch durchaus klein. 3 dmm wird nicht überschritten und kommt nur zweimal vor. Die  $\Sigma d^2$  ist 73, also das

$$\text{mittlere } d = \sqrt{\frac{73}{35}} = \pm 1.44 \text{ dmm} = \pm 0.144 \text{ mm} \quad (12).$$

Bei allen andern Bestimmungen des Höhenunterschieds der zwei Punkte eines Paares sind bei 1) und 7) oder bei 2) und 8) nicht dieselben Lattenfeldmitten verwendet und sie sind deshalb oben nicht berücksichtigt. Wollte man den in (12) berechneten mittlern Unterschied  $\pm 0.14$  mm lediglich als Messungsfehler auf-

fassen, so würde der einzelnen Zielung 1) bis 8) der Fehler  $\pm \frac{0.14}{\sqrt{2}} = \pm 0.10$  mm zukommen bei durchschnittlich 14 m Zielweite. Da dieser Betrag den Zielfehler, die Libellenablesungsfehler, die Fehler, die von Unregelmäßigkeit des Libellenschliffs und der Libellenblasenbewegung, endlich die durch Bewegungen des Stativs entstehenden Fehler enthält, so lassen sich jedenfalls die zuletzt genannten Fehler nicht in merklichem Betrag abscheiden. Von Interesse ist, mit dem Ergebnis (12) zu vergleichen, was die Gegenüberstellung der Nivellements I und II (vgl. das obenstehende Schema der Ablesungen 1) bis 8) bei den sämtlichen Höhenunterschiedsbestimmungen der zwei Festpunkte eines Paares liefert. Bei dieser Vergleichung sind nun alle Bestimmungen der 33 Höhenunterschiede dieser Art verwendet; mit Ausnahme der Höhendifferenzen 1, 2 und 57, 58, bei denen nur eine vollständige Bestimmung vorliegt, sind alle zweimal vollständig bestimmt. A und B (je Mittel aus I, II). Da bei 49, 50 nur die eine Messung beibehalten wurde (die zweite ist einer Bemerkung im Feldheft entsprechend ausgeschieden), so sind im ganzen 63 Messungen I, II für die Festpunktepaare vorhanden. Bildet man

für jede vollständige Messung die Differenz I—II, so ergeben sich Zahlen, die alle zwischen  $-4$  und  $+4$  dmm liegen; die beiden Grenzzahlen kommen 4mal vor, 0 14mal, endlich das Vorzeichen „+“ 23mal und das Vorzeichen „-“ 26mal. Die Summe der Quadrate, mit dmm als Längeneinheit, beträgt 209, d. h. es ist die

mittlere Differenz zwischen I und II =  $\sqrt{\frac{209}{63}} = \pm 1,82 \text{ dmm} = \pm 0,18 \text{ mm}$  (13)

und, mit derselben Voraussetzung wie bei (12),  $m = \pm 0,13 \text{ mm}$ , womit (12) zu vergleichen ist.

Nach (12) und (13) ließe die Konstanz des Instrumentenhorizonts während der Zeit für die vollständige Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen den 2 Festpunkten eines Punktpaars kaum etwas zu wünschen übrig. Die Zeit ist allerdings etwas, aber doch nicht sehr wesentlich kürzer als die Zeit für die Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen zwei benachbarten Wechsellpunkten auf den Hauptstrecken, und jedenfalls war, abgesehen von den wenigen Fällen, in denen das Instrument bei einem jener Punktpaare seitlich der Straße aufgestellt werden mußte, Grund und Boden und die Art der Aufstellung des Instruments darauf bei den Hauptstrecken nicht verschieden von dem bei den oben behandelten Zwischenstrecken vorhandenen.

b) Nächst diesen Punktpaaren mit zwei unveränderlichen Lattenaufstellungspunkten wurden sodann die Höhenunterschiedsbestimmungen von den Aufstellungen des Instruments aus untersucht, bei denen der eine der Punkte ein solcher unveränderlicher Festpunkt, der andere ein gewöhnlicher Fußplattenwechsellpunkt war, d. h. die ersten und letzten Aufstellungen auf den Hauptstrecken. Dabei sind nun sowohl kleine Bewegungen des Stativs als der Bodenplatten nachweisbar. Von Stativbewegungen kamen sowohl rasch als langsam verlaufende vor; zwei unter den gefundenen Beispielen für beides seien hier angeschrieben. Die Ziff. 1) bis 8) beziehen sich auf das stets angewendete Beobachtungsschema, wie oben.

	Latte	Libellen- ablesung (reduziert)		Latte	Libellen- ablesung (reduziert)	Libellen- differenz der Zeile
Festpunkt 38	1) 1,617	23,9	Wechsel- punkt	2) 0,763	23,0	P + 0,9
	4) 2,383	23,0		3) 3,237	23,0	0,0
	6) 2,383	22,9		5) 3,237	22,7	+ 0,2
	7) 1,617	22,9		8) 0,763	22,9	0,0

Zielungen nach Festpunkt 38 und dem unmittelbar folgenden Wechsellpunkt (bergab: Nivellement A). Zielweite 35 m.

Die Einstellungen an der Latte sind, soweit nicht tatsächlich dieselben Feldmitten bei 1) 7); 2) 8); 3) 5); 4) 6) verwendet sind, auf dieselbe Ablesung dadurch reduziert, daß die wirkliche Libellenablesung entsprechend verändert ist [deshalb im Kopf: Libellenablesung (reduziert)]. Die sieben Libellenablesungen nach 1) liegen nun alle so nahe bei 22,9, daß die Abweichungen durch Ablesefehler zu erklären sind, die Libellenablesung bei 1) aber weicht davon um 1,0 pars der Libelle ab, vgl. die Differenzen der Libellenablesungen, die für jede Zeile gebildet sind, 1)—2), 4)—3), . . . . Die Veränderung ist kaum anders als durch rasches Einsinken des Stativs zwischen 1) und 2), ruckweise um etwa 0,6 mm, vielleicht veranlaßt durch das Umdrehen der Alhidade, zu erklären. Die Strecke 38 39, der die Zielungen angehören, liegt auf der stark geneigten Straße Kälberstelle—Bebenhausen.

Demselben Abschnitt gehört folgendes Beispiel für langsame Veränderung des Zielhorizonts, langsames Einsinken des Stativs, z. B. auch Gleiten eines Stativfußes, an, wobei ebenfalls auf gleiche Latteneinstellung durch entsprechende Änderung der tatsächlich gemachten Libellenablesungen reduziert ist.

Zielungen nach Festpunkt 44 und den unmittelbar folgenden Wechsellpunkt (bergab; Nivellement A). Zielweite 50 m.

		Libelle (reduziert)		Libelle (reduziert)	Zeilen- differenz Libellenteile	
Festpunkt 44	1)	21,6	Wechsel- punkt	2)	24,9	3,3
	4)	21,6		3)	25,0	3,4
	6)	21,9		5)	25,3	3,4
	7)	22,3		8)	25,6	3,3

Die Zeilendifferenz bleibt hier konstant 3,3<sup>p</sup> bis 3,4<sup>p</sup>; dagegen hat sich von 1) bis 7) und von 2) bis 8) die Libellenablesung je um 0,7<sup>p</sup> vergrößert (Erniedrigung der Horizontalen um rund 1/2 mm), was kaum anders als wie bereits angedeutet zu erklären sein wird.

Nach den vorstehenden und andern Beispielen ist in nicht wenigen Fällen die Stabilität des Stativs und des Horizonts der Ziellinie nicht so groß als man nach a) anzunehmen berechtigt sein sollte.

Für Einsinken der Bodenplatte endlich sei folgendes Beispiel angeführt:

Zielungen nach Festpunkt 41 und dem unmittelbar folgenden Wechsellpunkt (bergauf; Nivellement B).

		Libelle (reduziert)		Libelle (reduziert)	Zeilen- differenz Libellenteile	
Festpunkt 41	1)	24,1	Wechsel- punkt	2)	24,7	— 0,6
	4)	23,8		3)	25,0	— 1,2
	6)	24,0		5)	25,0	— 1,0
	7)	23,7		8)	24,2	— 0,5

Die hier sich zeigende Veränderung ist wohl durch Einsinken (oder Erniedrigung durch Verschieben) der Fußplatte zwischen 5) und 8) um rund  $\frac{1}{2}$  mm zu erklären: bei dem Nivellement auf dieser Strecke fiel leichter Regen, wodurch die Fahrbahn zuerst glatt und dann allmählich aufgeweicht wurde. Auch sonst ist besonders der Einfluß des Regens in demselben Sinn wie im vorstehenden Beispiel mehrfach nachzuweisen. Die Untersuchung b) hat überhaupt gezeigt, daß die Veränderungen der Wechsellpunkte dieser Strecken (der andere Punkt ist unveränderlicher Festpunkt) beträchtlicher sind, als die Horizont- (wesentlich nur Stativ-) Änderungen, wie immerhin nach a) zu erwarten war.

c) Endlich ist eine Anzahl von Nivellierungen ganzer Strecken auf Bewegungen von Wechsellpunkten und Horizonten untersucht durch Vergleichung der Ablesung 1) mit 7) und 2) mit 8). Als Beispiel seien für die Strecke 38 39 die einzelnen Zahlen angeschrieben (mit Weglassung der Endaufstellungen, vgl. oben bei b), um die Rechnungsweise zu zeigen; da an der Latte je um ein Feld verschiedene Einstellungen bei 1) und 7), sowie bei 2) und 8) gebraucht sind, so ist abermals die tatsächliche Libellenablesung mit der Reduktion auf dieselbe Latteneinstellung bei beiden Zielungen versehen, bei 35 m Zielweite 5,0 Libellenteile betragend. Die Spalte d gibt in den oberen Zahlen für jede Aufstellung die dann wieder in Millimeter verwandelten Differenzen 7) — 1) und 1) — 7), in der untern Zahl 8) — 2) und 2) — 8).

In den zwei Spalten der Tabelle 11. sind auch die Vorzeichenfolgen von Interesse: in der ersten folgt auf 5maliges Auftreten des Zeichens — das Zeichen + 6mal, die 7 letzten d gehen über — 0,1

Tabelle 11.

Strecke 38 39: Länge 0,67 km (hier nur 0,62 km bei B, 0,63 km bei A, da die in b) behandelten Endstände des Instruments weggelassen sind).

Nivellement B (39 38; bergauf)					Nivellement A (38 39; bergab)				
Aufstellung des Instruments	Zielweite m	Latte	Libelle	d (mm)	Aufstellung des Instruments	Zielweite m	Latte	Libelle	d (mm)
		1) 7) 2) 8)		7)–1) 8)–2)			1) 7) 2) 8)		1)–7) 2)–8)
1	35	1,617	23,9	23,9	1	35	0,847	28,1	28,1
		1,615	17,9	22,9			0,849	23,5	28,5
		0,763	23,0	23,0			1,835	24,1	24,1
		0,761	17,8	22,8			1,837	19,4	24,4
2	35	1,833	20,4	20,4	2	35	0,783	26,1	26,1
		1,835	25,0	20,0			0,785	20,9	25,9
		0,765	22,3	22,3			1,835	32,9	32,9
		0,767	26,8	21,8			1,837	28,2	33,2
3	35	1,823	21,7	21,7	3	35	0,769	24,9	24,9
		1,825	26,5	21,5			0,771	20,1	25,1
		0,705	26,4	26,4			1,775	25,5	25,5
		0,703	22,0	27,0			1,777	20,7	25,7
4	35	1,891	20,0	20,0	4	35	0,829	25,2	25,2
		1,889	16,6	21,6			0,831	20,5	25,5
		0,725	27,7	27,7			1,799	26,7	26,7
		0,723	23,2	28,2			1,801	21,1	26,1
5	35	1,811	23,8	23,8	5	35	0,803	26,7	26,7
		1,809	19,7	24,7			0,801	31,4	26,4
		0,791	25,1	25,1			1,881	21,9	21,9
		0,789	20,6	25,6			1,879	26,4	21,9
6	35	1,799	23,5	23,5	6	35	0,727	18,8	18,8
		1,801	29,2	24,2			0,723	27,9	17,9
		0,839	17,6	17,6			1,875	33,1	33,1
		0,841	22,8	17,8			1,875	33,1	33,1
7	35	1,827	27,0	27,0	7	35	0,715	30,1	30,1
		1,829	31,8	26,8			0,717	24,9	29,9
		0,775	23,4	23,4			1,879	23,5	23,5
		0,777	28,5	23,5			1,881	18,5	23,5
8	35	1,819	27,0	27,0	8	35	0,783	30,1	30,1
		1,821	31,9	26,9			0,785	24,2	29,2
		0,755	23,4	23,4			1,859	29,1	29,1
		0,757	28,3	23,3			1,861	24,0	29,0
9	30	1,561	26,4	26,4	9	35	0,791	25,4	25,4
		1,559	20,5	26,3			0,789	30,0	25,0
		0,905	23,6	23,6			1,831	24,2	24,2
		0,903	17,9	23,7			1,829	28,4	23,4

bis +0,1 mm nicht hinaus mit unregelmäßiger Änderung des Zeichens; in der zweiten ist zunächst das Zeichen — (mit Einer Unterbrechung) 6mal vorhanden, dann folgt + (oder 0) 11mal. Der größte Betrag + 1,2 mm, der links (Nivellement **B**) bei der vierten Aufstellung als Differenz 7)—1) vorkommt, gibt Anlaß, alle 8 Ablesungen, nicht nur 7) und 1) und 8) und 2) herauszuschreiben; sie lauten, wenn wieder 7) auf die Latteneinstellung 1) u. s. f. durch entsprechende Änderung der Libellenablesung reduziert wird, folgendermaßen, wobei der Gang der in der Schlußspalte angegebenen Differenz nicht zu verkennen ist:

1) 1,891	20,0	2) 0,725	27,7	— 7,7
4) 2,109	20,5	3) 3,275	27,5	— 7,0
6) 2,109	20,9	5) 3,275	27,6	— 6,7
7) 1,891	21,6	8) 0,725	28,2	— 6,6

Nimmt man in den vorstehenden beiden Nivellierungen der Strecke **38 39**, Tabelle 11 (links **B**, rechts **A**), die Summe der  $d$ , so wird

$$\mathbf{B} [d] = + 2,2$$

$$\mathbf{A} [d] = + 2,3$$

und damit das durchschnittliche  $d$

$$d_0 = + 0,12 \text{ mm}$$

$$d_0 = + 0,13 \text{ mm.}$$

Ein ganz ähnliches Ergebnis zeigt die Strecke **48 49**, im Mittel aus **A** und **B** wird hier  $d_0 = + 0,18 \text{ mm}$ ; dagegen heben sich auf der Strecke **8 9** des I. Abschnitts, Nivellierung **A**, die ebenfalls noch in derselben Art durchgerechnet ist, die [pos.  $d$ ] und die [neg.  $d$ ] nahezu auf, so daß im Durchschnitt  $d_0$  nur + 0,04 mm wird. Der quadratische Mittelwert der in diesem Absatz c) behandelten  $d$  hat eigentlich keine Berechtigung; wenn man trotzdem

ein mittleres  $d_m$  ausrechnet und daraus  $m = \frac{d_m}{\sqrt{2}}$ , so ist doch

bemerkenswert, daß diese Werte für alle in der oben angegebenen Art untersuchten Strecken nur wenig verschieden ausfallen. Die Werte  $m$  liegen für die sechs untersuchten Strecken zwischen  $\pm 0,25$  und  $\pm 0,34 \text{ mm}$ , Gesamtmittel  $\pm 0,30 \text{ mm}$ , wobei die Größe der Zielweite (zwischen 20 m und 50 m) sich nicht bemerklich macht.

**d)** Die in den vorstehenden Absätzen b) und c) untersuchten Abweichungen bringen die Beträge: Fehler herrührend vom Ein-

sinken der Bodenplatten minus Fehler herrührend vom Einsinken des Instruments für jede Aufstellung des Instruments zum Ausdruck. Aber sie erfassen noch nicht den Fehler in der Konstanz der Höhe des vordern Wechsellpunkts während der Zeit, die gebraucht wird für den Transport des Instruments auf den nächsten Stand und seine Wiederaufstellung und die Festlegung des folgenden, jetzt vordern Wechsellpunkts (während der genau zu erhaltende, vorhin vordere jetzt zum hintern Wechsellpunkt wird): denkt man sich das Stativ des Instruments langsam einsinken,

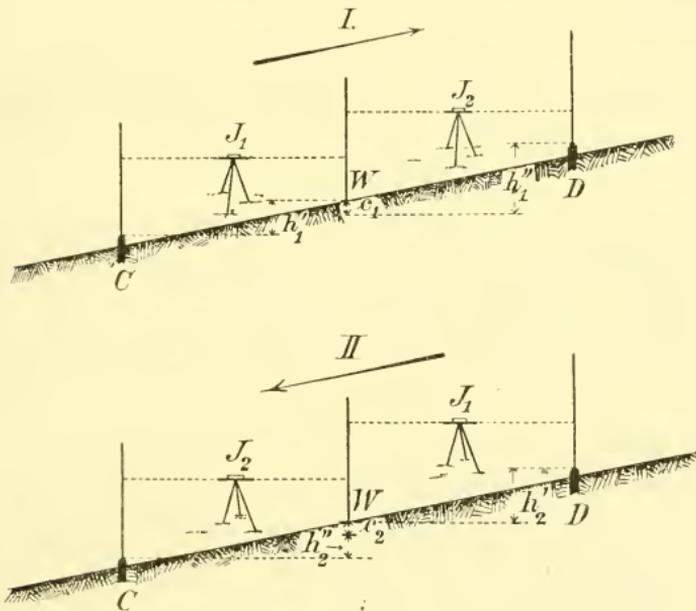


Fig. 14.

ebenso aber auch die beiden benachbarten Fußplatten, die die Wechsellunkte darstellen, und zwar derart, daß jedem Sinken des Stativs ein Sinken der beiden Bodenplatten um genau denselben Betrag, wie er am Instrument eintritt, entspricht, so würde trotz dieser Bewegungen der Höhenunterschied zwischen den zwei Wechsellunkten sich so ergeben, wie er ohne Bewegung vorhanden war. Bleibt aber dann die Fußplatte während der Zeit des Instrumententransports ebenfalls nicht in Ruhe, so bewirkt dieses Einsinken, daß man beim Bergaufnivellieren einen zu großen, beim Bergabnivellieren einen zu kleinen Höhenunterschied für die ganze Strecke als Summe der Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Wechsellunkten erhält; vgl. die Fig. 14: es seien C und D zwei ganz

festen Punkte, D höher als C, deren Höhenunterschied mit Hilfe zweier Aufstellungen des Nivellierinstrumentes, also eines Wechsellinienpunktes W ermittelt werden kann. Die Aufstellung des Instrumentes sei derart, daß eine Bewegung der Fernrohrziellinie während jeder der zwei Aufstellungen ausgeschlossen ist; die Bodenplatte in W dagegen soll sich während der Zeit, in der das Instrument in  $J_1$  weggenommen, nach  $J_2$  getragen und dort wieder aufgestellt wird, um den Betrag  $c$  senken. Beim Nivellement I, von C aufwärts gegen D, erhält man als Wert (absolut)  $h_1$  des zu ermittelnden Höhenunterschieds  $h$

$$h_1 = h_1' + h_1'' = h + c_1 \quad (14)$$

beim Nivellement II dagegen, von D abwärts gegen C, ergibt sich als (absoluter) Wert dieses Höhenunterschieds:

$$h_2 = h_2' + h_2'' = h - c_2. \quad (15)$$

Wäre anzunehmen, daß  $c_2 = c_1$  ist, so wäre das Mittel der zwei Nivellierungen nach (14) und (15) von dem durch  $c$  entstehenden Fehler befreit. (Würden die zwei Punkte C und D genau gleich hoch liegen, so würde nach den zwei Nivellierungen sich der Punkt als um  $c_1$  oder  $c_2$  höher liegend ergeben, nach dem hin nivelliert wurde).

Es ist mir nun nicht fraglich, daß Fußplattenbewegungen dieser Art, Abwärtsbewegung eines Wechsellinienpunktes während der Zeit zwischen den zwei Aufstellungen des Instrumentes, von denen für die erste jener Wechsellinienpunkt der vorwärtsliegende, für die zweite der rückwärtsliegende war, nachgewiesen sind, ja die Hauptrolle spielen. Sie vor allem tragen die Schuld an dem Vorzeichenverhalten der Höhensumme in den Abschnitten I bis VI des Nivellements, an dem Umstand, daß die Summe der Höhenunterschiede aller Strecken der ganzen Linie beim Bergaufnivellieren um

19,3 mm

größer ausgefallen ist, als die Summe der Höhenunterschiede auf allen Strecken beim Bergabnivellieren. Wollte man diese Zahl als zufälligen Fehler ansehen (wogegen aber die Vorzeichen auf das bestimmteste sprechen), so erhielte man, wenn auf die verschiedene Größe der Zielweiten und auf die Höhenunterschiede keine Rücksicht genommen, vielmehr nur die ganze Länge der nivellierten Linie mit 25,78 km ins Auge gefaßt wird, aus jenem Schlußfehler allein als

mittlern km-Fehler der einfach (**A** oder **B**) nivellierten Linie

$$m_1 = \frac{19,3}{\sqrt{2 \cdot 25,78}} = \pm 2,70 \text{ mm} \quad (16)$$

und als mittlern km-Fehler der doppelt (**A** und **B**) nivellierten Linie

$$M_1 = \frac{2,70}{\sqrt{2}} = \pm 1,91 \text{ mm}; \quad (17)$$

dagegen sind oben aus den Differenzen der **A** und **B** auf den einzelnen Hauptstrecken mittlere km-Fehler berechnet worden, die für

$m_1$  (einfaches Nivellement) zwischen den Beträgen  $\pm 0,07$  und  $\pm 2,19$  mm, für  $M_1$  (**A** und **B**) zwischen den Beträgen  $\pm 0,05$  und  $\pm 1,55$  mm liegen; im Gesamtmittel ergab sich daselbst

$$(5) \begin{cases} m_1 = \pm 1,06 \text{ mm und somit} \\ M_1 = \pm 0,75 \text{ mm.} \end{cases}$$

Es ist sicher, daß durch die zwei Nivellierungen **A** und **B** in entgegengesetzter Richtung und Mittelbildung aus beiden regelmäßige Fehler, infolge deren das Ergebnis (16), (17) das 2<sup>1/2</sup>-fache von (5) würde, eliminiert worden sind. Vor allem der größte Teil der regelmäßigen Fehler, die durch die Veränderung der Höhe der Fußplatten zwischen zwei Aufstellungen des Instruments eintreten. Diese Erniedrigungen halte ich, wie schon bemerkt, für nachgewiesen<sup>17</sup>, sei es nun, daß sie durch kleine Verschiebungen (Gleiten) der Platten auf harter, glatter, ziemlich stark geneigter Straßenfahrbahn oder durch Einsinken an Ort und Stelle entstehen. Die zwei schlimmsten Abschnitte in Beziehung auf regelmäßige Fehler im vorliegenden Nivellement sind, wie bereits ebenfalls angeführt, die stark fallende Straße von der Stelle nach Bebenhausen und die Straße Bebenhausen—Lustnau. Auf der ersten ist gewalzte Porphyrschotterfahrbahn, hart und ziemlich glatt; jedenfalls ist dort die bis zur vollständigen Politur („Spiegelglätte“) gehende Glättung der ursprünglich rauhen Füße der Bodenplatten zustand gekommen, die ein, vom Lattenhalter nicht bemerktes, Abrutschen der Platten auf geneigter Bahn leicht erklärlich scheinen läßt; auf der Straßenneigung 4<sup>0/10</sup> oder 4<sup>1/2 0/10</sup> genügt eine Lagebewegung um 2 mm nach unten,

<sup>17</sup> Vogler sagt noch in seinem Lehrbuch der Praktischen Geometrie, II. Band 1. Halbband, Braunschweig 1894, S. 348: „Das Nachsinken fest eingetretener Fußplatten ist noch nirgends mit Sicherheit erwiesen worden. Nach des Verfassers Erfahrungen bei Versuchseinwägungen kann es sich dabei nur um äußerst kleine Beträge handeln.“

um eine Senkung von nahezu  $\frac{1}{10}$  mm herbeizuführen. Auf dem zweiten genannten Abschnitt sind Instrument und Fußplatten nicht auf der ebenfalls sehr festen und hier sehr wenig geneigten Straßenfahrbahn, sondern auf dem etwas weniger festen Gehweg aufgestellt worden, der mit Basaltgrus beschottert ist. Trotz starken Festtretens der Fußplatten können hier kleine Einsenkungen an Ort und Stelle wohl vorgekommen sein.

Die mehrfach genannten Verminderungen der Höhe der Bodenplatten zwischen den zwei benachbarten Aufstellungen des Instruments (— deren Fehlereinfluß durch Hin- und Hervellieren, **A** und **B**, dann vollständig eliminiert werden könnte, wenn er bei den beiden Nivellierungen in demselben Betrag vorhanden wäre; diesem Idealfall wird man je nach der Beschaffenheit von Grund und Boden, auf dem Instrument und Bodenplatten aufzustellen sind, und ihrer Beeinflussung durch die Witterung mehr oder weniger nahe kommen —) halte ich nach den Ergebnissen des vorliegenden Nivellements für größer als die Veränderungen der Höhe der Fernrohrziellinie (die sich, vgl. z. B. a) in sehr engen Grenzen hielt) und die Veränderungen der Fußplatten während Einer bestimmten Aufstellung des Instruments. Diese Erscheinung ist wohl auch plausibel: einmal ist die Zeit ziemlich lang von der letzten Ablesung 8) vorwärts in der einen Aufstellung des Instruments bis zur ersten Ablesung 1) rückwärts nach (angeblich noch) demselben Wechsellpunkt von der nächsten Aufstellung des Instruments aus, und sodann wird der Träger dieser Latte während der Zeit, in der nun nicht an ihr abgelesen wird, trotz aller Ermahnungen, sich doch auf die Latte stützen, falls sie auf der Fußplatte stehen bleibt, einen Teil seines Körpergewichts also lange Zeit auf die Platte wirken lassen, wodurch leicht Verschiebungen auf stark fallender glatter Straße oder Eindrücken in den Grund in merkbaren Beträgen sich ergeben kann; oder es wird, falls die Latte in der Zwischenzeit von der Platte abgehoben wird, das Wiederaufsetzen eine solche Plattenverschiebung abwärts, auch bei an sich guter Vorsicht, verursachen können.

Jedenfalls scheint mir das vorliegende Nivellement deutlich dafür zu sprechen, daß es, zum mindesten beim Nivellieren auf macadamisierter Straße, zur möglichsten Befreiung von regelmäßigen Fehlern und zur Erlangung höherer Genauigkeit unumgänglich ist, den Vorgang von COHEN-STUART in den Niederlanden und von LALLEMAND in Frankreich nachzuahmen, nämlich als Wechsellpunkte starke und lange, tief geschlagene Pflöcke (die z. B. nach 20 oder 30 Schlägen

mit schwerem Hammer kein Nachziehen um  $\frac{1}{2}$  mm mehr zeigen) mit darauf angebrachten Rundkopfnägeln zu verwenden; dabei wäre dafür zu sorgen, daß zwischen der Vorbereitung dieser Wechsellpunkte, zu der ein kleines Nivellierinstrument und ganz flüchtiges vorläufiges Nivellement genügt, und der Ausführung des Nivellements wenigstens einige Tage liegen. Freilich ist damit immer noch nicht ausgeschlossen, daß auch solche Pfähle merkliches Sacken oder auch, in manchen Bodenarten, Hebungen durch „Treiben“ des Bodens zeigen. Bei dem an sich vortrefflichen SEIBT'schen Nivellierverfahren ist die Zeit, während der man auf Unveränderlichkeit von Instrument und Wechsellpunkte rechnen muß, von besonders günstigen Umständen abgesehen, zu lang, als daß die Wechsellpunkte auf gewalzten Schotterstraßen durch einfach auf den Boden gelegte und festgetretene Platten von einigen Kilogramm Gewicht sicher genug hergestellt werden könnten.

## V. Schluß.

Um nochmals zusammenzufassen und einige Wünsche zu äußern, mögen folgende Sätze aufgestellt werden:

1. Der mittlere km-Fehler, wie er aus der üblichen Vergleichung der zwei Nivellierungen **A** (Böblingen—Lustnau) und **B** (Lustnau—Böblingen) der einzelnen 35 Hauptstrecken der ganzen Linie folgt, beträgt für die einfache und für die doppelte Nivellierung im Gesamtmittel

$$\pm 1,06 \text{ und } \pm 0,75 \text{ mm:}$$

diese Genauigkeit ist für den vorliegenden Zweck als ausreichend anzusehen.

2. Die m. F. der einzelnen Strecken zeigen Abhängigkeit von den Zielweiten, nicht von den Höhenunterschieden. Die Lattenvergleichung ist vollständig genügend.

3. Neben 1. sind aber beträchtliche regelmäßige Fehler vorhanden, die insbesondere bewirken, daß überall beim Bergaufnivellieren größere Höhenunterschiede sich ergeben haben als beim Bergabnivellieren. Ein großer Teil dieser Fehler wird durch Höhenveränderung (Rutschen oder Einsinken) der Fußplatten während der Zeit für Transport und Wiederaufstellen des Instruments zu erklären sein.

4. Für einen großen Teil dieser regelmäßigen Fehler ist anzunehmen, daß er im Durchschnitt aus **A** und **B** eliminiert sei; der genauere Betrag ist jedoch nicht sicher abzuschneiden.

5. Auch die übrigen systematischen Fehlerquellen machen es

wünschenswert, statt der Wechsellpunkte auf gut festgetretenen Bodenplatten, wie sie hier angewendet worden sind, für die sich aber Bewegungen sicher nachweisen lassen, in Zukunft beim Nivellieren auf macadamisierter Straße vorbereitete Wechsellpunkte auf tief geschlagenen starken Pflöcken zu verwenden.

6. Ebenso machen es die in einzelnen Fällen sicher nachweisbaren Veränderungen der Höhe der Ziellinie des Fernrohrs während länger dauernder Aufstellung des Instruments erwünscht, das Instrument statt auf ein Dreibeinstativ auf eine sicherer fundierte Unterlage zu stellen (Stativ mit mehr als drei Beinen u. dgl.).

7. Trotz der in 5. und 6. ausgesprochenen Wünsche glaube ich empfehlen zu sollen, daß wenigstens das nächste Nivellement der Linie Böblingen—Lustnau noch genau in derselben Art wie vorstehend beschrieben ausgeführt werde.

8. Die Zeitdauer zwischen den Nivellierungen einer solchen Linie sollte 5 Jahre nicht überschreiten; das nächste Nivellement der Linie Böblingen—Lustnau wäre also jedenfalls 1907 auszuführen.

9. Einige weitere Linien dieser Art, an denen etwaige dauernde Höhenänderungen von Festpunkten zu verfolgen sind, sind sehr wünschenswert. Die Linien werden in Gegenden zu wählen sein, aus denen Nachrichten über angebliche Veränderungen der Aussicht in größerer Zahl vorliegen oder in denen häufig Erderschütterungen beobachtet werden. Vielleicht käme in erster Reihe Tübingen—Hechingen in Betracht, auch als Fortsetzung der hier behandelten Linie.

10. Es scheint mir angezeigt, dabei für die Festpunkte statt der vernickelten Stahlbolzen, die sich nicht besonders bewährt haben, Bronzebolzen oder auch Bolzen aus Eisenhartguß zu verwenden. Die Festpunkte in den Boden zu versenken, scheint mir jedenfalls zweckmäßig zu sein. Auch glaube ich empfehlen zu sollen, an der hier getroffenen Anordnung von Festpunktepaaren (je zwei Festpunkte nahe beieinander) längs der Linie festzuhalten, wobei aber die Paare etwas weiter auseinander gesetzt werden könnten (1 oder  $1\frac{1}{2}$  km) als bei der vorliegenden ersten Nivellementslinie.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [62](#)

Autor(en)/Author(s): Hammer E.

Artikel/Article: [Einwägung von Festpunkten an der Linie Böblingen-Lustnau. Sommer 1902. 113-188](#)