I. Original-Artikel.

Der Tachymeter, ein Universal-Instrument des Forst-Geometers.

Von Forstgeometer Hilscher in Braunschweig.

(Hierzu II Tafeln.)

(Nachdruck verboten.)

Abchnitt 1.

Allgemeines über den Tachymeter.

Der Tachymeter ist ein Theodolit, versehen mit einem Höhentheilkreise, einem distanzmessenden Fernrohre und einer Boussole. Er ist also ein Universal-Instrument, mit welchem nicht allein Polygon-Boussolen- und Höhenwinkel, sondern mit Hilfe einer Nivellier- oder Tachymeterlatte auch Entfernungen direkt gemessen (abgelesen) werden können. Dieses Universal-Instrument spielt daher auch als solches in der modernen Feldmesskunst bereits eine bedeutende Rolle und ist wegen seiner vielseitigen Verwendung von den verschiedensten Staaten und Behörden als ein äußerst zeitgemäßes, zweckentsprechendes und billiges Hilfsmittel der praktischen Geodäsie anerkannt und zum ausgiebigsten Gebrauche bereits vielfach empfohlen worden. So haben z. B. nach Jordan die Amerikaner in ihren westlichen Staaten bereits Tachymeterzüge von 3 km Länge gelegt und an diese ihre Detailaufnahmen angeschlossen. Weiter sagt Jordan im Schlußworte zu seinen Tachymetertafeln:

„Kurz, wo wir im deutschen Vermessungswesen auf Grund des bisherigen Entwicklungsganges einen Ausblick in die Zukunft werfen, treffen wir Verhältnisse, in welchen dem tachymetrischen Verfahren eine Zukunft blüht und zu dieser mit Sicherheit vor auszusehenden Entwicklung möchten wir mit den neuen „Hilfstafeln für Tachymetrie“ einen bescheidenen Beitrag geben.“

Hat nun dieses Instrument bei den verschiedenartigsten geodätischen Arbeiten, selbst bei solchen von bedeutendem Umfange, sich als äußerst

Eine weitere, höchst wichtige Aufgabe, zu deren Lösung unsere Spezial-Forstkarten beitragen sollen, besteht in der Regelung und Hebung der Abfuhrverhältnisse eines Revieres. Zur leichteren Lösung dieser Aufgabe kann aber nur ein Kartenwerk wesentlich mitwirken, welches außer einem vollständigen Bilde der bereits vorhandenen Wege von den verschiedensten und wichtigsten Punkten, soweit es Gebirgsreviere anbetrifft, Höhenangaben besitzt, so daß durch diese beiden Faktoren und an der Hand der Bestandes- resp. Wirtschaftskarte schon im Zimmer der Plan zu einem zweckmäßigen Wegenetzprojekte, resp. einer Ergänzung desselben, ausgedacht und annähernd festgelegt werden kann, auf welche Weise die weiteren Vorarbeiten wesentlich gekürzt werden, weil zeitraubende Besichtigungen an Ort und Stelle, sowie Probe-Nivellements erspart bleiben. Reviere, die mit Höhenmarken in genügender Zahl versehen sind, gestatten auch einem in solchen Arbeiten weniger erfahrenen Revierverwalter die Festlegung und Ausführung von durch die Bewirtschaftung oder sonstige Umstände im Laufe der Zeit notwendig gewordenen Wegeanlagen. Alle vorhandenen Fixpunkte, wie Sagen- und Distriktssteine, sicher stehende Grenzsteine, feste Überführungen und Brücken, Felsplatten zc. sollten daher ihre Höhenbestimmungen erhalten, die entweder in einer besonderen Tabelle oder noch zweckmäßiger in dem Kartenwerke selbst zu verzeichnen sind. Unsere Spezial-Forstkarten sollten also, um den Zwecken und Anforderungen einer modernen Forstwirtschaft in erschöpfender Weise dienen zu können, so detailliert wie möglich alle Einzelheiten des betreffenden Revieres enthalten, und um die Rentabilität eines Revieres durch die Anlage möglichst günstiger Abfuhrverhältnisse noch zu erhöhen, durch eine genügende Anzahl Höhenmarken dazu beitragen, die Schwierigkeiten einer Waldwegenetzlegung leichter überwinden zu können.

Es ist nun eine Tatsache, daß die Spezial-Forstkarten, so wie sie z. Bt. größtenteils hergestellt werden, nicht immer die soeben ange deuteten Zwecke zu erfüllen im stande sind. Der Grund hierfür liegt aber lediglich in dem Umstande, daß Waldaufnahmen in einer allen Anforderungen genügenden Weise und im obigen Sinne ausgeführt wegen der damit verbundenen vielseitigen Schwierigkeiten, welche durch die Verhältnisse, schwierige Terrainverhältnisse, weite Entfernungen von menschlichen Wohnungen, Mangel an geschultem Arbeiterpersonale u. s. w. bedingt werden, unter Anwendung von den bislang gebräuchlichen Aufnahme-Methoden sich als viel zu kostspielig erwiesen haben würden; andererseits wird man aber auch zugeben müssen, daß die Herstellung neuer

Kartenwerke in manchen Beziehungen mit einer Genauigkeit betrieben wird, welche über die Zwecke einer Forstkarte hinaus geht, und ohne den Wert derselben entsprechend zu erhöhen, unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht.

Es ist uns nun in dem Tachymeter ein Hilfsmittel gegeben, dessen Vorzüge von keinem anderen Instrumente, selbst nicht von der so viel gerühmten, für Waldaufnahmen angeblich unentbehrlich gewordenen Boussole erreicht werden und zwar springen die Vorzüge, welche der Gebrauch des Tachymeters mit sich bringt, nirgends so in die Augen, wie gerade bei den Innenaufnahmen größerer, zusammenhängender Forsten, wobei es sich vollkommen gleich bleibt, ob es sich um Neuvermessungen in großem oder kleinem Umfange, um Messungen gelegentlich der Neu- oder Revisionschätzungen, um Anlage von Wegeprojekten, Wegebauten oder Nivellements für waldwirtschaftliche Zwecke handelt. Der Tachymeter ist gerade für den Forstgeometer ein Universal-Instrument im vollsten Sinne des Wortes und es liegt sicher die Zeit nicht mehr fern, wo derselbe alle anderen Waldaufnahme-Methoden verdrängen wird.

Abchnitt 2.

Die Vorzüge der Tachymetrie.

Unter Berücksichtigung dessen, was ich soeben über die Zwecke unserer Forstkarten gesagt habe, komme ich nunmehr zur Beschreibung der Vorteile, welche durch den Gebrauch des Tachymeters sich ganz besonders dem Forstgeometer bei Ausführung seiner verschiedenen Arbeiten bieten. Zu Nachfolgendem will ich noch vorweg bemerken, daß ich nur die Horizontal- und nicht auch die Höhenaufnahme mittels des Tachymeters im Auge habe, da letztere ja für die Waldaufnahmen, wenigstens in Preußen, kaum mehr in Frage kommen, sondern durch die Nivellirungen des Generalstabes überflüssig geworden sind. Was die Ermittlung der von mir erwähnten Höhenmarken anbelangt, so sei bemerkt, daß sich dieselben aus der tachymetrischen Horizontalaufnahme von selbst ergeben.

1. Das Stationieren der Tachymeterzüge erfordert keine Rücksicht auf günstige Lage der Seiten im Gelände, welche die bei Polygonzügen notwendige, nachfolgende Latten- resp. Bandmessung mit erforderlicher Sorgfalt auszuführen gestattet, sondern verlangt nur eine geeignete Lage der Stationspunkte, von welchen aus eine möglichst weitgehende Detailaufnahme ausgeführt werden kann.

Wird nun auch im allgemeinen an den für die Legung der Polygonzüge geltenden, bewährten Regeln, zu denen unter anderen das Vermeiden zu starker Krümmungen, zu kurzer oder zu langer, sowie zu ungleich langer Seiten zc. gehört, festgehalten werden, so bietet doch der Umstand, daß die Möglichkeit einer nachfolgenden Messung mit Laten oder Band nicht berücksichtigt zu werden braucht, allein schon wesentliche Vorteile, die gar nicht überschätzt werden können, da die, namentlich in gebirgs- oder wasserreichen Revieren sich beim Stationieren in den Weg stellenden Hindernisse oft ungezählter Art sind. So manche überflüssige Längenmessung, welche weiter keinen Zweck hat, wie z. B. als Basis zu dienen, um die Berechnung des Zuges zu ermöglichen, fällt fort. So manche Station, die andernfalls nötig gewesen wäre um Terrain Schwierigkeiten zu umgehen, also nur gelegt werden mußte, um die Verbindung oder den Anschluß eines Zuges herzustellen, zur Aufnahme selbst aber nichts beitragen kann, wird überflüssig. Da man auf nachfolgende Längen- und Ab schlägsmessungen keine Rücksicht zu nehmen braucht, wird man beim Stationieren der Tachymeterzüge stets in die vorteilhafte Lage versetzt, direkt auf sein Ziel loszugehen. Hierdurch kann die Zahl der Stationen auf das Äußerste beschränkt werden, was nicht allein eine Zeit- und Kostenersparnis bedeutet, sondern auch dem ganzen System der Grundlage zur Detailvermessung, bedeutend mehr Klarheit und Übersicht verleiht. Da man ferner beim Stationieren der Tachymeterzüge nicht wie bei den Ab schlägsmessungen in dem Maße gezwungen ist, so nahe wie möglich dem Verlaufe der aufzunehmenden Details zu folgen, befindet man sich außerdem in der angenehmen Lage, in der Nähe liegende, bereits vorhandene Fixpunkte, wie Fagen- oder Distriktssteine, sicher stehende Grenzsteine, natürliche Felsplatten zc. möglichst viel als Stationspunkte zu benutzen. Diese Annehmlichkeit verringert einmal die Kosten der doch unerläßlich notwendigen, teilweisen Versteinung der Stationspunkte durch Polygonsteine oder Drainröhren, andrerseits sind die zu Stationen benutzten Fixpunkte sichere Träger ermittelter Höhen und können schließlich den gelegentlich der periodisch wiederkehrenden Revisions schätzungen erforderlich werdenden Nachmessungen immer wieder als Anbindepunkte dienen, so daß sich diese nachträglichen Messungen immer wieder auf der Grundlage der ursprünglichen Neumessung aufbauen, insolgedessen kontrollfähiger werden und somit denselben Wert wie eine Neumessung erlangen. Endlich verlangt die Tachymetrie beim Legen ihrer Stationen keine Rücksicht auf die Möglichkeit etwa notwendig werdender Hilfslinien-Konstruktionen, wie sie bei Längen- und Ab schlägsmessungen oft nicht zu umgehen sind, welche, wie alle Messungen mit

Latten oder Band, in Waldungen häufig den Gebrauch der Art zum notwendigen Übel machen und dadurch den beim Revierpersonale schon so wie so nicht all zu sehr beliebten Geometer in noch ärgeren Mißkredit bringen, unabgesehen von dem Schaden und Zeitverlust, welcher durch das Aufhacken der Linien oft genug verursacht werden muß.

2. Der Gebrauch des Tachymeters erfordert während der Aufnahme keinen Zeitaufwand zur Herstellung komplizierterer, mit Zahlen überfüllter Skizzen, sowie keine Eintragungen von Original-Meßzahlen in diese; beschränkt die Zeichenarbeiten im Felde auf das Äußerste und macht das zeitraubende Ausziehen der Skizzen mit Tusche gänzlich überflüssig.

Um die große Einfachheit, durch welche sich gegenüber allen anderen Aufnahme-Methoden die Tachymetrie ganz besonders auszeichnet, so recht veranschaulichen zu können, habe ich die nebenstehenden Zeichnungen entworfen. Diese Zeichnungen (Skizzen wie sie im Felde während der Aufnahme angefertigt werden müssen) lassen beim Vergleich auf den ersten Blick das bis in die Einzelheiten hinein vereinfachte, tachymetrische Verfahren erkennen. Alle Hilfslinien- und Ordinaten-Konstruktionen, alle Eintragungen von Originalmeßzahlen, wie sie die Methode der Abschlagsmessung unbedingt erfordert, sind fortgefallen; nur ein Tachymeterpunkt wurde eingehängt (s. Skizze II), um das Aufmessen der Grenzpunkte durch allzulange Visuren möglichst zu vermeiden. Sämtliche Originalmeßzahlen dahingegen werden in ein Manual geschrieben und wie dies geschieht, veranschaulicht der beigegebene Auszug. Die Eintragungen in die Spalten 1—4 des Manuals werden von einem Arbeiter ausgeführt. Um Fehler zu vermeiden, wiederholt derselbe alle Angaben des Geometers, die sich, wie der Auszug zeigt, nur auf die Ablesungen am Instrumente erstrecken. Es brauchen also demnach in die Skizze nur die Nummern der einzelnen Beobachtungspunkte eingetragen zu werden, wie die Skizze II gleichfalls erkennen läßt. Da die Skizzen nur ein ganz oberflächliches Bild der aufzunehmenden Details wiederzugeben brauchen, kann man sich für den Feldgebrauch solche von etwa vorhandenem älterem Kartenmaterial in demselben Maßstabe anfertigen, diese erfüllen ihren Zweck vollkommen und können Ergänzungen und Veränderungen leicht eingezeichnet werden. Auf diese Weise erspart man sich das zeitraubende Skizzieren während der Aufnahme fast gänzlich, ein Vorteil, der namentlich dem im Skizzieren weniger Geübten sehr zu statten kommt. Muß man aber eine Skizze entwerfen, so geschieht dies am besten vom jeweiligen Standpunkte des Instrumentes aus. Die Skizzen haben für

Auszug aus einem Tachymeter-Manuale.

Beobachtungen auf dem Polygonpunkte Nr. 2 (s. nebenstehende Skizze II).

Punkt	Kattenablenkung	Horizontalwinkel		Zenitdistanz und Höhenwinkel		Horizontale Entf.	Höhenunterschied	Höhe über N. N.	Bemerkungen
		0	'	0	'				
1	2	3	4	5	6	7	8		
Polygonpunkt 2								485,00	
⊙ 1	91,10	135 20	93 05	+ 3 05	90,90	+ 4,90	—	—	Diese Meereshöhen erscheinen bei den betr. Stationen, in gleicher Weise wie bei dieser.
⊙ 3	156,7	353 12	95 45	+ 5 45	155,10	+ 15,57	—	—	
T. 1	95,7	18 50	93 55	+ 3 55	95,30	+ 3,75	—	—	
Grenzst. 9	55,7	68 50	92 25	+ 2 25	55,60	+ 2,32	487,32		
" 10	45,2	162 15	91 40	+ 1 40	45,10	+ 1,31	486,31		
" 11	39,9	126 30	90 50	+ 0 50	39,90	+ 0,56	485,56		
" 12	18,6	147 25	90 00	+ — 0	18,60	+ 0,00	485,00		
" 13	13,1	276 05	90 35	+ 0 35	13,10	+ 0,14	485,14		
" 14	35,9	277 50	92 10	+ 2 10	35,90	+ 1,32	486,32		
" 15	48,3	298 25	93 25	+ 3 25	48,20	+ 2,86	487,86		
" 16	46,3	328 10	93 10	+ 3 10	46,20	+ 2,55	487,55		
Bach 1	40,7	135 45	79 25	— 10 35	39,40	— 7,34	477,66		
" 2	37,1	128 10	80 15	— 9 45	36,00	— 6,20	478,80		
" 3	33,4	117 35	85 50	— 4 10	33,20	— 2,40	482,60		
" 4	27,8	105 30	89 35	— 0 25	27,80	— 0,20	484,80		
" 5	25,2	96 50	90 05	+ 0 05	25,20	+ 0,03	485,03		
" 6	22,3	81 35	90 35	+ 0 35	22,30	+ 0,23	485,23		
" 7	15,8	65 10	90 40	+ 0 40	15,80	+ 0,17	485,17		
" 8	15,2	40 40	91 00	+ 1 00	15,20	+ 0,26	485,26		
" 9	22,6	31 10	91 25	+ 1 25	22,60	+ 0,56	485,56		
" 10	30,30	34 35	91 40	+ 1 40	30,30	+ 1,02	486,02		
" 11	34,30	36 12	91 50	+ 1 50	34,30	+ 1,11	486,11		

das spätere Kartieren absolut weiter keinen Zweck, als nur einen ungefähren Anhalt über Bedeutung und Lage der einzelnen Beobachtungspunkte zu geben, damit falschen Verbindungen derselben beim späteren Auszeichnen vorgebeugt wird. Ist einmal die Kartierung fertig, so sind die Tachymeter-Skizzen ziemlich bedeutungslos geworden. Die Tachymetrie macht mithin auch alle Sorgfalt, mit welcher heutzutage die Feld-Skizzen in zeitraubender Weise wegen der auf diesen enthaltenen Originalmehrzahlen ausgearbeitet werden müssen, entbehrlich und überflüssig, da jene durch die einheitlich, in übersichtlichem Zusammenhange ausgeführten Tachymeter-Manuale, welche als Grundlage des gesamten Vermessungswerkes anzusehen sind, vollkommen ersetzt werden, denn auch diese gestatten, ebenso wie die Skizzen der Abschlags-Messungen, jederzeit eine Nachprüfung der Kartierungen. Da die Herstellung der Tachymeter-Skizzen äußerst wenig Zeit in Anspruch nimmt, wird der Geometer

während der Aufnahme ganz bedeutend entlastet, welcher Umstand wiederum einen rascheren Fortschritt der Arbeiten und eine erhöhte Ausnutzung der Arbeitskräfte sowie der Arbeitszeit zur Folge hat.

3. Dadurch, daß der Gebrauch des Tachymeters die bei Längen- und Ab schlägs-Messungen oft notwendigen Konstruktionen von Hilfslinien ausschließt und daß alle aufzunehmenden Details direkt von der Station aus gemessen werden, insolge dessen sich die Massen der Original-Meßzahlen ganz bedeutend reduzieren, erscheint naturgemäß das Einschleichen von Fehlern in erhöhtem Maße, wie bei den bisherigen Aufnahme-Methoden, ausgeschlossen, zumal ein mit vollendeter Technik gebautes Instrument an und für sich schon zuverlässiger und exakter seine Aufgabe zu erfüllen vermag, wie dies bei der Ausführung von Längen- und Ab schlägs-Messungen mit Hilfe von Winkelspiegel, Bandmaß und Meterlatte, dazu noch in schwierigem Terrain, überhaupt möglich ist.

Abgesehen davon, daß die Konstruktion der Hilfslinien häufig bedeutende Längenmessungen erfordert, die nur indirekt die Detail-Aufnahme fördern, sowie daß die Legung der Hilfslinien durch entgegen tretende Hindernisse oft genug zu Komplikationen und Schwierigkeiten führt, weil bei Ab schlägs-Messungen verschiedenen Bedingungen und Regeln Rechnung zu tragen ist, erscheint diese Aufnahme-Methode viel geeigneter, Fehler entstehen zu lassen, als dies bei direkten Messungen, wie solche die Tachymetrie nur kennt, doch aller Wahrscheinlichkeit nach voraus zu sehen ist. Gerade durch den Umstand, daß alle Nebenkonstruktionen, zu denen doch auch die Hilfslinien, ob erster oder zweiter Ordnung, gerechnet werden müssen, fortfallen, gestaltet sich das Wesen der Tachymetrie zu einem einfachen, alles Überflüssige vermeidenden Verfahren, insofge dessen sich mindestens eine ebenso große, wenn nicht noch größere Genauigkeit, wie sie die Längen- und Ab schlägs-Messungen gewährleisten, erreichen läßt; denn je einfacher die Methode ist, mit welcher eine Arbeit ausgeführt wird, desto mehr Umstände werden naturgemäß ausgeschlossen, welche die Genauigkeit der Ausführung in Frage stellen. Alle Original-Meßzahlen, welche in das Tachymeter-Manual eingetragen werden, werden durch ein Instrument gegeben und sind nicht wie bei der Ab schlägs-Messung die indirekten Produkte verschiedener Konstruktionen und Meßgerätschaften; ein Übelstand, welcher die Genauigkeit der Aufnahme oft genug ungünstig beeinflussen kann. Ich

darf nicht versäumen, hier speziell darauf hinzuweisen, daß sämtliche Messungen lediglich vom Geometer selbst ausgeführt werden. Es ist daher die Genauigkeit der Messung ganz allein von diesem und nicht wie bei den Abschlagsmessungen, zum sehr großen Teile von der Intelligenz, dem Interesse und dem Grade der Gewissenhaftigkeit der Arbeiter abhängig. Der Geometer mag bei Ausführung von Längen- und Abschlagsmessungen noch so gewissenhaft vorgehen, zeigen sich die Arbeiter nachlässig oder gar unwillig, so wird es ihm bei den vielen verschiedenen Handgriffen, die er den Arbeitern zu überlassen hat, unmöglich werden, Fehler zu vermeiden. Dahingegen sind bei der Tachymetrie Geometer und Instrument die Hauptfaktoren, während der hilfeleistende Arbeiter eine viel untergeordnetere Rolle spielt und hierzu kommt noch, daß im Augenblicke der Messung selbst, der stets nur einzelne, betreffende Arbeiter einer scharfen Kontrolle untersteht. Keine zeitraubenden Absteckungen von Linien und langweilige, dazu noch doppelt auszuführende Bandmessungen sind notwendig, keine Ordinaten sind abzustecken, keine Abscissenlängen zu messen; alles Manipulationen, welche Ungenauigkeiten, seien sie auch noch so klein, herbeiführen, und da der Geometer jeden Handgriff der Arbeiter anordnen und kontrollieren muß, obendrein aber noch genötigt ist, eine komplizierte Skizze anzufertigen, seine Gedanken also auf so vielerlei Hantierungen gerichtet sein müssen, wird dem Unterlaufen von direkten Fehlern nur Vorbehalt geleistet. Vor allen Dingen sei aber darauf hingewiesen, daß wenn während der tachymetrischen Aufnahme ein Ablesefehler, denn ein solcher kann ohne grobe Fahrlässigkeit nur möglich sein, vorkommt, so pflanzt sich derselbe auf die weiteren Messungen nicht fort, da ja die einzelnen Messungen (Beobachtungen) von einander absolut unabhängig sind, während sich fortpflanzende Fehler bei Abschlags-Messungen sehr leicht vorkommen können. Es braucht z. B. in schwierigem Terrain ein Kettenschlag nicht ganz exakt, dadurch daß die Kette oder das Band nicht genau in der Horizontalen liegt oder in dieser nicht genau am Stabe abgelotet wurde, ausgeführt zu werden, sofort pflanzt sich ein Längensfehler auf die nachfolgenden Ordinaten-Messungen fort, und was am meisten zu befürchten ist, ohne jemals zum Vorschein zu kommen. Weiter kann der Fall eintreten, daß durch irgend eine inkorrekte Handlung eingeschlichene Fehler sich eine Zeitlang fortpflanzen, bis durch eine der ersteren entgegengesetzte Ursache diese entweder aufgehoben werden, oder im umgekehrten Sinne weiter bestehen. Es sind dies Fälle, die oft genug vorkommen, namentlich, wenn es sich um Messungen in schwierigem Gelände handelt, wo solche Fehler manchmal unvermeidlich sind; vor allem aber, wenn dem Geometer nur ein wenig oder gar

nicht geschultes Arbeiterpersonal zur Verfügung steht. Kommen nun solche Fehler beim späteren Kartieren zum Vorschein, so erfordern dieselben oft genug kostspielige Nachmessungen, die in den meisten Fällen gar nicht im Verhältnis zu den gemachten Fehlern stehen. Hierzu ein Beispiel: Während des Kartierens hat sich herausgestellt, daß der Grenzpunkt 15 der Skizze I falsch eingemessen ist. Beim Auffuchen des Fehlers an Ort und Stelle ergab sich, daß der Sohlenpfahl des konstruierten Dreiecks, von welchem aus die übrigen Grenzpunkte aufgemessen wurden, nicht mehr wieder zu finden ist; ein Zufall, der oft genug eintritt. Als fast einzig zuverlässiges und kürzestes Verfahren kommt in diesem Falle das Einmessen des Punktes 15 durch 3 Seiten von der Polygonseite aus in Frage, wie es auf der Skizze I durch die dick punktierten Linien angedeutet ist. Durch den einen Fehler wurde also eine Längenmessung von ca. 160 m erforderlich. Würde dahingegen der Fehler bei der tachymetrischen Aufnahme entstanden sein, so genügt, falls nur ein Längenfehler vorliegt, das Messen der Entfernung von Polygonpunkt 2 nach dem Grenzpunkte 15, und wenn sich ein Winkelfehler eingeschlichen, eine Aufstellung des Instrumentes und die nochmalige Anvisierung des Punktes. Sollte aber der Sohlenpfahl eines in Frage kommenden Tachymeterpunktes nicht wiederzufinden sein, dann wird es wohl in den weit- aus meisten Fällen gelingen, von einer der nächstgelegenen Stationen aus den falsch beobachteten Punkt einzumessen. Zumeist werden ja wohl die bei Abschlagsmessungen durch Fortpflanzung entstandenen Ungenauigkeiten beim späteren Auftragen kaum fühlbar werden; aber es genügt doch schon, wenn eine Aufnahme-Methode die Möglichkeit solcher Ungenauigkeiten zuläßt, welche aber bei tachymetrischen Aufnahmen dahingegen so gut wie ausgeschlossen erscheint. Hier wird jede Beobachtung für sich abgeschlossen, kann also auf die nächste keine Ungenauigkeiten übertragen. Ferner ist jede Beobachtung ohne besondere Mühe und Zeitversäumnis sofort kontrollfähig. Die richtige Einstellung des Instrumentes kontrolliert sich, da dieselbe jedesmal mit Hilfe der Boussolennadel erfolgt, durch die Ablesungen der Rückwärtsvisur nach der letzten Station sofort von selbst, weil die Ablesungen am Horizontalkreise ja fast genau um 180 resp. 200° verschieden sein müssen. Trifft dies nicht zu, dann kann auf der letzten Station nur die Vorwärtsvisur falsch abgelesen worden sein, vorausgesetzt, daß die Rückwärtsvisur dieser, so wie die der vorigen Station, richtig ist. Durch diese sofortige Kontrolle wird schon vermieden, daß das Instrument während der ganzen Beobachtungen falsch steht, denn dies ist eben unmöglich, wenn die Rückwärtsvisur stimmt. Liegt nun aber in der vorigen Vorwärtsvisur ein Ablesefehler des Horizontal- oder Höhen-

freies, so ist es absolut nicht notwendig, auf der vorigen Station noch einmal aufzustellen, denn der Ablesefehler wird ja durch die Rückwärtsvisur festgestellt und kann ohne Bedenken entsprechend berichtigt werden. Was nun das Ablese der einzelnen Längen an der Tachymeterlatte anbetrifft, so kann dies auch ohne großen Zeitverlust auf zweierlei Weise geschehen. Man liest zunächst die Lattenhöhe am unteren, sodann am oberen Distanzfaden ab und subtrahiert dementsprechend, hierauf zählt man zwischen beiden Fäden die Dezimeter, Zentimeter und event. Bruchteile, welche Summe mit der subtrahierten übereinstimmen muß und diese ergibt alsdann, die Zentimeter in Metern ausgedrückt, die gemessene Länge. Dieses doppelte Ablese geschieht bei einiger Übung rascher, wie es sich beschreiben läßt. Ich darf aber hinzufügen, daß das doppelte Ablese nur bei der Beobachtung wichtigerer Punkte angebracht erscheint, im allgemeinen genügt eine Ablese, da man sich sehr bald eine derartige Routine im Längenablese aneignet, so daß höchst selten ein Fehler unterläuft. Sollte aber beim späteren Kartieren wirklich mal ein Fehler entdeckt werden, dann dreht es sich immer nur, wie bereits bemerkt, um die Messung der Linie von der Station bis zu dem falsch beobachteten Punkte, welche dann, um die Aufstellung zu ersparen, auch mit einem Meßbände ausgeführt werden kann. Um bei wichtigeren Punkten sich auch eine Kontrolle im Ablese der Horizontal- und Vertikalwinkel zu schaffen, braucht man nur von beiden Nonius II abzulesen; ein Notieren dieser Ableseungen ist aber schon überflüssig, da man ja sofort sieht, ob am Nonius I richtig abgelesen ist. Bemerken möchte ich hierzu noch, daß man sich nach meinen eigenen Erfahrungen sehr bald eine größere Sicherheit im Ablese am Instrumente als wie am Meßbände und der Meterlatte aneignen kann, weil die Einteilungen am Instrumente an und für sich dem Auge viel übersichtlicher erscheinen. Zu alle dem, was ich bisher über Punkt 3 gesagt habe, muß ich als nicht zu übergehenden Vorteil noch hinzufügen, daß beim Tachymetrieren das Einarbeiten der Leute in wenigen Stunden geschehen ist, weil das, was dieselben zu tun haben, rein mechanisch ist, so daß Fehler seitens der Arbeiter ohne ganz grobe Fahrlässigkeit gar nicht vorkommen können; während von diesen bei der Ausführung von Längen- und Abschlagsmessungen immer eine gewisse Intelligenz und Selbständigkeit verlangt werden muß, wenn der Geometer nicht gezwungen sein soll, jeden Handgriff der Arbeiter zu kontrollieren, wodurch demselben die Arbeit sehr erschwert wird und diese selbst in einen schleppenden Gang gerät. Den einzigsten Fehler, den ein Arbeiter machen kann, ist der, daß er im Moment des Ablese der Entfernung, die Latte nicht senkrecht hält, eine Nachlässigkeit, die, falls die Abweichung

eine seitliche ist, durch das Fernrohr des Instrumentes sofort bemerkt wird. Läßt der Arbeiter dahingegen die Latte nach vorne oder hinten überhängen, so läßt sich dies allerdings nicht erkennen; jedoch kann man durch öfteres Anrufen, die Latte senkrecht zu halten, den Arbeiter in dem Glauben erhalten, daß man seine Nachlässigkeit in dieser Richtung hin gleichfalls beobachten kann.

4. Mit der tachymetrischen Horizontalaufnahme geht eine in Bezug auf Genauigkeit einem Nivellement wenig nachstehende Vertikalaufnahme Hand in Hand, ohne daß sich ein Mehraufwand an Zeit und Kosten fühlbar macht.

Die Vertikalaufnahme entsteht dadurch, daß bei jeder Latten- (Entfernungs-) Ablesung auch der Höhenwinkel abgelesen werden muß, um aus diesem und der Lattenablesung mit Hilfe der Tachymetertafel die wirkliche horizontale Entfernung zu ermitteln, wobei das gleichzeitige Notieren des ebenfalls aus den Tafeln zu entnehmenden Höhenunterschiedes der verschiedenen Aufstellungen im Tachymetermanuale als nachträglich zu Hause auszuführende Arbeit eine ganz geringe Mühe verursacht (siehe den Auszug aus dem Tachymetermanuale). Auf diese Weise erhalten sämtliche Tachymeterzüge zugleich den Wert von Nivellements, die ihre Höhenmarken in den einzelnen Stationen besitzen, welche, um sich jene dauernd zu sichern, ihrer Wichtigkeit entsprechend hin und wieder durch Polygonsteine vermarktet werden können. Das so ohne fühlbare Mehrkosten über das ganze Revier gelegte Nivellements- oder Höhenmarken-Netz hat, wie ich ja bereits in der Besprechung über die Zwecke unserer Forstkarten klargelegt habe, gerade für unsere Forsten einen dauernden, nicht zu unterschätzenden Wert, da doch namentlich in Gebirgsrevieren, die Festlegung eines brauchbaren Waldwege-Netzes, ohne vorhergehende Nivellements oder ähnliche Arbeiten, schlechtthin kaum ausführbar ist. Sind aber die tachymetrisch bestimmten Höhenmarken allwärts vorhanden, so läßt sich der Höhenunterschied zweier Endpunkte einer beliebigen Strecke sofort feststellen und aus diesem der Prozentsatz des Gefälles für die auszubauende, eventl. durch notwendig werdende Krümmungen zu verlängernde Strecke sehr leicht ermitteln.

5. Das Berechnen und Kartieren tachymetrischer Aufnahmen ist gleichfalls höchst einfach und erfordert verhältnismäßig wenig Zeitaufwand. Die einzigsten Hilfsmittel sind die Tachymetertafel und ein für diese Zwecke eigens konstruierter Transporteur.

Die Tachymeterzüge können natürlich ebenso wie Polygonzüge nach Koordinaten berechnet und aufgetragen werden. Jedoch wird man sich

diese Arbeit nur bei den wichtigeren Zügen machen, während bei den bedeutungsloseren ein Ausgleichen der Winkel innerhalb des Zuges vollkommen genügt. Diese ausgeglichenen Züge werden, um Fehler zu vermeiden, mit dem Schenkeltransporteur von beiden Endstationen nach der Mitte zu direkt auf das Kartenblatt aufgetragen. Das Berechnen der einzelnen Beobachtungen erstreckt sich auf die Ermittlung der horizontalen Entfernungen, der Höhenunterschiede und der Höhen über N. N. (siehe Spalte 6—8 des Tachymeterauszuges). Auf diese Weise erhält man auch für das ganze Revier die bereits erwähnten Höhenmarken. Das Berechnen geschieht mit Hilfe der Tachymetertafeln; es kann somit eigentlich nur von einem Aufschlagen der horizontalen Längen und der Höhenunterschiede die Rede sein, wodurch die Arbeit rein mechanisch wird und erklärlicherweise ebenfalls nur geringe Zeit in Anspruch nimmt. Das Kartieren geschieht mit einem Transporteur, der in seinem Zentrum sich um eine feine Nadel dreht, welche beim Auftragen auf den betreffenden Stationspunkt gesetzt wird. Ein am Schenkel des Transporteurs befindlicher Maßstab ist so angebracht, daß nach Einstellung des abgelesenen Winkels einer Beobachtung auch gleich die in Frage kommende Länge mit einer Nadel abgestochen werden kann. Bei dieser Gelegenheit will ich noch einmal auf die bedeutende Kontrollfähigkeit tachymetrischer Arbeiten zurückkommen. Um die einzelnen Beobachtungen einer Station mit dem Transporteur kartieren zu können, muß der magnetische Norden festgestellt werden, von welchem aus die einzelnen Beobachtungen aufgetragen werden. Da sich nun beim Berechnen oder Ausgleichen der Züge die Richtigkeit der Winkelablesungen bereits ergeben hat, so darf ja auch, wenn der Transporteur mit den entsprechenden Ableseungen auf die nächstliegenden Stationen eingestellt wird, der Nullpunkt des Transporteurs keine, oder nur geringe Abweichungen von den übrigen Einstellungen zeigen; sind diese zu groß und war der Transporteur richtig angelegt, so kann nur ein Fehler im Kartieren der Station liegen. Die geringen Abweichungen, welche sich beim Festlegen des Nullpunktes fast immer zeigen und gemittelt werden, sind zu winzig, um das Kartieren der einzelnen Beobachtungen ungünstig beeinflussen zu können. Um sich hierüber ein Bild zu machen, braucht man nur an der Peripherie des Transporteurs einen Grad abzustechen und diese Stiche mit dem Mittelpunkt desselben zu verbinden, so wird man finden, daß die beiden Linien schon auf ca. 45 m (1 : 5000) ineinander laufen. Da nun Abweichungen über einen halben Grad selten vorkommen, der Transporteur aber auf mindestens 10 Minuten scharf eingestellt werden kann, so muß es einleuchten, daß man mit dem Transporteur ebenso genau kartieren kann, wie mit

Zirkel und Maßstab. Durch das unbedingt notwendige Ermitteln des magnetischen Nordens wird nun einmal die Kartierung der Stationen nachgeprüft, und zum andern wird ein falsches Auftragen der einzelnen Beobachtungen in ihren Horizontalwinkeln für den Umfang der ganzen Station vermieden, da die Festlegung eines falschen Nullpunktes ausgeschlossen ist. Es können also auch hier nur einzelne Beobachtungen durch falsche Einstellung des Transporteurs unrichtig kartiert werden, ohne aber die nächsten Auftragungen in Mitleidenschaft zu ziehen, wie es beim falschen Kartieren von Hilfslinien-Konstruktionen bei Abshlags-Messungen leichter vorkommen kann. Schließlich möchte ich noch hinzufügen, daß das Kartenblatt nicht überflüssig zerstoßen wird, wie dies beim Kartieren von Abshlägen mit Zirkel und Maßstab nicht zu vermeiden ist.

6. Die Anwendung der Tachymetrie bedingt eine ganz bedeutende Kosten- und Zeiterparnis, welche in einem viel günstigeren Verhältnisse zur erzielten Genauigkeit der Aufnahme steht, wie bei irgend einem anderen Verfahren.

Die Billigkeit wird zunächst bedingt durch die große Einfachheit, welche entgegen allen anderen Aufnahme-Methoden die Tachymetrie ganz besonders auszeichnet; daß aber jene Eigenschaft wirklich besteht, ist wohl genügend durch meine obigen Ausführungen festgestellt worden. Um sich ferner über die Zeit, mithin auch Kostenersparnis recht klar zu werden, darf man sich nur die Tatsache vergegenwärtigen, daß soweit der Tachymeter bei einer Aufnahme in Anwendung kommt, keine einzige Länge mit dem Bande oder den Latzen gemessen zu werden braucht. Fluchtstäbe, Lote, Meßband, Meterlatten, Winkelspiegel zc. und folglich auch alle zeitraubenden Hantierungen mit diesen Gerätschaften werden durch die Tachymetrie entbehrlich. Hierzu kommt als weiteres ausschlaggebendes Moment, daß zum Tachymetrieren 2—3 Arbeiter vollkommen genügen, während zur Ausführung von Abshlagsmessungen doch 4 Mann unbedingt erforderlich sind, wenn die Arbeiten erfreuliche Fortschritte machen sollen. Der Tachymeter, ein solide gebautes Instrument, verursacht, wenn die Behandlung eine sachgemäße ist, für viele, viele Jahre keine Reparaturkosten, welche beim Gebrauch der bisher üblichen Meßgerätschaften allzu oft notwendig werden, wodurch die höheren Anschaffungskosten für das Instrument allein schon bald ausgeglichen werden. Nach meinen eigenen Erfahrungen betragen die Kosten für eine tachymetrische Aufnahme kaum die Hälfte von dem, was dieselbe Aufnahme durch Längen- und Abshlagsmessungen gekostet haben würde. Die sonstigen Umstände, welche die Tachymetrie wohl auch als das billigste Aufnahme-Verfahren auszeichnen,

brauche ich nicht näher zu erörtern, da sich dieselben aus meinen bisherigen Ausführungen von selbst ergeben.

Abchnitt 3.

Die Genauigkeit tachymetrischer Messungen.

Ich komme nun zu der höchst wichtigen Frage: „Welchen Anspruch auf absolute Genauigkeit können tachymetrische Längenmessungen machen?“

Leider ist es mir, entgegen meiner ursprünglichen Absicht, nicht möglich, diese Frage in so ausführlicher Weise zu beantworten, wie es der Wichtigkeit angepaßt, wohl eigentlich hätte geschehen müssen, da mir der entsprechende Raum in diesem Blatte nicht zur Verfügung gestellt werden konnte; andrerseits würden aber wohl auch die vielen Tabellen und Zusammenstellungen bei manchem der geehrten Leser nicht soviel Interesse erweckt haben, wie nötig wäre, um die sich aus jenen ergebenden Resultate mit dem erforderlichen Verständnis nachzuprüfen. Ich will mich daher mit der Veröffentlichung der Resultate meiner Untersuchungen begnügen, aber an dieser Stelle nicht versäumen darauf hinzuweisen, daß dem Materiale, welches meinen Untersuchungen diente, ein ganz besonderer Wert deshalb beizulegen ist, weil dasselbe ausschließlich in der Praxis gesammelt wurde und die gewonnenen Resultate das Produkt aus Vergleichen zwischen doppelten, äußerst exact ausgeführten Latten- resp. Band- und Tachymeter-Messungen sind, wie diese in der Praxis unter dem Einflusse verschiedener Witterungsverhältnisse durch zwei verschiedene Methoden unter leichten, mittleren und schwierigen Terrainverhältnissen eben nur ausgeführt werden können.

Ich habe nun zunächst doppelte, mit größtmöglicher Genauigkeit ausgeführte Lattenmessungen mit nachfolgenden Tachymetermessungen verglichen. Ich stellte 106 Längen von 70—170 m zusammen. Hierfür ergab die doppelte Lattenmessung eine Gesamtlänge von 12 353,12 m. Gegen diese Länge blieb die Gesamtsumme der Tachymetermessungen nur um 8,91 m zurück. Stellte ich von diesen 106 Längen die einzelnen Plus- und Minus-Differenzen der Tachymeterablefungen gegen die Lattenmessungen, welche letztere ich als unbedingt richtig annehmen will, zusammen, so ergab dies eine Differenz von 17,15 m. Es haben sich also auf einer Länge von rot: 12 350 m nur $(17,15 - 8,91) = 8,24$ m gegenseitig aufgehoben. Für die einzelnen Längen berechnet, durfte nach der preussischen Vermessungsanweisung IX die geringst zulässige Differenz, also die für Gelände I, in Summa 24,05 m betragen. Die Ungenauigkeit der Tachymetermessungen blieb also demnach, die volle Differenz von 17,15 m in Anrechnung gebracht, hinter der geringst zulässigen Fehlergrenze immer

noch um ca. 29 % zurück. Hierzu muß ich aber noch bemerken, daß von diesen 106 Längen nur 26 die geringst zulässige Fehlergrenze überschritten, dahingegen diejenige für Gelände II und III keine einzige.

Um einen weiteren, noch handgreiflicheren Beweis für die, für Waldaufnahmen vollkommen genügende Genauigkeit tachymetrischer Längenmessungen zu liefern, habe ich 5 Haupttachymeterzüge nach Koordinaten berechnet und diesen Berechnungen einmal die Resultate einer doppelten Bandmessung und zum anderen die der Tachymeterablesungen zu Grunde gelegt. Die Züge hatten im ganzen eine Länge von rot: 5660 m. Es ergab nun die Koordinatenberechnung für die Werte der Kettenmessung einen linearen Fehler von 4,09 cm und für die der Tachymetermessung einen solchen von nur 3,21 cm pro 100 m. Der geringst zulässige lineare Fehler durfte aber 9,20 cm betragen. Also auch diese Prüfung lieferte nicht allein den Beweis, daß die tachymetrischen Ungenauigkeiten längst nicht die zulässigen Fehlergrenzen erreichen, sondern es zeigte sich ferner, daß Tachymetermessungen doppelte Bandmessungen sogar an Genauigkeit übertreffen können.

Um nun schließlich noch den Beweis zu erbringen, daß Tachymetermessungen selbst bei starkem Gefäll, sogar an Gehängen, wo Band- oder Lattenmessungen unmöglich sind, an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig lassen, berechnete ich noch 2 Tachymeterzüge von 437, resp. 389 m Länge, wovon der erstere 19 % und der letztere sogar 41 % Durchschnittsgefälle besitzt. Der erste Zug ergab einen linearen Fehler von 0,51 m und der zweite einen solchen von 0,52 m. Der erste Zug blieb um 0,01 m hinter der geringst zulässigen Fehlergrenze zurück, während der zweite mit seinen 41 % Gefäll diese nur um 0,04 m überschritt.

Um die Glaubwürdigkeit obiger Ergebnisse noch zu erhöhen, möchte ich darauf hinweisen, daß Joh. Friedrichs in seinem Werke vom Jahre 1881: „Der optische Distanzmesser“, S. 83, einen Durchschnitts-Fehler von 14 cm für den Tachymeter, und für dieselbe Messung, mit dem Bande ausgeführt, einen solchen von 21 cm pro 100 m angibt, während ich den Fehler für den Tachymeter im Vergleich zu den Lattenmessungen auf 13,88 cm ermittelt habe. Ferner stellte auch Friedrichs fest, daß Bandmessungen größere Fehler ergeben, wie Tachymetermessungen. Berücksichtigt man nun, daß die preussische Vermessungsanweisung IX vom 1. Oktober 1881, S. 21, für die günstigsten Verhältnisse eine Fehlergrenze von 21 cm und für die ungünstigsten 30 cm, also durchschnittlich 25 cm pro 100 m gestattet, so glaube ich mit vollem Recht die Behauptung aufstellen zu dürfen, daß Tachymetrische Längenmessungen für die Waldaufnahmen vollkommen genügen, mithin der

Tachymeter als ein Universalinstrument des Forstgeometers im vollsten Sinne des Wortes zu betrachten ist. Es sei mir daher, von obigem Standpunkte ausgehend, noch eine kurze Beschreibung der tachymetrischen Waldaufnahme gestattet.

Abchnitt 4.

Die tachymetrische Wald-Aufnahme.

In welcher Weise kann eine Waldaufnahme unter weitgehendster Benützung aller durch den Gebrauch des Tachymeters gebotenen Vorteile ausgeführt werden, ohne auch nur im geringsten die Genauigkeit der Aufnahme zu beeinflussen?

Um allen überflüssigen und nutzlosen Längen- und Abschlagsmessungen vorzubeugen, muß zunächst die Frage aufgeworfen werden, in welcher Weise die Berechnung der Gesamtfläche ausgeführt werden soll. Hält man hier an dem Prinzip fest, diese Flächenberechnung mit Hilfe der Original-Meßzahlen auszuführen, dann ist allerdings nicht allein eine Aufnahme der Außen-, sondern auch der Innen- resp. Blatt-Grenzen durch Längen- und Abschlagsmessung notwendig geworden; es kann dann nur die Innenaufnahme durch Tachymetrie erfolgen. Es wiegt aber die erzielte Genauigkeit der Flächenberechnung durch Originalzahlen nicht die bedeutenden Mehrkosten auf, welche durch die notwendig gewordene Aufnahme-Methode, sowie durch die Umständlichkeit der Flächenberechnung selbst verursacht werden. Es bleiben immer noch drei andere Verfahren, die Flächengröße zu ermitteln, übrig; einmal die Berechnung mit Zirkel und Maßstab, zweitens die Planimetrie und drittens die Ermittlung der Flächengröße durch die Zu- und Abgänge innerhalb der umschließenden Polygonzüge. Ist man mit zwei Ermittlungen nicht zufrieden, dann kann man immer noch zur dritten Methode greifen. Es würde jedoch so ein peinliches Verfahren über die Zwecke einer Waldaufnahme und über die im allgemeinen an die Forstkarten gestellten Anforderungen hinaus gehen, unabgesehen von den bedeutenden Mehrkosten des Aufnahme-Verfahrens, welches in der That, wenigstens für Forstkarten, weiter keinen Zweck hat, als wie eben die Berechnung der Gesamtfläche durch Originalzahlen zu ermöglichen. Da es sich aber nur um Forst- und nicht um Grundsteuer-Gemarkungskarten handelt, so wird man wohl nach obigen Gesichtspunkten von dieser Art der Flächenberechnung Abstand nehmen können, wodurch dann dem Gebrauche des Tachymeters der größte Spielraum geschaffen ist. Die Aufnahme eines Revieres, ob groß oder klein, läßt sich nun in folgender Weise korrekt ausführen.

Um dem ganzen Aufnahme-Systeme einen festen Halt zu geben, wird man in erster Linie, ähnlich wie bei den bisherigen Aufnahme-Methoden, sich die nötigen Triangulations-Punkte, falls solche nicht in genügender Zahl vorhanden sein sollten, legen, oder die bereits vorhandenen durch Einschleiben von sog. Beipunkten vermehren müssen. Es sind dies Vorarbeiten, die ja jeder Aufnahme vorausgehen müssen. Je mehr derartige Punkte benutzt werden können, desto sicherer sind Verschiebungen der ganzen Aufnahme-Grundlage ausgeschlossen. Namentlich hat man dafür Sorge zu tragen, daß die Polygonzüge, mit denen man später das ganze Revier umspannt, recht oft an trigonometrische Punkte angeschlossen werden können. Man kann nun mit dem Legen der Polygonzüge beginnen. Hierüber sind die Regeln, welche für diese Arbeit allgemein gelten, ebenfalls zu beachten, nur mit dem Unterschiede, daß man, vorausgesetzt, daß die Grenzen nicht mit Abschlägen aufgemessen werden sollen, nicht so an den Verlauf der Grenzen gebunden ist. Man muß nur darauf achten, daß sämtliche aufzunehmenden Grenzmale von den Stationspunkten aus gesehen werden können, wobei allerdings ferner darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß die Visuren nicht allzuweit, etwa 40 bis 50 m, genommen werden müssen, welches Maß bei der Aufnahme wichtigerer Punkte stets inne gehalten werden sollte. Da nun die äußersten Polygonzüge für die Aufnahme von ganz besonderer Bedeutung sind, weil ein großer Teil der zur Innenaufnahme notwendigen Tachymeterzüge von diesen abgehen, resp. an dieselben angeschlossen werden, so ist es ratsam, die Seiten der Polygonzüge doppelt und möglichst mit Latten zu messen; ebenso sind auch die Winkel mit entsprechender Sorgfalt zu beobachten. Diese mit größtmöglicher Genauigkeit ausgeführten Messungen üben einen günstigen Einfluß auf die gesamte Innenaufnahme aus; denn je geringer die Fehler sind, welche bei der späteren Koordinaten-Berechnung zum Vorschein kommen und ausgeglichen werden müssen, desto günstigere Resultate werden auch selbstverständlich die inneren Tachymeterzüge bei ihrer Berechnung resp. Winkelausgleichung ergeben. Man sollte diese Mehrausgabe, die im Verhältnisse zu ihrem Zweck immer noch gering ist, schon deshalb nicht scheuen, weil hier der einzigste Fall vorliegt, wo das Messen der Längen mit Latten zur Regel gemacht werden sollte. Es steht unumstößlich fest, daß je größer die Sorgfalt ist, welche dem Aufmessen dieser Polygonzüge gewidmet wird, desto genauer wird nicht allein die ganze innere Aufnahme, sondern desto überflüssiger werden auch alle inneren Längenmessungen mit Latten oder Meßband. Will man ganz sicher gehen, so kann man noch einen Polygonzug mitten durch das Revier legen und so eine Verbindung zwischen den Außenzügen herstellen.

Aber auch diese Vorsichtsmaßregel ist schon überflüssig und läßt sich durch Haupt-Tachymeterzüge, d. h. solche nach Koordinaten berechnete, aber nur mit dem Instrumente gemessene, ersetzen, wie man ja überhaupt verschiedene Züge lediglich der Sicherheit wegen rechnen wird; eine geringe Mühe, die sich bezahlt macht durch die größere Genauigkeit, welche man damit erzielt. Beim Legen der Grenz-Polygonzüge muß man ferner darauf achten, daß da, wo Wege, Bäche, Jagen- oder Distrikts-Linien zc. münden, die Polygonpunkte so gelegt werden, daß man bequem Tachymeterzüge zur Aufmessung des inneren Reviers dort abgehen oder anschließen lassen kann. Um die Stationen der äußeren, für die ganze Aufnahme so wichtigen Polygonzüge für spätere Nachmessungen dauernd zu sichern, ist es von Wichtigkeit, wenn man wenigstens den größten Teil derselben durch behauene Steine vermarktt. Um nun die Kosten hierfür möglichst zu beschränken, empfiehlt es sich, recht viele natürlich gegebene Fixpunkte, sowie Abteilungs- und Grenzsteine zu Stationspunkten zu wählen. Bei der Benutzung von Grenzsteinen wird man allerdings vorsichtig zu Werke gehen müssen und z. B. unscheinbare, nicht ganz feststehende, sowie solche, welche der Gefahr des Ausreißens oder Umfahrens ausgesetzt sind, vermeiden; vor allen Dingen diene es als Regel, daß jeder Abteilungsstein zu einer Polygon- resp. Tachymeterstation gemacht wird, zu welchem Zwecke, wie bei allen Fixpunkten, die Kopfmitte mit einem entsprechend tief einzumeißelnden Kreuze zu versehen ist. Die übrigen Polygonpunkte werden, wenn man zwischendurch nicht noch einige zu verfeinern für notwendig hält, durch Drainröhren, die mit einer Platte zu schließen sind, vermarktt. Um diese bald überwachsenen Punkte in späteren Jahren bei Bedarfsfällen leicht wieder finden zu können, und da anzunehmen ist, daß die beige-schlagenen Nummerpfähle doch mit der Zeit verschwinden werden, ist es sehr zweckmäßig, wenn nach Fertigstellung der Messungen die Stationen in entsprechender Weise überhügelt werden. Alle diese kleinen Mehrausgaben, welche man macht, um sich die Möglichkeit eines späteren Wiederfindens dieser wichtigen, stets ihren Wert behaltenden Polygonpunkte der Neumessung zu sichern, machen sich schon bei den nächsten Nachmessungen, die durch Grenzveränderungen, Revisions-schätzungen zc. notwendig werden, bezahlt; abgesehen davon, daß doch derartige Messungen in Revieren periodisch, also ständig wiederkehren.

Hat man so die Grundlage zu einer korrekten Vermessung der Reviergrenzen geschaffen, dann wird man an diese anbindend die Tachymeterzüge, welche zur Aufnahme des Inneren dienen sollen, stationieren. Beim Legen der Tachymeterzüge braucht man nun auf die Möglichkeit einer nachfolgenden Längenmessung gar keine Rücksicht mehr zu nehmen. Die zwei

Regeln, von einer Station zur andern gut sehen und von jedem Stationspunkte aus recht viele an die Beobachtungspunkte der vorigen Station anschließende Details aufnehmen zu können, bilden beim Stationieren von Tachymeterzügen fast allein die leitenden Motive. Selbstverständlich wird man allzugroße Krümmungen und zu große Längenunterschiede innerhalb der Station ebenfalls vermeiden; diese Vorsicht ist aber auch nur dort am Platze, wo es sich um wichtigere Züge handelt. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, wenn man beim Stationieren der Tachymeterzüge für die Innenaufnahme auch systematisch vorgeht, und zunächst die Haupt- und dann erst die Nebenzüge stationiert. Zu den Hauptzügen gehören vor allen diejenigen, welche zur Aufnahme besonders wichtiger Details dienen. Zu diesen gehören die Jagen-, Distrikts- oder Blattgrenzen; ferner die durch das Revier führenden Chaussees, Kommunalwege und größeren Gewässer, die im Reviere liegenden fremden Grundstücke, Pachtflächen, Dienstgehöfte und -Ländereien zc. Gleichzeitig muß ich bemerken, daß auch hierbei alle vorhandenen Jagen- oder Distriktssteine, sofern sie nicht schon Polygonpunkte bilden, als Stationen solcher Hauptzüge, die später sämtlich wegen ihrer Wichtigkeit nach Koordinaten zu berechnen sind, benutzt werden müssen. Ist man mit dieser Arbeit fertig, dann erst legt man die Nebenzüge, um mit diesen die nun noch übrig gebliebenen weniger wichtigen Details, zu denen die Holzabfuhrwege, Saat- und Pflanzkämpfe, kleine Bäche, Fußsteige, Klippenpartien, unnutzbare Flächen eventl. auch Bestandesverschiedenheiten und sonstige Einzelheiten gehören, aufnehmen zu können. Mit der Aufnahme solcher weniger wichtiger Details, deren Einmessungen mit dem Tachymeter so überaus geringe Mühen und Kosten verursachen, geize man ja nicht. Wie ich ja bereits erörtert habe, erhöhen solche Einzelheiten den Wert, gerade einer Forstkarte, unter Umständen ganz bedeutend, unabgesehen davon, daß die Karte an und für sich schon einen vollkommeneren Eindruck macht. Man schenke sich daher auch in Gebirgsrevieren nicht die geringe Mühe, welche die Aufnahme eines scharf markierten Rückenzeuges oder Taleinschnittes verursacht. Hunderte von Metern solcher markierter Linien lassen sich, wenn die Beschaffenheit des z. Bt. stochenden Bestandes es nicht direkt verhindert, in wenigen Stunden aufnehmen. Solche geringe Mühen können im Laufe der Zeit oft unerwartete, wenn auch vielleicht nur kleine Vorteile mit sich bringen, aber jedenfalls nie schaden. Die Nebenzüge brauchen nur in ihren Winkeln ausgeglichen und mit dem Transporteur aufgetragen zu werden; es kommt also auf einen Zug mehr oder weniger gar nicht an, da sie nur wenig Unkosten und Zeitaufwand verursachen. Was das Vermarken der Tachymeterstationen anbelangt, so genügt das Ein-

schlagen von starken Sohlenpfählen, deren flache Köpfe vor dem Aufstellen der Latte mit einem deutlichen Bleistiftkreuze versehen werden. Zu jedem Sohlenpfahle wird ein Beispfahl geschlagen, der zur Aufnahme der Nummer angeschalmt wird. Für den Fall, daß der Beispfahl von unberufener Hand ausgerissen wird, ist es angebracht, an den nächststehenden Baum einen Schalm, der gleichzeitig die Richtung, wo die Station liegt, angibt, zu schlagen. Auch an diesen wird späterhin die Nummer geschrieben. Das Numerieren geschieht nicht zugeweiße, sondern erfolgt mit der Arbeit fortschreitend. Will man einzelne Details aufnehmen, die von geringer Bedeutung sind, aber von der nächstliegenden Station aus nicht beobachtet werden können, dann genügt oft das Vorschieben eines Punktes von einer geeignet liegenden Station aus. Da der Tachymeter mit Bouffoleneinstellung arbeitet, so ist ja auch für den freischwebenden Punkt durch die Rückwärtsvisur zur Anschlußstation, eine Kontrolle für die Winkelablese vorhanden. Will man aber ganz sicher gehen, so wird es wohl in den meisten Fällen gelingen, ein Dreieck anzuschließen. Ist das ganze Revier so stationiert, dann ist es zur Aufnahme fertig.

Man wird nun zunächst mit den Längen- und Winkelmessungen der das Revier umschließenden Polygonzüge beginnen und diese Arbeit in üblicher Weise sowie aus oben erklärten Gründen mit größtmöglicher Peinlichkeit ausführen. Die Längen sollten zweimal mit Latten gemessen werden, ebenso sind die Winkel auf den Stationen, wo Winkelanschlüsse liegen, je nach ihrer Wichtigkeit, mit 2 oder 3 Doppelsägen zu beobachten. Die Winkelmessungen können, falls ein Tachymeter mit genügend genauer Einteilung und womöglich mit Repetition zur Verfügung steht, selbstverständlich auch mit diesem ausgeführt werden; man erspart sich dann das Mitnehmen eines Theodoliten. Nach Beendigung dieser Arbeiten setzt die Tachymetrie ein und kann nunmehr mit Hilfe derselben das ganze Revier von Anfang bis Ende ohne Bedenken aufgenommen werden. Damit beim späteren Kartieren der Außen- und Innengrenzen etwa vorgekommene Beobachtungsfehler, welche eigentlich ausgeschlossen sein sollten, wenn in der von mir auf Seite 12 beschriebenen Weise die Aufnahme der Grenzmale erfolgte, entdeckt werden, soll man es sich zum Prinzip machen, sämtliche Grenzlängen in möglichst zuverlässiger Weise mit dem Bande zu messen, wie dies ja auch bei den Abschlagsmessungen Usus ist. Durch die so erhaltenen direkten Grenzlängen läßt sich jedes eingemessene und kartierte Grenzzeichen sehr zuverlässig kontrollieren und man kann dann überzeugt sein, daß die Aufmessung der Grenzen auf tachymetrischem Wege genau so richtig geworden und kein Fehler unentdeckt geblieben

ist, wie dies durch die Methode der Abschlagsmessungen möglich gewesen wäre.

Auf das Arbeiten mit dem Tachymeter selbst will ich hier nicht näher eingehen; dasselbe ist ja auch, soweit es in den Rahmen dieser Abhandlung hineingehört und zur Erläuterung derselben notwendig war, z. T. beschrieben und auch auf Skizze II veranschaulicht worden. Nur kurz will ich noch bemerken, daß die ganze Methode des Tachymetrierens darin besteht, daß von allen Details, wie sie vorkommen und aufgenommen werden sollen, von dem Standpunkte des Instrumentes aus Ablefungen in der Weise gemacht werden, wie der Auszug aus dem Tachymetermanuale in seinen Spalten 2—4 als Beispiel für den Polygonpunkt 2 der Skizze II veranschaulicht. Um diese Ablefungen machen zu können, stellt der Lattenträger auf dem betreffenden Punkte, mit der Front nach dem Instrumente, seine Tachymeterlatte, welche wie eine Nivellierlatte mit einer Libelle versehen ist, senkrecht auf und wartet, bis er wieder abgerufen wird. Die einzelnen Beobachtungen werden fortlaufend numeriert resp. kurz bezeichnet (s. Spalte 1 d. Auszuges) und mit den dazu gehörigen Ablefungen im Manuale eingetragen. Der Geometer skizziert die ungefähre Lage jedes einzelnen Beobachtungspunktes und bezeichnet ihn mit der durch das Manual erhaltenen Nummer (s. Skizze II.)

Zum Schluß will ich nicht versäumen, noch darauf hinzuweisen, daß die Vorteile, welche der Tachymeter durch seine Verwendung bei Waldaufnahmen gewährt, nicht allein bei Messungen im großen Stile zum Ausdruck gelangen, sondern die von mir eingehend geschilderten Vorzüge zeigen sich überhaupt bei allen, durch eine geregelte Forstwirtschaft so oft notwendig werdenden geometrischen Arbeiten, mag es sich um Neumessungen, Messungen bei Taxationen, Revisionschätzungen, Grenzregulierungen, Wegenehlegungen, Wegebauten, Drainierungen zc. handeln.

Ich übergebe diese Arbeit der Öffentlichkeit in der Hoffnung, daß dieselbe dazu beitragen möge, die Tachymetrie, welcher ohne Frage speziell in der Forst-Geodäsie eine Zukunft blüht, einer weitgehendsten Verwendung baldigst entgegenzuführen und aus Interesse zur Sache betrachte ich es als eine besondere Genugtuung und darf es als einen großen Fortschritt bezeichnen, wenn ich an dieser Stelle schon jetzt darauf hinweisen darf, daß in Preußen von zuständiger Seite aus darauf hingewirkt wird, die Tachymetrie in allernächster Zeit in ausgedehntester Weise bei umfangreichen Forstvermessungen in Anwendung zu bringen, und habe ich das feste Vertrauen, daß auch in diesem großen Vermessungsbetriebe die von mir hervorgehobenen Eigenschaften des Tachymeters volle Bestätigung finden werden.