

KORT FRAMSTÄLLNING

AF

FOTOGRAMMETRIENS ANVÄNDNING  
I SVERIGE

AF

AXEL HAMBERG

---

*(AFTRYCK UR FOTOGRAFISK TIDSKRIFT FÖR NOVEMBER OCH DECEMBER 1902.)*

---



STOCKHOLM 1902  
HASSE W. TULLBERGS BOKTRYCKERI

## KORT FRAMSTÄLLNING AF FOTOGRAMMETRIENS ANVÄNDNING I SVERIGE.

AF AXEL HAMBERG.

TILL Fotografiska föreningen anlände i början af detta år från en utländsk vetenskapsman en skrifvelse med begäran om upplysningar angående fotogrammetriens användning i vårt land, speciellt de resultat, som med denna mätningemetod här erhållits och de instrument, som därvid begagnats. Denna skrifvelse remitterades till författaren, af dessa rader, som besvarade den i en på tyska affattad uppsats, hvilken på grund af det intresse den för historien om fotogrammetriens användning i Sverige torde hafva härnedan med få ändringar och tillägg i svensk öfversättning meddelas.

De i vårt land utförda fotogrammetriska arbetena kunna lämpligen hänföras till trenne hufvudgrupper:

- 1) fototopografi,
- 2) fotogrammetrisk molnmätning,
- 3) fotogrammetrisk arkitekturmätning.

### I. FOTOTOPOGRAFI.

Redan för femtio år sedan började man i Frankrike betjäna sig af fotografien som hjälpmedel vid fältmätningar, men ganska sent vann detta efterföljd i Sverige. Den förste svensk, som använde fotogrammetrien för topografiska ändamål, var professor, dåvarande statsgeologen, friherre G. de Geer. Men detta skedde icke här i Sverige utan på en geologisk expedition, som han tillsammans med professor A. G. Nathorst år 1882 företog till Spetsbergen. Fotogrammetrien användes därvid af de Geer hufvudsakligen för kartläggande af glaciärer. Det goda resultat, som dessa och några senare af honom i Sverige anställda försök gåfvo, föranledde de Geer att arbeta för fotogrammetriens utbredning i vårt land, och man torde utan öfverdrift kunna säga, att den användning, som detta slags fotografikonst här funnit för topografiska arbeten, är till största delen en följd af de Geer's sträfvanden.

De Geer's fotogrammetriska metoder hafva alltid varit mycket enkla. Han har uteslutande begagnat vanliga bälgkameror, hvilka han försett med märken för horisontallinien och hufvudvertikalen och äfven förbättrat i andra hänseenden. Vid fotograferingen placerade han kameran på ett måtbord och visirskifvans vertikalställning åstadkoms genom måtbordets horisontermekanism. Konnektioner mellan två på hvarandra följande fotografier af ett fotogrammetriskt panorama utfördes i allmänhet med tillhjälp af några gemensamma detaljer. Då de Geer dessutom nästan alltid i sammanhang med de fotogrammetriska arbetena utfört måtbords- och teodolitmätningar, så blefvo därigenom icke blott stationerna förbundna med hvarandra, utan äfven konnektionen underlättad och en god kontroll på höjdmätningarna vunnit.

Bland de Geer's fotogrammetriska arbeten må särskildt nämnas hans 1896 utförda kartläggning af Isfjorden<sup>1</sup>, hans kartarbeten vid Storfjorden 1899<sup>2</sup> samt hans i större skala öfver ett antal glaciärer på Spetsbergen upprättade kartor<sup>3</sup>. Några af dessa förevisades på den 7:de internationella geografkongressen i Berlin år 1899<sup>4</sup>.

I början af 1890-talet blef den fotogrammetriska mätningkonsten småningom allt mera känd här i landet. De viktigaste momenten därvid torde hafva varit följande. I december 1890 höll de Geer i Geologiska föreningen<sup>5</sup> ett föredrag om upprättandet af kartor enligt mätningar på fotografiplåtar, tagna med vanliga reseapparater. Efter föredraget yttrade sig professorn vid Generalstabens topografiska afdelning P. G. Rosén fördelaktigt om fotogrammetriens användbarhet för kartläggningen af våra fjälltrakter. Det följande året företog chefen för Generalstabens topografiska afdelning, öfversten frih. C. Lowisin, en resa i Italien och tog därvid kändedom om fotogrammetriens användning därstädes. Samma år hölls i Fotografiska föreningen vid dess novembersammanträde ett föredrag om fotogrammetri af kaptenen, dåvarande löjtnanten H. Kinberg<sup>6</sup>. Kort därpå utgaf löjtnant Kinberg äfven en uppsats om fotogrammetri<sup>7</sup>.

Under de följande åren började fotogrammetrien också att alltmera användas i vårt land.

Sommaren 1892 upprättade jag med tillhjälp af fotografier en liten kartskiss öfver en Spetsbergsglaciär<sup>8</sup>. Tre år därefter utförde jag en fotogrammetrisk kartläggning af fjällen omkring Sarektjokko i Lappland<sup>9</sup>. Kartan ritades i skalan 1:50000 och utgafs i skalan 1:100000. Dessa båda kartor äro inga mera betydande arbeten men torde af den anledningen vara af intresse, att de äro de första fotogrammetriska kartor, som i vårt land af trycket utkommit. År 1896 började jag ett stort fotogrammetriskt arbete öfver hela den högfjällsregion norr om Kvickjock i Lappland, som omgifver Sarektjokko och upptager en yta af cirka 2,000 kvadratkilometer<sup>10</sup>. Fältarbetet är nu (sept. 1902) färdigt och omfattar vid pass 1,300 fotografier samt en stor mängd triangelmätningar af andra och fjärde ordningen. — Till kartskissen af 1892 användes en Eastmans kodak. Lapplandsarbetena äro dels utförda med den längre fram beskrifna kameran, dels äfven med en äldre modell af liknande typ.

Ej långt från mitt arbetsfält har somrarne 1897 och 1898 äfvenledes utförts en fotogrammetrisk kartläggning, nämligen i trakten af Sulitälma genom docenten J. Westman i Uppsala. För detta arbete användes en af de i det följande omtalade fotogrammetriska teodoliterna, med hvilka molnmätningar i Uppsala blifvit utförda. Kartan utgafs i skalan 1:50000<sup>11</sup>.

Såsom ofvan omnämndt hade de ledande männen vid Generalstabens topografiska afdelning, öfverste Lowisin och professor Rosén, redan tidigt

<sup>1</sup> Ymer 1896, sid. 261.

<sup>2</sup> Ymer 1900, sid. 294—296.

<sup>3</sup> Geol. Fören. Förh. 19 (1897), sid. 185.

<sup>4</sup> Verhandl. d. VII Internat. Geogr. Kongress in Berlin 1899, sid. 299.

<sup>5</sup> Geol. Fören. Förh. 12 (1890), sid. 564.

<sup>6</sup> Fotografisk Tidskrift 1891, sid. 199.

<sup>7</sup> Tidskrift i Fortifikation 1891, sid. 197.

<sup>8</sup> Ymer 1894, tafl. 1.

<sup>9</sup> Turistföreningens årsskrift 1896.

<sup>10</sup> Se Ymer 1901, sid. 145.

<sup>11</sup> Bull. of the Geological Institution of the University of Upsala. Vol. 4 (1898), sid. 45.

haft sin uppmärksamhet fäst på fotogrammetriens användbarhet i våra bergstrakter. Kapten N. C. Ringertz erhöi i uppdrag att för generalstabens räkning utföra försöksmätningar med denna metod i de bergiga delarne af Jämtland sommaren 1898 och studerade därför under de Geer's ledning hösten 1897 fotogrammetri vid Stockholms Högskolas geologiska institut. Den fotogrammetriska kamera, som användes, var af min konstruktion, dock af en något äldre modell än den nedan beskrifna. Området i fråga består af såväl stora skogar jämte sjöar och floder, som af nakna berg, men blott för de sistnämnda användes den fotogrammetriska metoden. Resultatet föreligger redan i tre blad (Åre nordväst, Åre sydväst och Åre södra mellersta) i skaln 1:50000 (format 50×56 cm.), å hvilka rätt stora arealer hafva konstruerats på fotogrammetrisk väg. Försöken hafva emellertid icke lämnat något ekonomiskt gynnsamt resultat och komma därför sannolikt att fortsättas blott för ett blad till (Syltopparne). Terrängen i de ännu icke kartlagda delarna af vårt land är äfven i allmänhet för flack för att riktigt lämpa sig för det fotogrammetriska förfarandet.

Betydande äro äfven de fotogrammetriska arbeten, som utförts af den svenska afdelningen af den svensk-ryska expeditionen för uppmätande af en meridianbåge på Spetsbergen<sup>1</sup>. I färderna under somrarna 1899, 1900 och 1901 deltog kaptenen N. C. Ringertz som kartograf. För den svenska afdelningen var under förliden sommar (1901) professor G. de Geer chef. Såväl de Geer som Ringertz hafva under dessa resor flitigt begagnat sig af den fotogrammetriska metoden. Ofta synas de hafva använt densamma i kombination med grafiska fältmätningar och i synnerhet för att efter sin hemkomst kunna konstruera höjdkurvorna. Dessa kartografiska arbeten äro mycket omfattande och vi torde under de närmaste åren hafva att vänta oss af de Geer och Ringertz bland annat en stor karta öfver Hinlopen Strait med alla dess fjordar, vidare kartor öfver Kings bay, Smeerenburg, Fairhaven och några andra af Spetsbergens fjordar.

Som deltagare i professor A. G. Nathorst's expedition till Spetsbergsöarna 1898 har jämväl författaren därstädes utfört fotogrammetriska arbeten. Efter denna metod kartlades nämligen af mig Van Keulens bay och en stor del af Kung Karls ö<sup>2</sup>.

Den användning fototopografien erhållit i Sverige har äfven bidragit att i våra grannländer sprida kännedom om dess användbarhet. Särskildt har härvid de Geers verksamhet vid Stockholms Högskola varit af betydelse, ty där har under hans ledning äfven ett ganska stort antal normän och danskar satt sig in i denna särskildt i bergstrakter särdeles användbara kartläggningsmetod.

#### *Hamburgs fotogrammetriska mätbordskamera.*

För mina fotogrammetriska arbeten har jag under de senaste åren något modifierat de Geer's förfarande. Mätbordet har jag bibehållit och på detta ställes och flyttas kameran, men metoden är förbättrad hufvudsakligen däri-genom, att kameran är försedd med ställskrufvar och med tvänne vertikalt rörliga nålar, hvilkas förbindelselinje kan injusteras till parallellitet med instrumentets optiska axel. Med ställskrufvarne kan kameran horisonteras oberoende af mätbordet, medelst sättålarne kan dess optiska axel inställas

<sup>1</sup> Jämför Rapporten till kongl. kommitén för gradmätning på Spetsbergen öfver den svenska gradmätningsexpeditionens arbeten 1899—1900 samt 1901.

<sup>2</sup> Ymer 1899, tafl. 1.

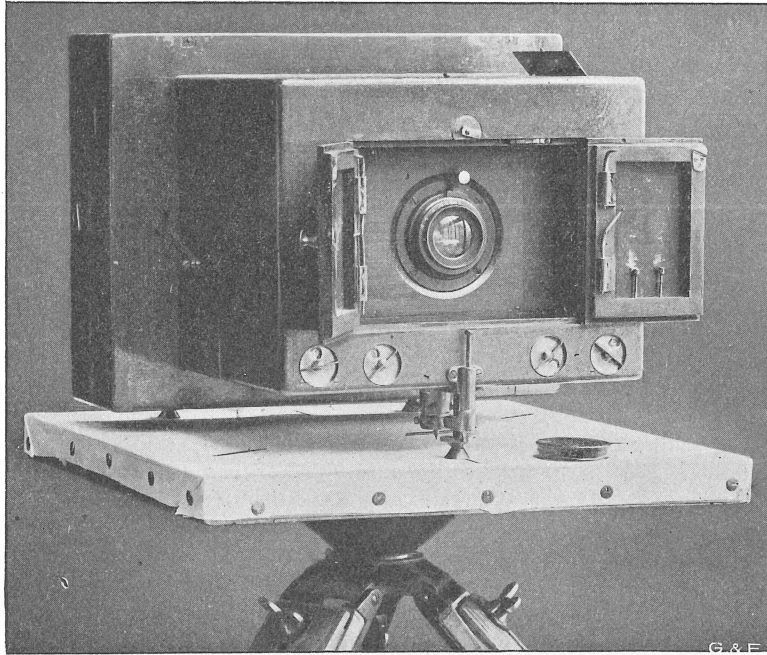


Fig. 1. Hambergs fotogrammetriska mätbordskamera, sedd framifrån.

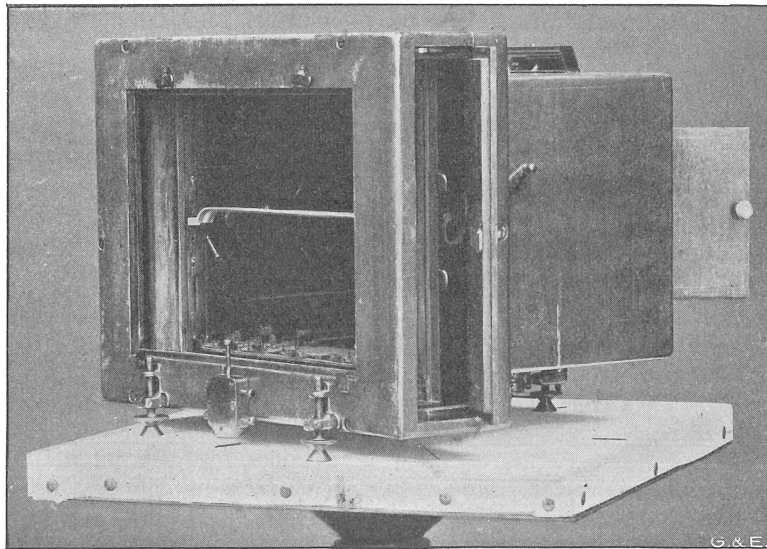


Fig. 2. Samma kamera, sedd snedt bakifrån, bakluckan borttagen.

parallellt med en på mätbordet uppdragen linje. För att icke ställskrufvarne skola skada mätbordet äro de försedda med rörliga plattor, som hänga fast vid dem<sup>1</sup>.

Ställskrufvarne och sättnålarne kunna naturligen appliceras på redan befintliga kameror, men i de fall metoden hittills kommit till användning har för densamma kamerorna särskildt tillverkats. 1898 gjordes åt Generalstaben och den Nathorst'ska polarexpeditionen hvar sin kamera. Som dessai

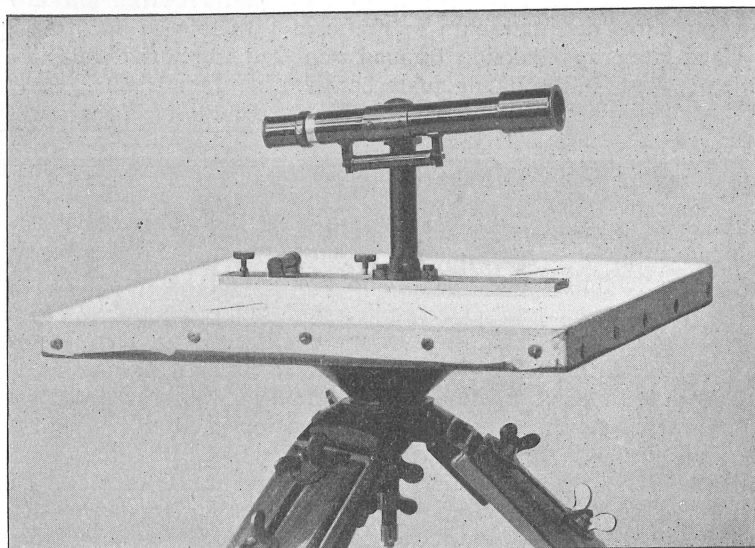


Fig. 3. Mätbordets orientering medels tublinjalen.

vissa afseenden voro mindre lyckade, konstruerade jag det följande året för mina kartläggningsarbeten i Lappland enligt i hufvudsak samma principer, men med väsentliga förbättringar en ny kamera, hvilken torde kunna tillfredsställa äfven rätt långt gående anspråk. Den tillverkades, liksom de båda föregående, af Numa Petersons Handels- och Fabriksaktiebolag och är afbildad på fig. 1 och 2.

Kameran byggdes för en Voigtländer's Collinear N:o 3 a, Serien III, med irisbländare och Archimedesskruf för inställning på olika afstånd. Som sålunda bälgutdrag var obehöfligt, kunde kameran erhålla formen af en fast låda. Denna sammansattes af träramar och aluminiumskifvor. Dess främre del är såsom af bild 1 synes smalare och lägre än den bakre, i hvilken kassetterna införas. Dessa äro afsedda för formatet 18 × 24 cm. Kassetterna äro, sedan de införts i kameran, — såsom på åtskilliga andra fotogrammetriska kameror — något rörliga i objektivaxelns riktning. Rörelsen åstadkommes här genom framåt verkande stålfjädrar och tvänne vridbara, bakåt verkande excentrar. Så snart kassetlocket borttagits, kan genom denna anordning den i kassetten liggande plåten framtryckas mot en i bildytans plan befintlig mes-

<sup>1</sup> Numera använder äfven de Geer under vanliga bälgkameror liknande ställskrufvar. Dessa äro dock ej försedda med rörliga plattor utan endast afrundade för att ej skada mätbordet.

singsram, i hvilken justerbara märken för horisontallinjen och de genom den optiska axeln gående vertikalerne äro fästade. Vid exponeringen bli plåtarna genom utifrån inställbara siffror nummerade.

På kamerans öfre sida äro tvänne rörvattenpass infällda, det ena parallellt med den optiska axeln, det andra vinkelrätt mot det första. Är kameran riktigt justerad, så skola, när vattenpassens blåsor spela in, metallramens horisontalmärken befinna sig i objektivets horisontalplan och ramens vertikalmärken i det genom den optiska axeln gående vertikallplanet. Detta kan lätt kontrolleras medelst tvänne aluminiumbyglar, i hvilka hår äro spända, som ligga an mot de justerbara märkena, när bygeln är införd i kameran. Bilden 2 visar kamerans baksida öppnad och den för horisontallinjen afsedda bygeln inlagd med håret på de justerbara horisontalmärkena. En liknande anordning har jag sett tillämpad på Hübl's mätbordsfotogrammeter, ett instrument, som för öfrigt är mycket olika det af mig konstruerade. Bland annat har det till skillnad från detta mätbordet placeradt ofvanpå kameran i stället för under.

Förhållandet mellan objektivets brännvidd och plåtstorleken är sådant, att plåtens horisontallinje omfattar något mera än  $60^\circ$ . För att erhålla intill hvarandra passande bilder i ett panorama bör kamerans uppställning därför lämpligen ändras med  $60^\circ$  för hvarje plåt. Som kamerans optiska axel medelst de justerbara sättnålarna kan inställas parallellt med en på mätbordet uppdragen rät linje erfordras för dessa vridningar om  $60^\circ$  trenne på mätbordet uppdragna räta linjer, hvilka bilda denna vinkel med hvarandra. Dessa kunna lätt konstrueras enligt Euclides' första proposition med tillhjälp af en cirkel.

Vill man använda mätbordet äfven för grafiska mätningar, är det fördelaktigast att icke uppdraga linjerna fullständigt, utan blott några centimeter af båda ändarna på ungefär samma afstånd från hvarandra som de vertikala rörliga nålarna.

Ett fotogrammetriskt panorama framställes på följande sätt. Sedan mätbordet blifvit uppställt och horisonteradt, vrides detsamma, tills den ena af de tre linjerna sammanfaller med horisontallinjen till en trigonometrisk signal eller en trigonometrisk bestämd bergspets. Detta är lätt att utföra med tillhjälp af en tublinjal, bild 3. Det kan äfven med någon tidsutdrägt verkställas medels den på en af linjerna uppställda kameran, om man insätter det vertikala håret, betraktar bildplanet med en i bakluckan (borttagen å bild 2) fästad lup samt vrider mätbordet, tills bilden af signalen sammanfaller med håret. Hvar och en af de två andra linjerna bildar nu med den så orienterade linjen  $60^\circ$ . Om man betänker, att hvarje linje representerar två hvarandra motsatta riktningar, äro i själfva verket å mätbordet uppdragna sex riktningar, hvilka bilda  $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$  etc. med orienteringsriktningen. Sedan mätbordet blifvit på detta sätt orienteradt, uppställes kameran med tillhjälp af nålarna i de sex riktningarna efter hvarandra och horisonteras hvarje gång noga medels ställskrufvarne och vattenpassen.

Använder man ett litet mätbord, som icke är mycket större än kamerans undersida, kan icke objektivets första hufvudpunkt ligga på stationspunktens vertikallinje, utan på en cirkel omkring densamma. Men det härigenom uppkomna felet kan lämnas ur räkningen vid fotogrammetriska arbeten för kartor i liten skala. Men gäller det mätningar i stor skala såsom vid kartläggning af byggnader, stenbrott o. s. v., måste hänsyn tagas härtill och ett något större mätbord användas, på det att vridningen skall kunna utföras omkring den första hufvudpunkten.

Vid denna metod är ett vanligt lätt mätbordsstativ till fylles, emedan man kan taga bort kameran och ställa den på marken eller väskan, när kassetterna skola bytas om. Att mätbordet är rätt orienterad, kan man alltid snabbt och bekvämt pröfva med tublinjalen. Denna kan äfven komma till användning för att finna stationens läge enligt Pothenot's problem.

Den af mig använda tublinjalen är för ändamålet särskildt tillverkad, hufvudsakligen för att den skulle bli möjligast lätt. Dess vikt uppgår ej fullt till 800 grm. För att orienteringen af mätbordet äfven vid starkt lutande tub skall blifva tillförlitlig, anbringades på linjalen ett litet vattenpass, parallellt med tubens vridningsaxel. Medelst detta och en strax bakom ståndaren befintlig skruf (se fig. 3) kan denna vridningsaxel bekvämt inställas i horisontalplanet äfven om mätbordet står något snedt eller är ojämnt. Det på tuben anbringade vattenpasset tjänar till att kontrollera kamerans längdvattenpass. För fininställningen af tubvattenpasset användes den i linjalens okularända anbringade skrufven. Denna tublinjal är förfärdigad af instrumentmakare Fr. J. Berg i Stockholm.

Kameran väger ensam 4,5 kg., men tillsammans med fodral, tublinjalen och andra tillbehör (dock utan kassetter) 9 kg. Hvarje kassett väger tom  $\frac{1}{2}$  kg.

## 2. FOTOGRAMMETRISKA MOLNMÄTNINGAR. (182)

Som den användning fotogrammetrien vunnit för utförande af molnmätningar står i närmaste samband med tidigare försök att på annat sätt mäta molnets höjd och hastighet, må här, innan vi öfvergå till det egentliga ämnet, följande af dr Nils Ekholm författade historik öfver molnmätningarne finna plats.

»Metoden att uppmäta molnets höjd och hastighet genom två i de båda ändpunkterna af en uppmätt linje placerade observatörer är mycket gammal. Redan Riccioli<sup>1</sup> förför på detta sätt, men hans iakttagelser afsågo blott det enklaste fallet, att molnet befann sig inom det genom observationslinjen gående vertikalkplanet. Men denna metod var behäftad med den svårigheten, att det i allmänhet var omöjligt för de två observatörerna att komma öfverens om ett bestämt ställe i ett moln. För den skull ändrade Kämtz<sup>2</sup> förfarandet på så sätt, att samma person utförde mätningen först å ena och sedan å andra ändpunkten af observationslinjen. Denna uppgift sökte Pouillet<sup>3</sup> lösa därigenom, att två iakttagare, sammanträffande på midten af observationslinjen, enade sig om valet af den molnpunkt, som skulle mätas, och därefter så snabbt som möjligt begåfvo sig till teodoliterna för att på samma gång uppteckna höjd och azimut. Det är tydligt, att äfven denna metod är bristfällig, då molnen i allmänhet rätt fort ändra form.

»En väsentlig förbättring i denna metod möjliggjordes efter uppfinningen af telefonen. För de norrskenobservationer, som de af Weyprecht anordnade internationella polarstationerna 1881—1884 utförde, konstruerade H. Mohn särskilda teodoliter, som särdeles väl lämpade sig för molniakttagelser. Den under N. Ekholms ledning stående stationen vid Cap Thorsden på Spetsbergen medförde tre dylika teodoliter, hvilka alla tre uppställdes å stationen och förbundos genom telefonledning. Då de under vintern 1882—1883 utförde norrskenmätningarna visade, att det nästan alltid var möjligt för iakttagarne att komma öfverens om en bestämd norrskenpunkt, användes samma instru-

<sup>1</sup> E. Schmid, Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1860, sid. 666. Riccioli, *Almagestum novum* etc. Bononiæ 1651. Fol. I, sid 82.

<sup>2</sup> Schmid l. c. Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie Bd. 1, sid. 381, Leipzig 1831.

<sup>3</sup> Schmid l. c. Pouillet, *compt. rend.* 1840, 2 Semestre t. 11.



ment våren och sommaren 1883 för molnmätningar och detta med godt resultat. Observatörer voro, utom Ekholm, V. Carlheim-Gyllensköld och E. Solander samt den genom sina djärfva luftballongfärder sedermera så ryktbare S. A. Andréé. Dessa mätningar visade snart, att den af Riccioli införda inskränknigen att mäta allenast i teodoliternas gemensamma vertikal var oändamålsenlig, hvarefter observationerna utfördes i alla möjliga azimuter och företrädesvis på de största höjderna. Genom två eller flera efter hvarandra utförda mätningar af samma molnpunkt lyckades det också för observatörerna att mäta molnens rörelseriktning och hastighet med en noggrannhet, som dittills icke uppnåtts<sup>1</sup>.

»Efter expeditionens återkomst uppställdes med professor H. H. Hildebrandssons tillåtelse på det meteorologiska institutets bekostnad tvänne af de Mohn'ska teodoliterna i Uppsala, och under åren 1884—1888 utfördes med dessa af Ekholm och K. L. Hagström<sup>2</sup> en stor mängd (öfver 2,000) molnmätningar. Beräkningssättet förbättrades så till vida, att som den med största sannolikhet iakttagna molnpunkten antogs midtpunkten af kortaste afståndet mellan båda visirlinjerna, hvarigenom vanns, dels att de mindre noggranna iakttagelserna kunde upptäckas och uteslutas, dels att de goda observationerna gafvo de möjligast noggranna resultat.

»Redan tidigare hade försök blifvit med framgång gjorda att använda fotografien för molniakttagelser. Flera år förut lyckades det Henri Osti i Uppsala att med kolloidumförfarandet erhålla mycket vackra molnfotografier till och med af fjädermoln. Dessa hafva publicerats af Hildebrandsson<sup>3</sup>.

»Efter uppfinnandet af bromsilfvergelatinplåtarna började man vid meteorologiska observatoriet i Kew invid London använda dylika för fotografiska molnmätningar. Två kameror uppställdes på något afstånd från hvarandra och riktades mot zenit, och på detta sätt togos många afbildningar. Det visade sig likväl snart, att man för det mesta endast fick mycket otydliga bilder, isynnerhet af fjädermolnen, hvilka knappt blefvo synliga på plåtarna. Orsaken härtill ligger däri, att den blåa himmelen utöfvar på plåten nästan samma fotografiska verkan som de hvita molnen. Först sedan de ortokromatiska plåtarna uppfunnits, lyckades det att med användande af en med gult färgad, genomskinlig skifva, hvilken placerades framför objektivet, erhålla tydliga bilder af äfven de högsta och tunnaste moln. Sådana fotografier togos t. ex. af Ekholm sommaren 1889 i Upsala<sup>4</sup>.

»Så snart metoderna att mäta och fotografera moln blifvit pröfvade och fastställda, låg det nära till hands att använda desamma för internationella mätningar, hvilka samtidigt utfördes å många platser, för att därigenom föröka deras vetenskapliga värde. Förslag i denna riktning gjordes 1884 och 1885 af Ekholm och Hagström<sup>5</sup>. Hildebrandsson upptog och förordade denna

<sup>1</sup> Explorations internationales des regions polaires 1882—1883. Observations faites au Cap Thorsden, Spitzberg, par l'expédition suédoise publiées par l'Académie royale des sciences de Suède. Tome I:3, Météorologie par Nils Ekholm.

<sup>2</sup> Nils Ekholm et K. L. Hagström, Mesures des hauteurs et des mouvements des nuages. Nova Acta Soc. R. sc. Ups. Upsala 1885.

<sup>3</sup> Sur la Classification des nuages employée à l'observatoire météorologique d'Upsala par H. Hildebrandsson. Photographies de M. Henri Osti. Édition de 60 exemplaires publiée aux frais des fonds de la donation Letterstedt, Upsala 1879.

<sup>4</sup> H. H. Hildebrandsson, W. Köppen und G. Neumayer, Wolken-Atlas, Hamburg 1890.

<sup>5</sup> Ekholm et Hagström, Mesures des hauteurs et des mouvements etc. I. c. sid. 56. J. C. de Brito-Capello, H. Hildebrandsson et W. Clement Ley, Rapport au comité météorologique international, Lisbonne et Upsala le 18 août 1885, sid. 17—23, Rapport sur la méthode de mesurer les hauteurs et les mouvements des nuages, par N. Ekholm et K. H. Hagström.

tanke, i det han framställde följande förslag för den internationella meteorologiska kongressen i München 1891: 'Det föreslås, att mätningar af molnens rörelseriktning och höjd utföras efter jämförbara metoder under ett helt år på ett större antal orter först och främst inom nordatlantiska område<sup>1</sup>.

»Detta förslag antogs af kongressen, och de internationella mätningarna skulle äga rum under tidsperioden 1 Maj 1896—1 Maj 1897, ehuru arbetet på några stationer delvis utfördes på något olika tid».

Uti en för den permanenta internationella meteorologkomitéén framlagd skrift, i hvilken Hildebrandsson och Hagström<sup>1</sup> anställa jämförelser mellan de olika för molnmätning föreslagna metoderna, gifva de obetingadt företräde åt fotogrammetrien, hufvudsakligast af det skäl, att den tillåter ett lugnt jämförande och utväljande af de punkter på plåtarna, som skola bestämmas. Hildebrandsson använde två af vetenskapsakademiens instrumentmakare P. M. Sörensen här i Stockholm förfärdigade fotogrammetriska apparater af ungefär samma konstruktion som Koppe's fototeodolit<sup>2</sup>. Med dessa eller liknande instrument utfördes de internationella observationerna. Bland dessa må särskildt nämnas de för Sverige af A. E. Lundal och J. Westman<sup>3</sup> under det internationella molnåret 1 Maj 1896—1 Maj 1897 utförda mätningarna.

Rörande de lämpligaste beräkningsmetoderna för de fotogrammetriska molnmätningarna har mellan hrr Åkerblom och Ekholm egt rum ett meningsbyte, hvilket här må i korthet vidröras, då det belyser de svårigheter, som äro förknippade med dessa mätningar. Åkerblom hade fått i uppdrag att utarbeta en så vidt möjligt enkel och därjämte noggrann metod för beräkning af molnhöjden ur mätningar med de fotogrammetriska teodoliterna. Hans metod är i hufvudsak följande<sup>4</sup>:

Antag att  $x$  och  $y$  äro molnpunktens koordinater i det rätvinkliga koordinatsystem, som tjänar till plåtens uppmätande och hvars origo ligger i skärningspunkten med den optiska axeln. Med tillhjälp af en af Åkerblom upprättad tabell kunna dessa värden lätt öfverföras i motsvarande vinkelvärden  $x_1$  och  $y_1$ . Om den vid vertikalcirkeln aflästa höjdvinkeln är  $h$ , beräknar man då enligt formeln

$$(1) \quad \text{tang } a = \frac{\text{tang } x_1}{\cos (h+y_1)}$$

den vinkel  $a$ , hvilken man skall lägga till eller draga från den på horisontalcirkeln aflästa vinkeln för att finna molnpunktens azimut  $a_1$ , räknad från de båda stationernas baslinie. Molnpunktens totala höjdvinkel erhåller man genom formeln:

$$(2) \quad \sin h_1 = \cos x_1 \sin (h+y_1).$$

Molnpunktens horisontal- och vertikalvinklar från den ena stationen äro således  $a_1$  och  $h_1$ . Motsvarande vinklar  $a_2$  och  $h_2$  för den andra stationen erhållas på samma sätt.

För beräkning af molnpunktens höjd lägges genom den lägsta stationen origo till ett rätvinkligt koordinatsystem, hvars  $x$ -axel utgör basens

<sup>1</sup> H. H. Hildebrandsson et K. L. Hagström. Des principales méthodes employées pour observer et mesurer les nuages, Upsala 1893.

<sup>2</sup> C. Koppe, Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst. Weimar 1889, sid 26.

<sup>3</sup> A. E. Lundal et J. Westman, Mesures photogrammétriques des nuages 1896—1897 à Upsala. Upsala 1898.

<sup>4</sup> Ph. Åkerblom, Über die Anwendung der Photogrammeter zur Messung von Wolkenhöhen. Meteorologische Zeitschrift 1894, sid 219.

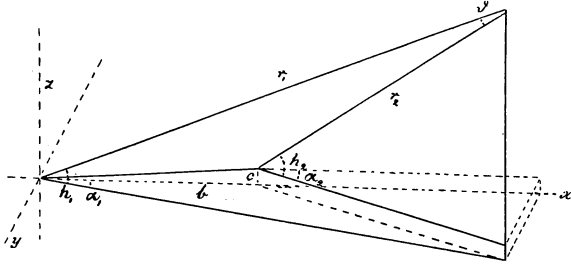


Fig. 4.

$a_2$ , hvilka räknas från den gemensamma vertikalcirkeln, beräknar man härnäst läget för molnpunktens horisontalprojektion i  $x$ - $y$ -planet enligt formlerna:

$$(3) \quad x = \frac{b \sin a_2 \cos a_1}{\sin (a_2 - a_1)} = b + \frac{b \sin a_1 \cos a_2}{\sin (a_2 - a_1)} \text{ och}$$

$$(4) \quad y = \frac{b \sin a_1 \sin a_2}{\sin (a_2 - a_1)}.$$

För beräkandet af den vertikala koordinaten  $z$  behöfs nu blott en höjd-vinkel  $h_1$  eller  $h_2$ . Men för att komma till ett noggrannare resultat, användas båda enligt formlerna:

$$(5) \quad z_1 = \frac{x}{\cos a_1} \tan h_1; \quad z_2 - c = \frac{x - b}{\cos a_2} \tan h_2$$

eller, om värdet af  $x$  införes,

$$z_1 = \frac{b \sin a_2 \tan h_1}{\sin (a_2 - a_1)}; \quad z_2 - c = \frac{b \sin a_1 \tan h_2}{\sin (a_2 - a_1)}.$$

Om vinkelaflysningarna och mätningarna på plåtarna vore felfria, skulle  $z_1$  och  $z_2$  vara lika, men då detta icke är fallet, blifva värdena af  $z_1$  och  $z_2$  olika. Det sannolikaste värdet antages vara aritmetiska mediet mellan de båda värdena. Resultatet af undersökningen blir således, att molnpunkten ifråga befinner sig på en höjd af

$$z = \frac{z_1 + z_2}{2}$$

öfver den lägsta stationen.

Åkerblom fäster uppmärksamheten därå, att denna räknemetod icke under alla förhållanden besitter tillräcklig noggrannhet. Man måste undvika iakttagelser, vid hvilka antingen höjderna äro för stora — ty ett litet fel vid bestämmandet af  $x$  på plåten åstadkommer då ett afsevärdt fel i azimutherna, emedan vertikalcirklarna hastigt konvergera i närheten af zenit — eller för små, emedan molnets lineära afstånd då är för stort. Man måste likaledes undvika att anställa observationer i närheten af den gemensamma vertikalen. För att ernå noggranna resultat, måste man därför inskränka mätningarna till de delar af himmelen, hvilka ligga på en höjd mellan  $20^\circ$  och  $50^\circ$  och äro åtminstone  $60^\circ$  aflägsna från den gemensamma vertikalen.

Nödvändigheten af denna inskränkning framgår lätt ur den här ofvan nämnda formeln. Om t. ex. höjdvinkeln  $h + \gamma_1 = 60^\circ$ , så blir dess cosinus  $1/2$ , ett fel i bestämmandet af  $x_1$  inverkar då enligt formeln (1) med sin dubbla

storlek på bestämmandet af tang  $a$ . Vid större höjdvinklar är denna inverkan ännu betydligare. Vid mätningar nära den gemensamma vertikalen bli formelerna oanvändbara, emedan bråken (3) och (4) då närma sig det obestämda uttrycket %.

Ekholm<sup>1</sup> påvisar i sina anmärkningar öfver Åkerbloms arbete, att blott den föreskriften, att observationer under 20° höjd böra undvikas, är riktig; de båda öfriga äro oriktiga. Den inskränkningen, att mätningar nära zenit böra undvikas, är i själfva verket ödesdiger, emedan den förbjuder begagnandet af de bästa tillfällena, isynnerhet vid bestämningen af de högsta molnen.

Gent emot dessa anmärkningar kan man emellertid invända, att om man en gång antager Åkerbloms beräkningsmetod, äro äfven hans föreskrifter riktiga. Däremot torde det icke vara ändamålsenligt att välja en sådan metod, som nödvändiggör dylika inskränkningar.

Den beräkningsmetod, som Ekholm föreslår, är i hufvudsak densamma, som han och Hagström<sup>2</sup> använde för de med den Mohn'ska molnteodoliten utförda mätningarna.

Antag att, från de båda stationerna sedt, molnpunktens azimuter äro  $a_1$  och  $a_2$  samt höjdvinklar  $h_1$  och  $h_2$ , basens horisontalprojektion  $b$  och höjdskillnaden mellan stationerna  $c$ . Antag vidare att  $l_1$ ,  $m_1$ ,  $n_1$  och  $l_2$ ,  $m_2$ ,  $n_2$  äro sinus för de vinklar, som visirlinjerna  $r_1$  och  $r_2$  bilda med koordinataxlarna,  $\vartheta$  parallaxen eller den vinkel, som de bilda med hvarandra.

Man erhåller då enligt bekanta formler i den sferiska trigonometrien:

$$(1) \quad \begin{array}{ll} l_1 = \cos h_1 \cos a_1 & l_2 = \cos h_2 \cos a_2 \\ m_1 = \cos h_1 \sin a_1 & m_2 = \cos h_2 \sin a_2 \\ n_1 = \sin h_1 & n_2 = \sin h_2 \end{array}$$

och

$$(2) \quad \cos \vartheta = \sin h_1 \sin h_2 + \cos h_1 \cos h_2 \cos (a_2 - a_1)$$

För längden af syftlinjerna  $r_1$  och  $r_2$  finner Ekholm följande uttryck:

$$(3) \quad \begin{cases} r_1 = \frac{b(l_1 - l_2 \cos \vartheta) + c(n_1 - n_2 \cos \vartheta)}{\sin^2 \vartheta} \\ r_2 = \frac{-b(l_2 - l_1 \cos \vartheta) - c(n_2 - n_1 \cos \vartheta)}{\sin^2 \vartheta} \end{cases}$$

Ur en diskussion af dessa formler framgår, att resultaten blifva desto noggrannare, ju närmare 90° vinkeln  $\vartheta$  är. Alltså gifva de zenitala observationerna de bästa resultaten. Azimuternas storlek utöfvar däremot intet inflytande på noggrannheten.

Dessa formler äro de noggrannaste och kunna särskildt rekommenderas för beräkning af hastigheten hos mycket höga moln. För de fall, då det icke behöfs så stor noggrannhet, har Ekholm uppställt följande enklare formler:

$$\begin{aligned} z &= \frac{b - c \cot h_2 \cos a_2}{\cot h_1 \cos a_1 - \cot h_2 \cos a_2} \\ x &= z \cot h_1 \cos a_1 = b + (z - c) \cot h_2 \cos a_2 \\ y &= z \cot h_1 \sin a_1 = (z - c) \cot h_2 \sin a_2 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Nils Ekholm, Einige Bemerkungen über die Anwendung der Photogrammetrie zur Messung von Wolkenhöhen. Meteorologische Zeitschr. 1894, sid. 377.

<sup>2</sup> 1. c.

Om molnpunkterna ligga tillräckligt långt från zenit, den gemensamma vertikalen och horisonten (se ofvan) och den största noggrannhet icke är af nöden, kunna, anser Ekholm, Åkerbloms formler mycket väl användas.

De svårigheter, hvilka äro förenade med användandet af teodoliter för molnmätningar, föranledde Ekholm att för detta ändamål föreslå instrument af samma typ som de astronomiska ekvatorealerna. Den första tanken i denna riktning var, såsom Ekholm påpekar, redan tidigare uttalad af fransmannen Lettry<sup>1</sup>. Ekholm<sup>2</sup> utvecklade närmare, huru mätningarne med en molnekvatoreal skulle utföras och beräknas. Sedan lämnade K. G. Olsson<sup>3</sup> de formler, hvilka böra användas för en ekvatoreal, som är försedd med fotografisk kamera. Två sådana instrument, hvilka vi alltså skulle kunna kalla fotogrammetriska molnekvatorealer, äro redan efter Ekholms anvisningar förfärdigade här i Stockholm af instrumentmakarne P. M. Sörensen och C. L. Holm, och skola sannolikt i närmaste framtid komma att användas till molnmätningar.

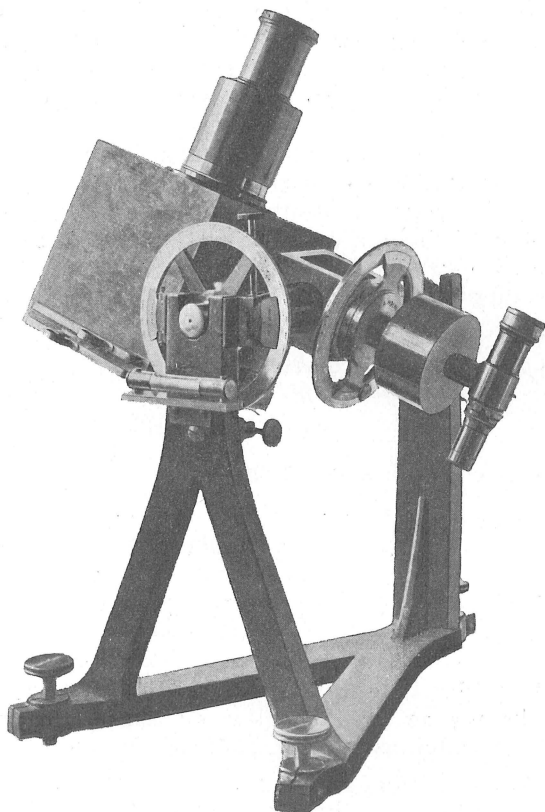


Fig. 5. Ekholms fotogrammetriska molnekvatoreal.

Om instrumenten skola användas för molnmätningar, uppställas de så, att deras hufvudaxlar ligga i baslinien. Detta kan utföras med tillhjälp af tuben.

Att med de så uppställda ekvatorealerna beräkningen af mätningarna blifver mycket enklare än med teodoliterna, är lätt att visa. Ty om t. ex.

<sup>1</sup> Lettry, Note sur une modification à la méthode de M. Nils Ekholm. *Annuaire de la société météorologique de France*, Tome XXXVI, 1888, sid. 163.

<sup>2</sup> Nils Ekholm. A new instrument for cloud measurements. *Quarterly Journ. of the R. Meteorological Society*. Vol. XIX, 1893, sid. 38.

<sup>3</sup> K. G. Olsson. On the calculation of photographic cloud measurements. *Quart. Journ. R. Meteor. Soc.* XX, 1894, sid. 187.

två observatörer på en gång inställa tuberna på en molnpunkt, så måste de båda syftlinierna ligga i samma plan som basen, om de orörliga axlarna verkligen befinna sig i baslinjen. De vinklar, som tubernas optiska axlar bilda med baslinjen, afläsa på de rörliga axlarnas cirklar, supplementet till dessa vinklars summa gifver oss parallaxen. I det ifrågavarande planet känna vi således vinklarna och en sida af en triangel och kunna följaktligen beräkna de öfriga sidorna, d. v. s. molnpunktens afstånd från stationerna. För att finna molnpunktens höjd, måste vi känna planets lutning. Är basen horisontal, afläsa vi denna lutning direkt på hufvudaxlarnas cirklar. Om observationerna voro samtidiga och tubernas inställning noggrann, måste dessa vinklar vara lika, äfven för det fall, att basen icke är horisontal.

En stor fördel af denna metod följer häraf såsom korollarium. Om de båda observatörerna inställa hufvudaxlarna på samma gradtal och inrikta de båda tuberna på en molnkant, så att båda de optiska axlarna verkligen samtidigt tangera kanten, så måste båda dessa axlar vara inställda på samma punkt. Samtidigheten, hvilken ju är nödvändig äfven vid mätningar med teodoliter, kan ernås med tillhjälp af telefoner eller ur. — Att samma fördelar äro förhånden äfvenledes vid användandet af fotogrammetriska ekvatorealer, är uppenbart.

Det lämpligaste sättet att beräkna läget af en på två fotografiska plåtar upptagen molnpunkt är, enligt de förut omnämnda afhandlingarna af N. Ekholm och K. G. Olsson, följande.

Antag, att  $x$  och  $y$  äro molnpunktens rätvinkliga koordinater på plåten. Om bildplanets afstånd från objektivets andra hufvudpunkt är lika med  $k$ , erhåller man medelst  $x$  hjälpvinkeln  $\varphi$  ur formeln

$$(1) \quad \text{tang } \varphi = \frac{x}{k}$$

Om kamerans vridning omkring hufvudaxeln, räknadt från det gemensamma vertikalkplanet, uppgår till vinkeln  $\delta_1$ , och vridningen omkring den rörliga axeln är  $\alpha_1$ , så finner man, enligt Olsson, vinkeln  $\delta_2$ , med hvilken  $\delta_1$  på grund af molnpunktens excentriska läge på plåten skall ökas eller minskas, genom formeln:

$$(2) \quad \text{tang } \delta_2 = \frac{y \cos \varphi}{k \sin (\alpha_1 + \varphi)}$$

Vinkeln  $\delta = \delta_1 + \delta_2$  blir därmed bestämd. Vinkeln  $\alpha$  eller hela bågen mellan molnpunkten och baslinjen erhåller man genom formeln

$$(3) \quad \text{tang } \alpha = \frac{\text{tang } (\alpha_1 + \varphi)}{\cos \delta_2}$$

Riktningen af den linje, som förbinder den ena stationen med den ifrågavarande molnpunkten, bestämes således genom de båda vinklarna  $\alpha$  och  $\delta$ . För den andra stationen finner man på samma sätt vinklarna  $\beta$  och  $\delta$ .

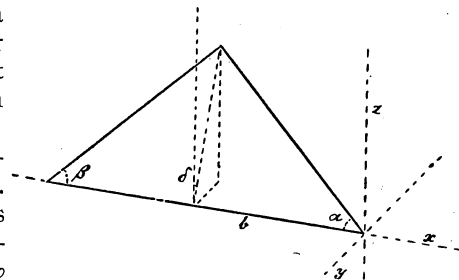


Fig. 6.

De båda  $\delta$  måste vara sinsemellan lika, om molnpunkten fotograferas samtidigt. Föreligger en liten differens, kan man taga det aritmetiska mediet mellan de båda värdena.

För att kunna beräkna molnpunktens läge i förhållande till de båda stationerna antaga vi först, att baslinjen är horisontal och har längden  $b$ . I den ena stationen lägges begynnelsepunkten för ett rätvinkligt koordinat-system, hvars  $x$ -axel är parallell med basen, hvars  $y$ -axel löper horisontalt och  $z$ -axel är vinkelrät mot  $xy$ -planet. Enligt Ekholm finner man för molnpunkten värdena  $x$ ,  $y$  och  $z$  genom formlerna:

$$(4) \quad \begin{aligned} x &= \frac{b \sin \beta \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = b - \frac{b \sin \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \\ y &= \frac{b \sin \alpha \sin \beta \sin \delta}{\sin(\alpha + \beta)} \\ z &= \frac{b \sin \alpha \sin \beta \cos \delta}{\sin(\alpha + \beta)} \end{aligned}$$

Om basen icke är horisontal, utan med horisontalplanet bildar vinkeln  $\gamma$ , måste för koordinaterna  $x$  och  $z$  korrigeringar införas för att få veta molnpunktens höjd och horisontala projektion. Genom dessa korrigeringar öfverföras värdena  $x$ ,  $y$  och  $z$  till  $x_1$ ,  $y_1$  och  $z_1$ , hvilka äro koordinater i ett system, hvars  $x$ -axel utgör baslinjens horisontala projektion. Värdena  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$  äro:

$$(5) \quad \begin{aligned} x_1 &= x \cos \gamma - z \sin \gamma \\ y_1 &= y \\ z_1 &= z \sin \gamma + x \cos \gamma \end{aligned}$$

Men det torde i allmänhet icke erbjuda någon större svårighet att finna en sådan uppställning för instrumenten, att basen blir tillräckligt horisontal. En höjdskillnad af en eller annan centimeter mellan båda stationerna skulle nämligen för molnmätningarna icke spela någon roll.

### 3. FOTOGRAMMETRISK ARKITEKTURFOTOGRAFERING.

Medan fotogrammetrien under de senaste tio åren kommit till betydande användning för topografiska ändamål och för molnmätningar, är detta icke fallet med hänsyn till arkitekturfotografering. Denna art af fotogrammetrisk mätningkonst har härstädes hittills icke funnit mer än en enda utöfvare. Denne är arkitekten R. S. Enblom, som för konstruktion af ritningar till Vadstena gamla slott och Alvastra klosterruiner använde fotografier och vinkelmätningar i st. f. direkta längdmätningar på de svårtillgängliga murarna. Ritningarna till Vadstena slott voro utställda å Konst- och Industrietställningen i Stockholm 1897.

Stockholm april 1902.

