Beiträge zur Geschichte der Triangulation von Java

Von

R. Montigel

Sonderabdruck aus Zeitschrift für Vermessungswesen Jahrg. 1933 Heft 15

AKAAN NASIONAL RI
V : -
116

Stuttgart 1933
Verlag von Konrad Wittwer.

21 hal. Rp.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

V -116

Beiträge zur Geschichte der Triangulation in Java

Von

R. Montigel

Sonderabdruck aus Zeitschrift für Vermessungswesen Jahrg. 1933 Heft 15

Stuttgart 1933

Verlag von Konrad Wittwer.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

KON. B.V. GEODETISCH BUREAU VAN K. EN W.

BIB id: 0010-65135760
Item id: 212469287

Als der berühmte niederländische Mathematiker Willebrord Snel van Roien, bekannt unter dem latinisierten Namen Snellius, im Jahre 1610 in Holland die erste Triangulation zum Zwecke einer Gradmessung zwischen Alkmaar und Bergen op Zoom ausführte, hatten seine kühnen und unternehmungslustigen Landsleute wenige Jahre vorher die „Ost-Indische Compagnie" gegründet. Es war dies eine private von der niederländischen Regierung mit großen Rechten und Monopolen ausgestattete Handelsgesellschaft, die die damals so kostbaren indischen Spezereien als Gewürznelken, Zimmt, Muskatnüsse, Gember, Pfeffer, sowie Zucker usw. aus den Inseln des Indischen Archipels, hauptsächlich den Molukken (östlich Celebes) nach den niederländischen Häfen brachte. Außer den wenigen Faktoreien, die die „Compagnie" an den wichtigsten Küstenplätzen Ostindiens errichtet hatte, waren die Sunda-Inseln in ethnographischer und topographischer Beziehung noch unerforschtes und unbekanntes Gebiet, und blieben es noch annähernd 200 Jahre lang.

Zwar reichen die ersten Anfänge der Kartographie des Ostindischen Archipels bis zu der Entdeckung desselben durch die Portugiesen im Jahre 1498 zurück. Durch Bartolomäus Laso waren in der Mitte des 16. Jahrhunderts Seekarten für die Fahrt nach Indien, China, Amerika und Australien entworfen; diese Karten wurden von dem Amsterdamer Petrus Plancius benützt zu einer Neubearbeitung der Weltkarte von Mercator (1587). Diese damals größte Weltkarte von Plancius erschien 1592 in Amsterdam und diente 3 Jahre später dem Begründer der Ostindischen Compagnie, Cornelius Houtmann zur Auffindung des Weges nach Ostindien, welcher durch die Portugiesen aus materiellen Gründen annähernd 100 Jahre lang geheim gehalten wurde. In kurzer Folge erschienen sodann weitere Karten des Archipels, Linschoten 1595, Lodewijk 1598, und andere. Die erste Ausgabe von Mercators Weltatlas 1606 enthielt bereits eine ziemlich genaue Wiedergabe der ostindischen Inseln. Durch den Holländer Hessel Gerritz wurden außer der neu entdeckten Küste von Neu-Holland (Australien) die in der Landesbibliothek in Berlin noch erhaltenen, auf Pergament gezeichneten Karten von Sumatra (1620), dem Ostindischen Archipel (1621) und dem indischen Ozean (1622) ausgegeben.

Etwa im Jahre 1660 stand das Kartenbild des Archipels fest, und zwar ziemlich genau für Java, Sumatra und Borneo; unvollständig dagegen für Celebes und die kleinen Sundainseln; von den östlichen Inseln, sowie Neu Guinea und Australien waren nur skizzenhafte Küstenlinien angegeben.

Im 17. und 18. Jahrhundert erschienen eine große Anzahl von Atlanten und Kartenwerken, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts besaß die Ostindische Compagnie eine ziemlich vollständige Kenntnis der Küsten des ganzen Archipels; das Innere der Inseln war jedoch beinahe völlig unbekannt, so daß von einer Topographie noch keine Rede sein konnte. Erst der

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Zusammenbruch der Compagnie im Jahre 1798 und die dadurch entstandenen politischen Wirren lenkten mehr Aufmerksamkeit auf diese Inseln. Vor allem waren es damals die Engländer, die schon lange darnach strebten, ihre Machtzone auf ganz Ostindien auszudehnen; sie benutzten den Zerfall der niederländischen Macht, und bemächtigten sich der meisten niederländischen Außenposten; 1809 Bandjermasin (Borneo); 1810 Molukkeninseln; 1811 Palembang (Sumatra). Auch fehlte es nicht an Versuchen, die Insel Java mit ihrem Hauptplatz Batavia zu erobern; schon im Jahre 1800 blockierte eine englische Flotte 3 Monate lang Batavia, und 1807 wurde die holländische Seemacht bei Soerabaja durch die Engländer vernichtet. Im Jahre 1808 erschien jedoch der niederländische Marschall Daendels mit einer erheblichen Kriegsmacht in Batavia und traf mit energischer Hand die Maßregeln gegen einen Angriff auf der Insel Java. Zu diesem Zwecke befahl er unter anderem auf die Herstellung einer Übersichtskarte der ganzen Insel, welche hauptsächlich Flüsse, Küste, Wege und Wälder enthalten sollte; außerdem genaue Detailkarten von den strategisch wichtigen Landschaften Batavia und Krawang. Die ersten sollte durch Pionieroffiziere von ihren verschiedenen Standplätzen aus aufgenommen werden. Von einer einheitlichen Triangulierung konnte natürlich bei den damaligen politischen Zuständen keine Sprache sein. Diese wohlgemeinte topographische Aufnahme konnte jedoch von Daendels nicht zu Ende geführt werden, da er im Jahre 1811, bei der Einverleibung der Niederlanden in das Napoleonsche Kaiserreich nach Europa zurückgerufen wurde.

Darauf erfolgte, noch in demselben Jahr die Besetzung Javas durch die Engländer. Zum Gouverneur wurde Thomas Stamford Raffles ernannt und dem General-Gouverneur in Calcutta unterstellt. Diesem gelang es, das von Daendels begonnene Werk im Jahre 1812 zu Ende zu führen, und in der Hauptsache nach den Reiseskizzen und Aufnahmen von Dr. Thomas Horsfield eine Übersichtskarte 1:966 000 von Java zusammenzustellen; jedoch war auch diese ohne trigonometrische Grundlage, und ließ deshalb an Genauigkeit viel zu wünschen übrig.

Durch den Londoner Vertrag von 1814 kam Java und der Ostindische Archipel wieder in niederländischen Besitz; die Übergabe von Batavia erfolgte 1816. Von diesem Augenblick an entwickelte das Marinedepartement eine rege Tätigkeit zur Vermehrung der Kenntnis der Küsten und Fahrwasser des niederländisch-indischen Archipels; bereits im Jahre 1821 wurden besondere Vermessungsschiffe für hydrographische Aufnahmen ausgerüstet. Jedoch auch diese Aufnahmen wurden jahrelang völlig unabhängig von einander ausgeführt; die festen Punkte, durch die man die einzelnen Aufnahmen untereinander hätte in Verbindung bringen können, fehlten. Mit einem Wort, man hatte gute, brauchbare hydrographische Detailaufnahmen, konnte sie jedoch nicht zu guten Karten zusammenstellen.

Im Jahre 1818 erschien ein Atlas von Niederländisch Indien von dem General-Gouverneur van der Bosch; derselbe konnte jedoch ebenfalls recht wenig Anspruch auf Genauigkeit und Vollständigkeit machen.

War nun bisher trotz all dieser Versuche der Indische Archipel und

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

selbst Java recht wenig bekannt, so begann in den Jahren 1820 bis 1850 eine Periode der Forschungs- und Entdeckungsreisen. Ganz besonders war es der als Arzt in niederländischen Diensten stehende deutsche Gelehrte und Forscher F. Junghuhn, der als Bahnbrecher wirkte, und mit Recht als der wissenschaftliche Entdecker Niederländisch Indiens genannt wird. In seinen Forschungsreisen 1834 bis 1848 hatte er eine ungeheure Fülle wertvollsten Materials auf den Gebieten der Tropenbotanik, Ethnologie, Vulkanforschung, Geologie, Topographie und Zoologie gesammelt und später in seinen vielen Werken veröffentlicht. Er hatte die Unvollkommenheit der oben genannten Raffleschen Karte Javas erkannt, und trachtete dieselbe zu verbessern. Ausgerüstet mit Schmalkalderbussole und Sextant, den er später durch einen Bussolentheodolit ersetzte, nahm er von den zahlreichen auf seinen Forschungsreisen bestiegenen Vulkanen Javas Zielungen nach allen erkennbaren Punkten. Außer einigen kleinen Grundlinien, welche er auf der Bandoengschen Hochebene und in Krawang (West-Java), sowie dem Tenggergebirge (Ost-Java) maß, benutzte er als Grundlage für seine Aufnahmen zwei Punkte an der Nordküste von Java, auf denen astronomische Ortsbestimmungen ausgeführt waren. Während seiner 12jährigen Forschungsreisen auf Java sammelte Junghuhn durch Bussolenablesungen, sowie Aufnahme der zurückgelegten Marschrouten die Grundlagen zu einer geplanten Karte Javas 1 : 350 000. Diese kam jedoch, abgesehen von den in seinen Werken veröffentlichten Skizzen und Zeichnungen, nicht zur Aufführung, da sie von den inzwischen erschienenen Karten von van der Welde und Leclerq überholt wurde.

Von Junghuhns topographischer Tätigkeit verdienen noch ferner seine Aufnahmen in den Bataklanden (Mittensumatra) 1840/42, Beachtung. Er erkannte sehr richtig, daß für einen guten Zusammenschluß seiner Aufnahmen eine Anzahl Hauptpunkte trigonometrisch so genau wie möglich bestimmt werden müssen, und beschloß diese durch eine Triangulation festzulegen. Bei seiner Ankunft in Tapanoeli fand er kein für eine Basismessung geeignetes Gelände; in Toba (Zentralsumatra) wurde ihm das Messen einer solchen von den Eingeborenen unter Drohungen verweigert, weil sie dies für eine Aufnahme für anzulegende militärische Befestigungen hielten. Auch bei seinen sonstigen Messungen wurde er vielfach durch den Aberglauben und die Unwissenheit der Bataker behindert. Aus diesen Gründen führte er auf zwei Punkten astronomische Breiten- und Azimutbestimmungen aus, und berechnete hieraus ihre Entfernung (14,3 km). Von dieser Grundlinie ausgehend legte er durch Winkelmessungen mittels Sextant und gelegentliche Polhöhenbestimmungen eine Anzahl weitere Punkte fest. Trotz dieser groben Hilfsmittel und unsicheren Grundlagen ergaben spätere Untersuchungen, daß die Lage seiner Hauptpunkte, auf denen die von ihm aufgenommene Karte beruht, sowie der Anschluß an die Westküste von Sumatra ziemlich richtig waren; die südlichen Punkte sind gut, während nach Norden zu eine Verzerrung von einigen Minuten festgestellt wurde.

Dem deutschen Arzt und Forscher F. Junghuhn gebührt somit das

Verdienst, die erste Triangulation in Niederländisch Indien ausgeführt zu haben. Es ist hierbei merkwürdig, daß diese — nicht wie zu erwarten war — auf der damals schon kulturell am meisten entwickelten Insel Java stattfand, sondern in einem hierfür denkbar ungünstigen Gebiet in Zentralsumatra, das erst 50 Jahre später durch die Niederländische Regierung endgültig unterworfen werden konnte.

Wenn auch der Umfang, sowie die wissenschaftliche Bedeutung dieser Messungen keineswegs einen Vergleich mit den zeitgenössischen Arbeiten eines C. Gauß, Bessel, Struwe, Baeyer e. a. gestattet, so dürfte die Leistung Junghuhns in dem zu jener Zeit so ungeheuer schwierig zugänglichen, von dichtem Urwald bedeckten Gebirgsland, inmitten einer durch fortwährende Kriege und Aufstände erregten, und damals noch menschenfressenden Eingeborenenbevölkerung wohl zu den größten Taten menschlicher Willenskraft gerechnet werden.

Die auf dieses Dreiecksnetz gegründeten, durch Junghuhn selbst ausgeführten Detailmessungen beschränkten sich in der Hauptsache auf die benützten Marschrouten, Flußübergänge, Berggipfel und -rücken; sie wurden mit Bussolen ausgeführt, deren Mißweisung so oft als möglich bestimmt wurde. Die Entfernungen hatte er meist aus den Marschzeiten abgeleitet, und nur einzelne Linien mit Meßketten aus Rotan gemessen. Für die Höhenbestimmungen benützte Junghuhn ausschließlich Quecksilberbarometer; den trigonometrischen Höhenmessungen schenkte er kein Vertrauen, da er nach damaliger Gewohnheit eine sehr übertriebene Vorstellung von der Veränderlichkeit der Strahlenbrechung hatte.

Von diesen Aufnahmen stellte Junghuhn 3 Karten 1:177 750 [1]), 2 Karten 1:355 000 und eine Übersichtskarte 1:1 000 000 zusammen.

Daß diese Karten angesichts der mangelhaften Instrumente und der kurzen Zeit der Aufnahme den Forderungen der modernen Topographie nicht mehr genügen und außerdem durch das Fehlen einer Fortführung nunmehr veraltet sind, ist begreiflich; sie bildeten jedoch in diesen zuvor gänzlich unbekannten Gebieten noch bis in die neueste Zeit eine wichtige topographische Grundlage.

Ferner trugen die in diesen Jahren erfolgten Aufstände, der Javakrieg 1835—40 und militärische Expeditionen wesentlich zur weiteren Kenntnis der Topographie der Sundainseln bei, und zeigten zugleich mehr denn je die Notwendigkeit guter und zuverlässiger Karten.

Es entstanden so in rascher Folge eine Anzahl mehr oder weniger brauchbarer Kartenwerke, von denen als die wichtigsten genannt seien, eine Allgemeine Karte von Niederländisch Indien 1:2 250 000 von Freiherr von Derfelden von Hinterstein 1842, eine verhältnismäßig gute Karte Javas 1:70 000 von van der Welde 1845, und 1:100 000 von Leclerq 1850.

In den Jahren 1840 bis 46 wurde von dem Pionierhauptmann Beijerink eine topographische Aufnahme der Westküste Sumatras ausgeführt; die Karten 1:500 000 erschienen 1853.

ARSIP NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

[1]) Junghuhn schreibt in seinem Werk „Die Batakländer in Sumatra": Ich konnte für die Scalen keine runden Zahlen wählen, weil ich mich nach der Größe meines Papieres richten mußte.

Noch immer entbehrten alle diese Karten einer einheitlichen trigonometrischen Grundlage und waren zumeist auf sehr wenige und manchmal auch recht ungenaue, astronomisch bestimmte Punkte gestützt.

Bereits im Jahre 1840, als der Entwurf eines Verteidigungsplans von Java gegen einen ausländischen Feind ausgearbeitet wurde, erkannte der Generalstab die dringende Notwendigkeit von topographischen Karten, besonders von Batavia und Umgegend. Es wurde damals eine einheitliche Aufnahme in Erwägung gezogen, jedoch mußte dieser Gedanke wegen Mangel an geeignetem Personal vorläufig wieder aufgegeben werden.

Eine hydrographische Aufnahme der Nordküste Batavias erfolgte durch die Marine in den Jahren 1840, 41 und 46. Durch zwei kleine, mittels Meßkette gemessene Grundlinien und einige Dreiecke wurde der Abstand Leuchtturm—Hafenkopf (Batavia) berechnet. Hierauf baute sich eine hydrographische Detailaufnahme im Maßstab 1 : 50 000 auf, die sich westwärts bis Anjer erstreckte (etwa 100 km Luftlinie), und einen Streifen der Küste, sowie die zahlreichen vorgelagerten Inseln umfaßte. Diese Karte erschien im Jahre 1848.

Erst im Jahre 1847, als der oben genannte Hauptmann Beijerink mit seinem Personal die Aufnahme von West-Sumatra beendigt hatte, konnte die bereits vor 7 Jahren angestrebte topographische Aufnahme der Residentschaft Batavia begonnen werden. Durch einen Regierungserlaß vom März 1849 wurden die Messungen noch in demselben Jahr zwischen Batavia und Buitenzorg in Angriff genommen, und bald auch über die ganze Residentschaften Batavia und Buitenzorg ausgedehnt.

Diese ersten Aufnahmen wurden von dem damaligen Topographischen Bureau der Pioniere unter der Leitung des Major Steinmetz ausgeführt. Als Grundlage und Ausgangspunkt diente die oben genannte hydrographische Aufnahme der Marine; im übrigen erfolgte die Aufnahme ohne eine eigene Grundlage. Die Kartierung erfolgte im Maßstab 1 : 10 000, bzw. 1 : 50 000 ohne Verwendung einer bestimmten Kartenprojektion. Der Abschluß der Messungen erfolgte 1854, und die Kartierung war 1857 beendet; die Karte kam jedoch verschiedener Umstände halber nicht in Druck.

Gegen Ende des Jahres 1847 reichte der Ingenieur S. H. de Lange [2]) an den niederländischen Kolonialminister in den Haag eine Denkschrift ein, in der die Notwendigkeit einheitlicher geographischer Ortsbestimmungen nach dem damaligen Stand der Wissenschaft für Niederländisch Indien dargestellt war, und im Jahre 1849 beschloß der Marineminister durch die Anstellung eines mit der astronomischen Bestimmung von Festpunkten beauftragten Ingenieurs den Grundstein für die Verfertigung von Karten des indischen Archipels legen zu lassen. Es dauerte jedoch noch einige Zeit bis die Arbeiten in Indien begonnen werden konnten. In demselben Jahre wurde S. H. de Lange zum geographischen Ingenieur der niederländisch-indischen Regierung ernannt und erhielt den Auftrag, im Ostindischen Archipel astronomische Ortsbestimmungen auszuführen. Die Vorbereitung dieser Mis-

[2]) Damals kgl. niederländischer Kapitänleutnant z. D.; früher Lehrer der Mathematik und Nautik an der Marineakademie zu Medenblik (Holland).

sion lag in den Händen des Professor F. Kaiser in Leyden (Holland), der seinem Buch „De sterrekundige plaatsbepaling in den Indischen Archipel" 1851 die Methoden für Orts- und Zeitbestimmungen in der Äquatorzone behandelt und gleichzeitig ein vollständiges Programm der Arbeiten entwickelt hat.

Diese Mission bekam später eine große Ausdehnung; mit dem ferneren Fortschreiten der militär-topographischen Aufnahme wurde die (primäre und sekundäre) Triangulation des Landes zu der Hauptaufgabe des damaligen Geographischen Dienstes.

Nach Ankunft de Langes in Indien im Jahre 1850 galt es zunächst einen Ausgangspunkt für die astronomische Bestimmungen mit größtmöglicher Genauigkeit festzulegen; hierzu wurde das Zeitsignal der Hafensternwarte in Batavia gewählt, dessen geographische Lage 1851 bis 1854 durch eine Reihe von astronomischen Beobachtungen ermittelt wurde. Daran anschließend bestimmte de Lange mittelst Mondbeobachtungen den Längenunterschied Batavia—Menado (Celebes), sowie einer Anzahl dazwischenliegender Punkte. Bei dieser Gelegenheit führte er in Minahassa (nördliche Halbinsel von Celebes) eine kleine Triangulation aus, die jedoch nur noch einen historischen Wert besitzt. Ebenso wie Junghuhn einige Jahre zuvor in Sumatra, leitete er die Länge einer Dreiecksseite aus astronomischen Orts- und Azimutbestimmungen ab, so daß diese Triangulation gewissermaßen eine umgekehrte Gradmessung genannt werden kann. Dabei ließ er jedoch die ihm wahrscheinlich unbekannte Möglichkeit bedeutender Lotabweichungen unbeachtet.

Nach seiner Rückkehr nach Java mußten die astronomischen Ortsbestimmungen unterbrochen werden, um die im Jahre 1853 beschlossene Triangulierung Javas in der Provinz Cheribon in Angriff zu nehmen.

1. Abschnitt 1854 bis 1857.

Durch den denkwürdigen Erlaß der niederländisch-indischen Regierung vom 25. Dezember 1853 wurde die Triangulation der Insel Java zugleich mit der topographischen Aufnahme der Residentschaft Cheribon beschlossen. Die Ausführung der ersteren wurde dem wenige Jahre zuvor ins Leben gerufenen Geographischen Dienst unter der Leitung des Ingenieurs S. H. de Lange übertragen. Dieser Dienst wurde dem Marinedepartement unterstellt, während die topographische Aufnahme dem Dienst der militärischen Erkundungen (Kriegsdepartement) zugewiesen war.

Damit war die schon lange angestrebte Schaffung einer einheitlichen Grundlage für die Kartographie Javas zur Wirklichkeit geworden und der Grundstein gelegt zu einem Werk, das noch viele Generationen lang allen Anforderungen genügen sollte.

Es ist durchaus begreiflich, daß de Lange bei Beginn dieser neuen großen Arbeit mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Trotz der staunenswerten Willenskraft, mit der er diese überwand, läßt sich nicht verkennen, daß seine wissenschaftliche Vorbildung sowie die Erfahrung für eine derartige Arbeit nicht immer ausreichend war, und so mußte denn auch hier, wie überall bei derartigen Unternehmun-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

gen manches Lehrgeld bezahlt werden. Die Frage inwieweit de Lange dafür verantwortlich gemacht werden kann, oder was besser hätte gemacht werden können, ist bereits vielfach erörtert worden; man darf jedoch bei derartigen Beurteilungen den Stand der geodätischen Wissenschaft in der Mitte des 19. Jahrhunderts, sowie die Schwierigkeiten einer Kolonie die mit der Lieferung auch des kleinsten Instrumentteils vom fernen Mutterland abhängig war, nicht außer Acht lassen.

Der Hauptfehler, und damit die Ursachen von den vielen Widerwärtigkeiten, mit denen die Triangulation Javas bis auf den heutigen Tag zu kämpfen hat, lag darin, daß sie viel zu spät begonnen wurde. Während heute als selbstverständlich gilt, daß für den geregelten Verlauf einer Landesaufnahme die Triangulation der topographischen Aufnahme um einige Jahre voraus sein muß, so war man damals an maßgebender Stelle durchaus anderer Ansicht; ja es bestand die eigenartige Auffassung, daß die topographische Aufnahme der Triangulation voraus sein müßte; man betrachtete die letztere gewissermaßen als eine Kontrolle für die Zuverlässigkeit der Topographen. In einem Regierungserlaß vom Jahre 1854 heißt es wörtlich:

„De vaste punten voor bovenbedoelde opname zullen worden „bepaald door de thans op Java aanwezige geografische Ingenieurs, „ten einde op die wijze den dirigeerenden officier der topogra- „fische opname in staat te stellen, den trouwen en kundigen „opnemer te onderscheiden van den ontrouwen en onkundigen, „op dat de samen te stellen kaarten die nauwkeurigheid en ze- „kerheid erlangen, welke bij zulk een belangrijk werk een eerste „vereischte zijn; zullende de topografische opname die der geo- „grafische Ingenieurs eenigen tijd vooruit moeten zijn."

Dieser historische Regierungserlaß erinnert in mancher Beziehung an den Bericht von C. F. Gauß an die hannoversche Regierung vom 21. November 1827; hier heißt es u. a.:

„Die Angabe der Lage einer großen Anzahl fester Punkte in „Zahlen bis auf einige Fuß genau muß als die Hauptausbeute „der Operationen in topographischer Rücksicht betrachtet wer- „den. Sie behält auf Jahrhunderte einen bleibenden Wert, inso- „fern die Mehrzahl der Punkte bleibt, wenn auch im Laufe der „Zeit einige untergehen, und die dadurch etwa entstehenden „Veränderungen sind leicht zu ergänzen. Sie bildet eine sichere „Grundlage für alle Detailaufnahmen: alle Unsicherheiten, welche „Aufnahmen ohne feste Anhaltspunkte erschweren, entstellen und „ihre Vereinigung zu einem fehlerfreien Ganzen unmöglich „machen, fallen dabei ganz weg; nachlässige Arbeiter erhalten „dadurch eine strenge, unabweisliche Kontrolle usw."

Da nun außerdem ein Apparat für die Basismessung erst im Jahre 1865 bestellt wurde, und 1871 in Indien ankam, so war die notwendige Folge, daß verschiedene unzureichend genaue, provisorische Grundlinien mit unzulänglichen Hilfsmitteln gemessen wurden, und damit entstand bei der Kartierung der einzelnen Residentschaften ein Wirrsal von „vorläufigen" und „vorläufig verbesserten" Koordinaten, die noch vergrößert wurde durch das unbegreiflich späte Bekanntwerden

der endgültigen Koordinaten, 10 Jahre nach Abschluß der Messungen. Diese Verwirrung zieht sich durch die ganze Entwickelung der Kartographie Javas, und macht sich namentlich bei der Umrechnung von früher ausgeführten Detailtriangulationen und Punkteinschaltungen noch heute sehr unangenehm fühlbar und bringt eine Reihe schwer zu lösender Fragen mit sich, die von den damit beschäftigten Beamten eine sehr genaue Kenntnis des geschichtlichen Entwickelungsganges fordern, und außerdem über kurz oder lang eine kostspielige Neumessung des Dreiecksnetzes von Java an die Tagesordnung bringen wird.

Der ursprüngliche Zweck der Triangulation war zunächst die Lieferung fester Punkte für die seit kurzem angefangene topographische Aufnahme; die größte Genauigkeit hielt man damals zu diesem Zweck nicht für erforderlich. Zudem war der neu aufgerichtete Geographische Dienst nach heutigen Begriffen nur mit sehr dürftigen Mitteln ausgerüstet, da er ursprünglich allein für astronomische Ortsbestimmungen im Ostindischen Archipel bestimmt gewesen war.

Die Arbeiten wurden im Mai des Jahres 1854 begonnen mit der Erkundigung der geeigneten Dreieckspunkte in der Residentschaft Cheribon. Noch in demselben Jahr wurde unter persönlicher Leitung S. H. de Langes eine etwa 7500 m lange Basis auf dem Strand unweit der Stadt Cheribon gemessen. Da ein Basisapparat nicht zur Verfügung stand, erfolgte diese Messung mit einer Stahlmeßkette. Über besondere Maßnahmen zur Erhöhung der Genauigkeit sowie ev. Untersuchungen der Länge der Meßkette ist in den noch erreichbaren Berichten de Langes leider nichts erwähnt. Die Differenz zwischen Hin- und Zurückmessung betrug nach Angabe de Langes 2 Meter. Aus der Länge dieser Grundlinie wurde mit einigen Dreiecken die Entfernung der Berggipfel Kromon und Tjerimai als erste primäre Seite abgeleitet. Zur Kontrolle für die Längenabmessungen wurden auf zwei Punkten des Dreiecksnetzes (Indramajoe und Cheribon) Polhöhenbestimmungen ausgeführt. Über die Resultate derselben sind leider keine Angaben mehr zu finden; in einem Bericht über die Tätigkeit der geographischen Ingenieure in Cheribon schreibt de Lange nur, daß die „gewünschte Genauigkeit" erreicht worden sei. Auf dem Punkt Madjalengka wurde ferner eine Azimut- und Breitenbestimmung ausgeführt, wobei die letztere eine Differenz von 9",345 gegen die geodätische Breite ergab.

Nachdem nun über die Residentschaft Cheribon ein Netz von Dreiecken gelegt war (Mai bis Dezember 1854) wurde noch in demselben Jahr die Verbindung mit dem Zeitsignal der Hafensternwarte in Batavia, dem geographischen Nullpunkt für Niederländisch-Ostindien, hergestellt. Diese erfolgte von zwei Seiten des Cheribonnetzes; mittelst sieben Dreiecken wurde der Punkt Pangerango bestimmt, von dem aus eine Sicht nach dem „Uitkijk" am Hafen von Batavia, sowie dem in der Nähe liegenden Punkt „Ende vom Gang Chaulan" möglich war. Das etwa 15 m östlich vom Uitkijk liegende Zeitsignal, das den offiziellen Nullmeridian von Batavia darstellt, war jedoch nicht sichtbar und mußte daher durch eine Zentrierung festgelegt werden. Hierzu wurde das Azimut Pangerango—Uitkijk astronomisch bestimmt. Die geodätische Breite des Punktes Pangerango differierte mit einer in

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

1845 ausgeführten astronomischen Bestimmung 1″,1, während eine auf dem „Ende vom Gang Chaulan" ausgeführte astronomische Bestimmung eine Differenz in der Breite von 28″,0 aufwies.

Die großen physischen Anstrengungen dieser Triangulationsarbeiten im tropischen Klima griffen die Gesundheit de Langes so an, daß er 1855 einen Krankheitsurlaub nehmen mußte. Er starb jedoch auf dem Wege nach Europa, bevor er seine Heimat wiedergesehen hatte.

Als Nachfolger übernahm sein Bruder G. A. de Lange die Leitung des Geographischen Dienstes und setzte die Dreiecksmessungen in den Jahren 1855 bis 57 fort über die früheren Residentschaften Banjoemas, Bagelen und Kedoe.

In Banjoemas wurden 38 Punkte gemessen, welche zusammen 95 Dreiecke bildeten. Außerdem wurden auf 5 Punkten astronomische Kontrollbeobachtungen ausgeführt, wobei sich die folgenden Differenzen zwischen der astronomischen und geodätischen Bestimmung ergaben:

Breite:	— 12″,4	— 22″,5	— 14″,8	— 16″,4	+ 1″,6
Azimut:	— 0″,2	+ 0″,8	+ 5″,2	+ 10″,8	— 1″,0

In den jetzt vereinigten Residentschaften Bagelen und Kedoe wurden 36 Punkte bestimmt, welche 26 Dreiecke bildeten; ferner wurden noch 4 Punkte durch Rückwärtseinschneiden eingeschaltet. Astronomische Bestimmungen wurden auf 7 Stationen ausgeführt, wobei sich die folgenden Differenzen ergaben:

Breite:	— 2″,5	— 16″,6	— 23″,7	— 22″,4	— 7″,0	— 11″,0	+ 3″,0
Azimut:	— 0″,0	+ 2″,9	+ 4″,2	+ 1″,3	+ 7″,0	— 0″,8	+ 6″,9.

Die Zusammenstellung der Dreiecksschlüsse ergab keine größere Abweichung als 3″, und die Aufstellung der Seitengleichung von 6 bzw. 5 Dreiecken ergab als Unterschied 3 bzw. 1 Stelle der 7. Einheit im Logarithmus.

Bei diesen Messungen wurde kein Unterschied zwischen primären und sekundären Punkten gemacht; die Punkte bestanden aus Bambussignalen, welche erst später durch Signalpfeiler aus Ziegelsteinen ersetzt wurden. Die Winkelmessungen wurden mit Theodoliten von 21,7 cm Teilkreisdurchmesser (Pistor und Martins) auf behelfsmäßig aufgestellten Bambusstativen ausgeführt. Als Zielpunkt wurden Heliotropen nur angewandt, wenn ein Punkt in der Ebene für einen Beobachter auf einem Berggipfel sichtbar gemacht werden mußte.

So war nun bis Ende 1857 die auf die erste vorläufige Basis bei Cheribon aufgebaute Triangulation bis an die östliche Grenze der Residentschaft Kedoe angelangt und hatte sogar schon den Anschluß an die Residentschaft Semarang erreicht.

Bereits im Jahre 1856 wurde die Länge der mit ungenügenden Hilfsmitteln gemessenen Basis bei Cheribon angezweifelt, da sich durch astronomische Breitenbestimmungen ein Fehler von 1/200, und durch die Längenunterschiedsbestimmungen ein solcher von 1/483 der Basislänge ergab. Die diesen Bestimmungen anhaftende Unsicherheit, sowie die erheblich voneinander abweichenden Werte machten es unmöglich, eine vorläufige Korrektion der Längen anzubringen, aber sie zeigten, daß die Genauigkeit dieser Basis weit unter der bei der Winkelmessung erreichten war. Um sich nun eine größere Klarheit hierüber

KONINKLIJK GENOOTSCHAP VAN K. EN W.

zu verschaffen, wurde von G. A. de Lange in der Residentschaft Bagelen eine primäre Seite des Dreiecksnetzes von 10 406 m mittelst Meßkette direkt gemessen. In einem Bericht von G. A. de Lange über die Arbeiten der geographischen Ingenieure in Cheribon wurde das Resultat dieser Kontrollmessung um „nur" 9 m größer gefunden als die aus der Cheriboner Basis berechnete Seitenlänge; d. i. eine Abweichung von 1/1156, während in den Mitteilungen S. H. de Langes über die erste Basismessung eine Unsicherheit von nur 1/7400 angegeben war. [3]) Da nun diese 2. Messung ebenfalls nur mit einer Meßkette ausgeführt werden konnte und daher auch keine größere Genauigkeit zu erwarten war als bei der Cheriboner Basismessung, hatte man mit dieser Kontrollmessung in Bagelen tatsächlich nichts anderes erreicht als das Bewußtsein der Unklarheit über die der Triangulation zu Grund liegende Längeneinheit.

2. Abschnitt 1857 bis 1870.

Im Jahre 1857 wurde Professor Dr. J. A. C. Oudemans, [4]) der Verfasser des Werkes „Die Triangulation von Java" [5]) als Nachfolger S. H. de Langes zum Chef des Geographischen Dienstes in Niederländisch Ost-Indien ernannt. Auch sein Auftrag war ursprünglich die Ausführung von astronomischen Messungen; nachdem jedoch bald darauf G. A. de Lange den Staatsdienst verließ, mußte er auf Ansuchen des Kriegsdepartements die Triangulation von Java in das Programm des Geographischen Dienstes aufnehmen. Als Begründung hierfür wurde angeführt, „daß die bisherigen astronomischen Ortsbestimmungen so bedeutende lokale Abweichungen ergeben hätten, daß für die topographischen Aufnahmen Triangulationen als Grundlage notwendig seien." So wurde im Jahre 1857 die Fortsetzung der Triangulation von Java dem Geographischen Dienst übertragen; damit begann ein neuer Abschnitt in der Geschichte dieser wichtigen geodätischen Arbeit, und es gelang Oudemans nach Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten in wenigen Jahren eine, dem damaligen Stand der Wissenschaft entsprechende Genauigkeit der Messungen zu erzielen.

---

[3]) Dieser Wert ist jedoch sehr zweifelhaft; S. H. de Lange meldete einen Unterschied zwischen den beiden Messungen von 2 m; eine spätere Untersuchung von Oudemans ergab jedoch 4 m.

[4]) Jean Abraham Chrétien Oudemans, geboren den 16. Dezember 1827, promovierte 1852 in Leyden mit einer Dissertation über astronomische Beobachtungen mit dem Meridiankreis. 1853 erhielt er eine Anstellung als Observator an der Sternwarte zu Leyden und wurde 1856 zum außerordentlichen Professor an der Universität Utrecht ernannt. Bereits ein Jahr später wurde ihm die Leitung des Geographischen Dienstes in Ost-Indien übertragen, in welcher Stelle er bis 1875 in Niederländisch-Indien verweilte. Nach seiner Rückkehr nach Holland wirkte er bis 1898 als Professor an der Universität zu Utrecht. Nach einer reichen und fruchtbaren Tätigkeit bis in sein hohes Alter starb er am 14. Dezember 1906, 79 Jahre alt zu Utrecht.

[5]) J. A. C. Oudemans, Die Triangulation von Java, Ausgeführt vom Personal des Geographischen Dienstes in Niederländisch Ost-Indien.

I. Abteilung: Vergleichung der Maßstäbe des Repsoldschen Basis-Meß-Apparats mit dem Normalmeter, Batavia 1875.

II. Abteilung: Die Basismessung bei Simplak von Dr. J. A. C. Oudemans, E. Metzger und C. Woldringh, Im Haag 1878.

III. Abteilung: Ergänzungen zu den beiden ersten Abteilungen. Genaue Bestimmung des Verhältnisses zwischen dem Normalmeter und den Mètre des Archives. Das Basisnetz von Simplak. Die Basismessungen bei Logantong und bei Tangsil, sowie die beiden dazugehörigen Basisnetze, Haag 1891.

IV. Abteilung: Das primäre Dreiecksnetz, Haag 1895.

V. Abteilung: Ergebnisse der Triangulation zweiter Ordnung, Haag 1897.

VI. Abteilung: Die Höhen-, Breiten- und Azimutbestimmungen. Die Lotabweichungen im Sinne des Meridians und des Parallels. Nebst einem Anhange: Geschichtliches über die terrestrische Refraktion, Haag 1900.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

In den ersten Jahren (1857 bis 1861) mußten die Winkelmessungsarbeiten wegen Mangel an geeignetem Personal und Instrumenten eingestellt werden; Oudemans benützte diese Zeit zur Ausführung von verschiedenen Längenbestimmungen mittels Telegraph.

Inzwischen schritt die topographische Aufnahme des Generalstabs rascher fort als zum Beginne; wenn nun auch damals noch die Triangulation mehr als eine Kontrolle für die Topographen betrachtet wurde, drängte das Kriegsdepartement dennoch auf eine Beschleunigung der Dreiecks-Messungen. Durch die Ernennung einiger Ingenieure und Assistenten, sowie eine Neuorganisation des Geographischen Dienstes mit den bescheidensten Mitteln [6]) konnte im Jahre 1861 das Werk wieder in Angriff genommen werden. Nachdem durch Regierungserlaß von 1864 die topographische Aufnahme der ganzen Insel Java mit Ausnahme der Sultanate Soerakarta und Jogjakarta (die sog. Vorstenlanden) genehmigt wurde, wurden die Dreiecksmessungen in den Jahren 1861 bis 66 über die Residentschaften Semarang, Tegal und Pekalongen ausgedehnt. Die Messungen erfolgten in diesen Jahren im wesentlichen wie oben beschrieben; eine Verbesserung erfolgte nur dadurch, daß das Instrument zur Winkelmessung auf den zuvor gebauten Backsteinpfeiler aufgestellt wurde, sodaß die Identität des Dreieckspunktes mit dem Signalstein gewährleistet wurde. Die Bambussignale dagegen wurden erst nach 1866 durch Heliotropen ersetzt, sodaß die vor diesem Jahr gemessenen primären Dreiecke für die endgiltigen Koordinatenberechnungen nicht verwendet wurden. Eine Ausnahme machte hierbei allein die im Nachfolgenden beschriebene Dreieckskette in den Residentschaften Tegal und Pekalongen, die nördliche Verbindung zwischen Ost- und West-Java.

Nach einer abermaligen Personalvermehrung des Geographischen Dienstes mit 5 Assistenten im Jahre 1866 arbeiteten nun in Ost- und West-Java zwei Sektionen unter den Ingenieuren Metzger und van Asperen. Die Verbindung zwischen den beiden Sektionen, welche bereits in den Jahren 1865 und 66 mit einer Kette von kleinen Dreiecken längs der Nordküste ausgeführt war, wurde im Jahre 1874 von dem Ingenieur Woldrigh mit einer Kette von fünf primären Dreiecken durch die Residentschaften Banjoemas, Bagelen und Kedoe aufs Neue hergestellt. Eine Vergleichung der älteren, nördlichen Verbindung mit den Resultaten der astronomischen Längen- und Breitenbestimmungen ergab auf eine Länge der Kette von 190 km eine Abschlußdifferenz von 5 m, d. i. 1/38 000. Durch eine von Oudemans entworfene vereinfachte Ausgleichung wurde diese, aus 20 Punkten bestehende nördliche Verbindungskette in das bereits ausgeglichene primäre Netz eingepaßt. Es sind dies die einzigen, vor 1866 ausgeführten Messungen, welche in das primäre Dreiecksnetz aufgenommen wurden.

Im Jahre 1870 waren die Winkelmessungen in West-Java beendigt,

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

[6]) a) Ein Chef (Oberingenieur), zugleich Chef der Abteilung für astronomische Messungen,

b) ein Ingenieur, Chef der Abteilung Triangulation,

c) ein Ingenieur, Chef der Abteilung für magnetische und meteorologische Beobachtungen, ferner zwei Assistenten und zwei Unteroffiziere der Kolonialarmee.

und das Dreiecksnetz über die Insel Krakatau,[7]) Sangean und Sibesi nach Sumatra fortgesetzt, während in Ost-Java die letzten Residentschaften Besoeki und Banjoewangi im Jahre 1874 abgemessen waren.

Bei den Winkelmessungen nach 1866 war eine erhebliche Steigerung der Genauigkeit festzustellen; die primären Winkelmessungen erfolgten mit fünf kleinen und zwei großen Universalinstrumenten von Pistor & Martins von 21 und 27 cm Teilkreisdurchmesser, sowie einem großen Repsoldinstrument von 31,6 cm in der Regel in 6 verschiedenen Randständen. Eine sehr ausführliche Untersuchung dieser Instrumente ist in der 4. Abteilung des obengenannten Werkes „Die Triangulation von Java" veröffentlicht.

3. Abschnitt, 1871 bis 1877, die Basismessungen.

Während die Winkelmessungen ihrem Abschluß entgegengingen, war die Frage einer deren Genauigkeit entsprechenden Basis wieder in den Vordergrund getreten. Bereits im Jahre 1865 war für die trigonometrischen Vermessungen auf Java bei der Firma Repsold & Söhne ein Basismeß-Apparat bestellt; als derselbe im Beginn des Jahres 1871 noch nicht in Batavia eingetroffen war, und andererseits die topographische Aufnahme immer dringender nach Koordinaten verlangte, entschloß sich Oudemans zur Messung einer vorläufigen Basis. Nachdem er sich auf Grund verschiedener Untersuchungen in Batavia überzeugt hatte, daß bei Messungen mit dem Stahlmeßband mit der nötigen Sorgfalt eine größere Genauigkeit erreicht werden konnte, wurde im Jahre 1871 mit einem Stahlmeßband zum dritten mal eine Basis bei Cheribon gemessen. Leider war ein Punkt der ersten Basis verloren gegangen, so daß eine direkte Vergleichung nicht mehr möglich war. Aus dieser neuen Basis wurde die Länge einer primären Seite zu 19 463,3 m berechnet, während unter Zugrundlegung der alten Basis aus der Triangulation von West-Java 19 431,7 und aus der Triangulation von Tegal 19 434,1 m berechnet wurde. Die primäre Seite ergab sich also um 31,6 bzw. 29,2 m — und somit die erste Cheriboner Basis um 12 m — zu kurz. Daraufhin wurden nun alle Längen in West-Java um 1/615 und in Ost-Java um 1/665 vergrößert. Für West-Java kam zudem noch eine Drehung von +27" infolge eines Fehlers bei der Übertragung des Azimuts auf das primäre Netz.

Zu der Zeit (September 1872), als Oudemans den Befund seiner Untersuchungen dem Chef des Topographischen Bureaus mitteilte, war die Aufnahme von Batavia, Rembang und Kediri bereits im vollen Gange, so daß die Arbeiten in diesen Residentschaften mit den ursprünglichen Grundlagen weiter geführt werden mußten. Bei der Zusammenstellung der Karten von Kediri und Rembang konnte noch eine Umrechnung der Koordinaten durch den Geographischen Dienst durchgeführt werden. In den Residentschaften Batavia und Soerabaja war dies jedoch nicht mehr möglich, so daß den damaligen Karten dieser Distrikte die ursprünglichen Angaben zu Grunde lagen. Für die übrigen Residentschaften Javas wurden die Berechnungen der vorläufig

PERPUSTAKAAN NASIONAL

[7]) Berüchtigt durch den explosiven Ausbruch dieses Inselvulkans am 27. August 1883. Bei dieser entsetzlichen Naturkatastrophe wurde der größte Teil der Insel weggeschlagen; die hierdurch entstandene Flutwelle kostete 40 000 Menschenleben.

verbesserten Koordinaten nach Bedarf von den Aufnahmebrigaden ausgeführt, wobei jedoch nicht immer dieselben Methoden angewandt wurden.

Um nun einen Überblick über die zu erwartende Genauigkeit der ursprünglichen Cheribonschen Grundlagen mit den vorläufig verbesserten zu bekommen, wurden drei primäre Punkte in beiden Systemen berechnet; die Unterschiede betrugen:

Geogr. Breite: — 1″,82 — 2″,00 — 2″,31
Geogr. Länge: + 2″,04 — 1″,43 + 2″,68.

Fast zwanzig Jahre später, als die endgiltigen Resultate der Oudemanschen Triangulation vorlagen, wurde in Ost-Java auf fünf Punkten eine Vergleichung mit den ursprünglichen Koordinaten ausgeführt, wobei sich die folgenden Unterschiede ergaben:

Geogr. Länge: 6″,29 4″,63 4″,17 3″,34 1″,71
Geogr. Breite: 3″,10 3″,04 2″,68 2″,61 3″,56.

In West-Java ergab die Vergleichung der vorläufig verbesserten Cheribonschen mit den endgiltigen Koordinaten eine Verdrehung des Azimuts von 55″ [8]) und eine Vergrößerung der Längen von 1/7042; die für 3 Stationen gefundenen Unterschiede waren:

Geogr. Breite: 0″,85 0″,95 0″,08
„ Länge: 3″,72 3″,73 3″,64.

Im November des Jahres 1871 traf endlich, verpackt in 25 Kisten der Repsoldsche Basismeß-Apparat mit Komparator in Batavia ein. Er war zuvor mit Genehmigung der indischen Regierung zur Messung einer Basis im Haarlemer Meer in Holland von Professor Stamkart benützt worden. Dem Apparat war ein Normalmeter aus Stahl und Zink beigegeben, der durch Professor Stamkart mit

1. dem Amsterdamer Platinmeter,
2. einem gläsernen Meter Nr. 4 und
3. den stählernen Meter der Bataafschen Republik (Meter von van Swinden) verglichen war.

Der Apparat war nach dem im Jahre 1792 von Borda eingeführten Prinzip der bimetallischen Stäbe gebaut und bestand aus zwei Meßstangen zu 4 und zwei von 2 m aus Stahl und Zink. Die beiden Metallstäbe waren in der Mitte miteinander verbunden und lagen zwischen Rollen in starken eisernen Röhren, aus denen nur die Enden hervorragten. Hierbei bildete der stählerne Stab den eigentlichen Maßstab, während der Zinkstab als Hilfsmittel für die Bestimmung des Temperatur-Koeffizienten diente. Zu diesem Zweck ist der Stahlstab mit einem Strich, und der Zinkstab mit einer Teilung versehen; beide sind auf Glasplättchen geätzt und liegen in einer Ebene. Zur besseren Ablesung sind die Glasplättchen durch ein eingelassenes *Prisma von unten her* beleuchtet; diese Einrichtung war jedoch für einen Gebrauch in den Tropen wegen der großen Luftfeuchtigkeit wenig geeignet.

Die Messung erfolgte auf eisernen Böcken, wobei die 1-m-Latte mit der Libelle horizontiert wurde, während bei den 4-m-Latten die

PERPUSTAKAAN NASIONAL

[8]) Die Vermutung liegt nahe, daß die seinerzeit in West-Java angebrachte Korrektion von 27″ irrtümlich mit verkehrten Vorzeichen eingeführt worden war.

Neigung auf dem eingebauten Gradbogen abgelesen wurde. Das Einrichten in die Basis geschah mit Hilfe eines Passageinstruments. Die Latten wurden ohne Berührung aneinandergelegt und die kleinen Zwischenräume mit Mikroskopen abgelesen. Diese waren an kurzen Trägern in der Querrichtung verschiebbar angebracht. Eine Mikrometerumdrehung entsprach einem Teil auf der Zinkstabverteilung von 0,1 mm. Die Trommel war in 100 Teile geteilt, sodaß die Mikrons direkt, und $^1/_{10}$ Mikron durch Schätzung abgelesen werden konnte.

Mit ganz außerordentlicher Sorgfalt wurde der Apparat von Oudemans untersucht und die Maßstäbe mit dem Normalmeter verglichen. Die Resultate hiervon sind in der ersten Abteilung des mehrgenannten Werks „Die Triangulation von Java" veröffentlicht.

Nach langwierigen Erkundungen wurden in West-, Mittel- und Ost-Java geeignete Stellen für die Basismessungen gefunden bei Simplak, Logantong und Tangsil.

I. Die Basismessung bei Simplak, West-Java, 10 km nördlich Buitenzorg.

Nach einer Vorbereitung von 26 Tagen fand die Messung statt, vom 12. Juli bis 1. November 1873, unter persönlicher Leitung von Prof. Oudemans. Es wurden hierbei in 114 Tagen 3915 m hin- und zurückgemessen, eine Tagesleistung von 70 m. Die Länge der zweimal gebrochenen Basis betrug 3887,710 m, die einzelnen Teilstrecken 1591, 997 und 1299 m.

Aus den Unterschieden von Hin- und Zurückmessung ergab sich ein mittlerer Fehler von 2,33 mm oder ein 1,7 Millionstel der Basislänge. Zur Kontrolle wurde aus der ersten Teilstrecke mittelst einer kleinen Dreiecksmessung die Länge der ganzen Basis abgeleitet; der Unterschied gegen die gemessene Länge betrug 8 mm, d. i. 1/50 000, wobei zu bemerken ist, daß die Form der Übertragungsdreiecke nicht besonders günstig genannt werden kann.

Das Basisnetz bestand aus zwei Teilen, 1. der Ableitung der sekundären Seite Poetri-Salak und 2. der primären Seite Sangaboeana I Telaga. Beim ersten Teil des Netzes betrug der mittlere Fehler einer in zwei Fernrohrlagen gemessenen Richtung $\mu = \pm 0'',91$ und der mittlere Fehler der Seite Poetri-Salak $M = {}^1/_{5\,100\,000}$ der Länge. Bei der Ausgleichung des 2. Teils betrug $\mu = \pm 2'',2$ und $M = 8$ Millionstel. Der gesamte mittlere Fehler der ersten primären Seite kann auf ein 9,5 Millionstel geschätzt werden, bei einer Anzahl von etwa 370 in zwei Fernrohrlagen gemessenen Richtungen.

Es verdient ferner noch Erwähnung, daß bei der Ausgleichung des Basisnetzes ursprünglich keine Korrektion für die Meereshöhe angebracht wurde. Erst als Oudemans im Jahre 1880 durch Helmerts „Mathematische und physikalische Theorien" von dieser Korrektion erfuhr, wurde das Basisnetz aufs Neue ausgeglichen. Die Veränderung der Seite Poetri-Salak betrug jedoch nur ein Millionstel, und blieb daher unberücksichtigt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

II. Die Basismessung bei Logantong, Mittel-Java, Residentschaft Semarang.

In Mittel-Java war ohne besondere Mühe ein für eine Basismessung geschicktes Terrain gefunden worden, und zwar ein Feldweg zwischen den Dörfern Logantong und Penoenggalan. Die Messung erfolgte mit dem Repsoldschen Apparat unter der Leitung des Ingenieur Woldringh vom 16. Juli bis 24. September 1875. Gestützt auf die in West-Java gemachten Erfahrungen wurde die 4175 m lange, gerade Basis in 71 Arbeitstagen hin- und zurückgemessen, d. i. eine gemittelde Tagesleistung von 134 m. Der mittlere Fehler der Messung, berechnet aus dem Unterschied zwischen Hin- und Zurückmessung betrug 0,464 mm oder $^1/_{9\,000\,000}$.

Das Basisnetz enthält außer den Basisendpunkten 8 Punkte, von denen 4 zum primären Dreiecksnetz gehören. Der mittlere Fehler einer in zwei Fernrohrlagen gemessenen Richtungen wurde aus 384 Richtungen gefunden zu $0{,}433\ \sqrt{6} = 1''{,}1$, während der mittlere Fehler der 4 primären Seiten 1/6 000 000 betrug.

III. Die Basismessung bei Tangsil, Ost-Java, Residentschaft Besoeki.

Unter Leitung von Ingenieur H. Th. Soeters fand diese Messung statt vom 20. August bis 27. Oktober 1877; in 61 Arbeitstagen wurde die 5040 m lange, gerade Basis doppelt gemessen, was einer mittleren Tagesleistung von 166 m entspricht. Der mittlere Messungsfehler betrug hierbei 0,609 mm oder 1/12 265 000.

Das Basisnetz ist wohl das ungünstigste von den drei Netzen; mittelst 4 Hilfspunkten wurde die primäre Seite Beser-Soeket abgeleitet. Der mittlere Fehler einer Richtung war 1",1 bei 216 in zwei Fernrohrlagen gemessenen Richtungen, während die primäre Seite einen mittleren Fehler von 1/4 000 000 ergab.

Astronomische Beobachtungen, Orientierung des primären Netzes.

Außer den bereits oben angeführten Längenbestimmungen de Langes in den Jahren 1851 bis 54 wurden von Professor Oudemans in den Jahren 1862 bis 70 eine Reihe von astronomischen Ortsbestimmungen in Borneo, Sumatra, Celebes und den Molukkeninseln ausgeführt. Schon im Jahre 1866, als die Dreiecksmessungen in vollem Gange waren, hatte Oudemans einen Regierungserlaß erwirkt, wonach die Triangulation von Java auch zu Gradmessungszwecken verwendet werden sollte. Zu diesem Zwecke war ursprünglich beabsichtigt, auf 7 verschiedenen Meridianen je auf einem südlichen und nördlichen Punkt astronomische Breitenbestimmungen auszuführen. Als sich jedoch später ein großer Unterschied zwischen der geodätischen und astronomischen Breite zeigte, sollte die Anzahl der Punkte verdoppelt werden. Bei jeder Polhöhenbestimmung war auch eine Azimutbestimmung vorgesehen. Eine Messung der Längenunterschiede sollte vorläufig unterbleiben.

Wegen Mangel an geeignetem Personal kam dieses Programm jedoch nicht zur Durchführung; nach einem den Generalstaaten in Holland zugegangenen Berichte über die Kolonien von 1881 beabsichtigte die indische Regierung diesen Plan nicht weiter zu verfolgen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Breitenbestimmungen.

In Verbindung mit den Winkelmessungen waren in den Jahren 1854 bis 1881 auf 63 Stationen astronomische Breitenbestimmungen ausgeführt worden durch Messung von je 16 Zirkummeridian — Zenitdistanzen von 2 Nord- und 2 Südsternen. Die hieraus errechneten Lotabweichungen (astronomische minus geodätische Breite) sind in der VI. Abteilung des Werks „Die Triangulation von Java" veröffentlicht; für 31 Punkte wurde eine Abweichung zwischen 0 und 5" gefunden, für 14 Punkte zwischen 5 und 10", 10 Punkte zwischen 10 und 15", 4 Punkte zwischen 15 und 20" und 3 Punkte zeigten eine Abweichung größer als 20" (Maximum 36",85).

Als mittlerer Fehler einer einfachen Breitenbestimmung wurde von Oudemans für einen durchschnittlichen Beobachter $\pm 1",0$ und für einen geübten $\pm 0",6$ angenommen.

Azimutbestimmungen.

Neben den Breitenbestimmungen wurden während der eigentlichen Triangulationsarbeiten auf Java auch zahlreiche astronomische Azimutbestimmungen ausgeführt; dazu wurden nach der von Professor Keiser verfaßten Vorschrift „De sterrekundige plaatsbepalingen in den Indischen Archipel", Amsterdam 1851 nur niedrige Sterne benützt.

Bereits in den Jahren 1854 bis 1857 wurden durch die Gebrüder de Lange auf 24 Triangulationspunkten astronomische Azimute gemessen. Wegen der mangelhaften Versicherung der Stand- und Richtpunkte waren die geodätischen Azimute jedoch relativ ungenau, wodurch die großen Unterschiede (zwischen $+24",0$ und $-18",4$) zu erklären sind.

Durch die Ingenieure des Geographischen Dienstes wurden in den Jahren 1864 bis 1878 weitere 20 Azimutbestimmungen ausgeführt, welche auf eine noch näher zu besprechende Drehung des Javanetzes hinweisen. Diese Messungen wurden ausgeführt nach 2 Ost- und 2 West-Sternen mit einem mittleren Fehler von 1",5 bis 2",0. Außer den Azimutbestimmungen nach Sternen wurden in den Jahren 1866 bis 1872 auch einige nach der Sonne ausgeführt, welche die folgenden Differenzen mit den geodätischen Azimuten ergaben:

$+0",8 \quad -2",1 \quad -4",0 \quad +8",7 \quad +1",5 \quad +9",6.$

Der Vollständigkeit halber seien hier noch die Vergleichungen einiger geodätisch bestimmter Längenunterschiede mit den telegraphisch gefundenen Werten erwähnt:

Länge v. Batavia:	$-0^0\,55$	$-0^0\,0$	$+1^0\,45$	$+3^0\,36$	$+5^0\,55$	$+6^0\,6$
Astr.-geod.	$-8",4$	$-2",6$	$+3",9$	$+3",0$	$+1",5$	$+9",1$
Länge v. Batavia:	$+6^0\,52$	$+7^0\,34$				
Astr.-geod.	$+3",5$	$+7",5$				

Der mittlere Fehler einer telegraphischen Längenbestimmung wurde von Oudemans auf 2 bis 3" angegeben.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Die Orientierung des primären Netzes.

Die geographische Lage des Dreiecksnetzes wurde von Ing. Soeters durch astronomische Breiten — und Azimutbestimmungen auf dem

nördlichsten Dreieckspunkt von Mittel-Java, G. Genoek ausgeführt. Die Breitenbestimmung erfolgte durch Messung von 118 Cirkummeridian-Zenitdistanzen auf 8 Sterne und hatte einen mittleren Fehler von 0",18. Die Azimutbestimmung geschah mittels Beobachtung von Meridiandurchgängen und Chronometer; hierbei wurden 2 Ost- und 2 Weststerne in je 5 Randstellungen beobachtet. Der mittlere Fehler des berechneten Azimuts ist 0",43.

Nach der in Indien erfolgten Berechnung wurde das Dreiecksnetz orientiert. Bei einer später erfolgten Revision der Sternörter durch Dr. Kram in Holland ergab sich die Breite von Genoek um 0",20 größer, während das Azimut eine Veränderung von 0",54 erfuhr.

Als Nullmeridian für den Ost-Indischen Archipel wurde der Meridian des alten Zeitsignals am Hafen von Batavia gewählt. Wie bereits bei der Beschreibung der Triangulation erwähnt, war dieses Zeitsignal von keinem der umliegenden primären Punkte direkt sichtbar; im Jahre 1877 wurde daher der in unmittelbarer Nähe, nämlich auf 15 m Abstand liegende „Uitkijk" von 3 primären Punkten aus vorwärts eingeschnitten; die Zentrierungselemente Uitkijk-Zeitzignal wurden jedoch erst im Jahre 1887 bestimmt.

Berechnung des primären Netzes, Genauigkeitsuntersuchungen.

Im Jahre 1880 konnten die Feldarbeiten für das primäre Dreiecksnetz von Java abgeschlossen werden. Die Berechnungen wurden unter Leitung von Professor Oudemans, welcher bereits in 1875 nach Holland zurückgekehrt war, in Utrecht ausgeführt.

Nachdem die definitiven Resultate der drei Basismessungen vorlagen, wurde die Ausgleichung des primären Netzes von dem Ingenieur van Asperen ausgeführt; von einer strengen Ausgleichung wurde dabei wegen der großen Anzahl Bedingungsgleichungen abgesehen und eine partielle Ausgleichung vorgenommen. Hierbei wurden nur für einen kleinen, nicht zusammenhängenden Teil des Netzes die Methode der kleinsten Quadrate angewandt, während der größere Teil nach den Formeln der niederen Geodäsie schließend gemacht wurde, wobei man das Netz nacheinander die verschiedenen Bedingungen erfüllen ließ. Mit den Berechnungen begann man in West- und Ost-Java und kam so von beiden Seiten auf die Seite Tjerimai-Bangkok in Mittel-Java. Eine Berechnung der Seitenlängen mit den partiell ausgeglichenen Winkeln, ausgehend von den durch die Basisnetze gefundenen ersten primären Seiten ergab natürlich einen linearen Schlußfehler; anstatt diesen nun durch eine strenge Ausgleichung des Dreiecksnetzes zu verteilen, wurde der einfachere durch Ferro bei der Ausgleichung des italienischen Dreiecksnetzes zum ersten mal angewandte Weg gewählt, nämlich das Eliminieren dieses linearen Schlußfehlers durch Anbringen von Korrektionen an den Basislängen, wodurch diese untereinander in Übereinstimmung gebracht werden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Die Korrektionen betrugen

in West-Java 8,2 mm oder 2,1 Millionstel
in Mittel-Java 12,5 mm oder 3,0 Millionstel
in Ost-Java 4,5 mm oder 0,9 Millionstel.

Mit diesen verbesserten Grundlinien wurden sodann die Seitenlängen nach der Additamentenmethode, und ferner die Azimute und geographischen Koordinaten, ausgehend vom Goenoeng Genoek berechnet. Die geographischen Längen wurden ebenfalls von Genoek aus abgeleitet und erst später auf den Nullmeridian von Batavia umgerechnet.

Die Berechnung der geographischen Koordinaten und Azimute wurden nach den von Oudemans eigens hierzu abgeleiteten Formeln ausgeführt. Für die Berechnung des Längenunterschieds wurde hierbei das Erdellipsoid ersetzt durch eine Kugel, die das Ellipsoid nach den Parallelkreis Q berührt, während die Kugel für die Berechnung der Breitenunterschiede und Meridiankonvergenz das Ellipsoid in einem Parallelkreis von der gemittelten Breite $P—Q$ berührt. Alle Berechnungen wurden somit auf der Kugel ohne sphäroidische Korrektionen ausgeführt; diese Vernachlässigung wurde von Oudemans mit den verhältnismäßig kurzen Seitenlängen des javanischen primären Dreiecksnetzes (gemittelt 41 km), sowie der Lage Javas dicht beim Äquator gerechtfertigt.

Durch verschiedene Umstände wurden die Resultate der Dreiecksmessung erst im Jahre 1889 in Batavia empfangen; sie kamen für die erste topographische Aufnahme von Java zu spät, so daß diese ausschließlich mit den Koordinaten der ursprünglichen oder der vorläufig verbesserten Cheribonschen Grundlagen kartiert werden mußte. Für die 2. Aufnahme Javas (mit Ausnahme der Neumessung von Batavia 1869 bis 1879), die im Jahre 1896 begonnen wurde, und bis auf den heutigen Tag noch nicht abgeschlossen ist, bildet das primäre Netz von Oudemans noch stets die Grundlage, während die damals mit wesentlich geringerer Sorgfalt gemessenen sekundären Punkte größtenteils neu bestimmt werden mußten.

Was die Genauigkeit der primären Triangulation von Java anbetrifft, sind wir allein auf die Veröffentlichungen von Oudemans angewiesen. Spätere Untersuchungen sind hierüber m. W. nicht ausgeführt, obwohl bei einer einheitlichen Neumessung der sekundären Triangulation hierzu ohne übermäßige Kosten Gelegenheit gewesen wäre.

Das primäre Netz Javas umfaßt 141 Punkte, die zusammen 172 Dreiecke bilden. Der mittlere Fehler eines auf der Station ausgeglichenen Winkels ergibt nach der internationalen Formel von Ferro

$$m_\omega = \sqrt{\frac{[w\,w]}{3\,n}} = \sqrt{\frac{669.56}{516}} = \pm\,1'',14$$

und damit der mittlere Fehler einer Richtung

$$m_r = \frac{m_\omega}{\sqrt{2}} = \pm\,0'',81$$

Aus den bei der Netzausgleichung gefundenen Richtungsverbesserungen wurde der mittlere Fehler einer auf der Station ausgeglichenen Richtung berechnet zu

$$m = \pm 1'',55$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Die Häufigkeit der Winkelfehler zwischen bestimmten Grenzen beträgt nach einer Angabe Oudemans

m von 0″,00 bis	0″,50	in 318 Winkeln
0″,50	1″,00	136
1″,00	1″,50	55
1″,50	2″,00	23
2″,00	2″,50	8

Eine weitere Kontrolle des Javanetzes erfolgte durch die Ableitung des Erdkrümmungshalbmessers für die mittlere Breite des Netzes (— 7°,21). Aus dem 66 Eck, welches das primäre Netz einschließt, berechnete Oudemans einen Krümmungshalbmesser von 6273,8 km, während derselbe Wert nach Bessel 6357,8 km beträgt. Die Differenz von 17 km beträgt nach Oudemans nur etwa ¼ von dem nach dem Winkelmeßfehler zu erwartenden mittleren Fehler des Erdkrümmungshalbmessers.

Das Verbindungsnetz mit Sumatra.

Obwohl im Jahre 1868, als die Triangulation von West-Java nahezu vollendet war, noch keine Sprache von einer Triangulation der Inseln außer Java war, wurde doch von dem damaligen Ingenieur des Geographischen Dienstes Metzger auf das wünschenswerte einer vorläufigen Verbindung des Javanetzes mit Sumatra hingewiesen. Technische Schwierigkeiten bot dieser Übergang über die Sundastraße nicht, da der an der schmalsten Stelle 25 km breite Meerarm eine direkte Zielung gestattete und außerdem die Inseln Krakatau und Sabesi verhältnismäßig günstige Dreiecksformen gestatteten. Nach erfolgter Genehmigung von der Regierung wurden drei in Südsumatra liegende Gipfel, Radja-basa, Tangka-teloek und Keizerpiek bestimmt.

Nachdem im Jahr 1895/96 die Triangulation von Süd-Sumatra begonnen wurde, war man durch den Verlust der Punkte Krakatau und Sabesi, welche der furchtbaren Eruption des Krakatau im Jahre 1883 zum Opfer fielen, genötigt, die Verbindung zwischen Java und Sumatra aufs neue zu messen.

Das Süd-Sumatranetz, gemessen in den Jahren 1896 bis 1904, wurde ohne eigene Basismessung an drei primäre Punkte von West-Java angeschlossen; es erhielt jedoch eine eigene Orientierung durch astronomische Breiten- und Azimutbestimmung auf der primären Station G. Dempo, wobei die erstere einen mittleren Fehler von 0,21, und die Azimutbestimmung einen solchen von 0″,25 aufwies. Leitet man hieraus Breite und Azimut der primären Anschlußseite ab, dann ergibt sich eine Abweichung gegen die Orientierung des Javanetzes von + 6″,64 in der Breite und — 5″,18 im Azimut. Diese nicht unbeträchtliche Klaffung der primären Dreiecksnetze von Java und Süd-Sumatra wurde, was die geographische Breiten betrifft, in der Hauptsache den relativen Lotabweichungen auf den beiden Orientierungsstationen G. Genoek (Mittel-Java) und G. Dempo (Süd-Sumatra) zugeschrieben, während für die Differenz der Azimute eine ungünstige Fehleraufhäufung angenommen wurde.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bereits im Jahre 1926 wurde von Professor Schepers, Chef der Triangulations-Brigade in Batavia, auf die Möglichkeit gewiesen, daß der Unterschied von — 5″,18 zwischen dem geodätischen und astrono-

mischen Azimut auf G. Dempo unter Umständen durch relative Lotabweichung in dem Längenunterschied der beiden Orientierungs-Stationen verursacht sein konnte. Eine aus diesem Anlasse in 1928 ausgeführte Längenunterschiedsbestimmung zwischen G. Genoek (Java) und G. Dempo (Sumatra) wies jedoch auf einen durch Lotabweichung verursachten Azimutfehler von $+0''{,}32$, so daß angenommen werden muß, daß der westliche Teil des Javanetzes aus unbekannten Ursachen eine allmähliche Drehung oder eine plötzlich auftretende Knickung von $5''{,}5$ in positivem Drehsinne erfahren hat.

Durch die von Oudemans veröffentlichten [9]) Unterschiede der geodätischen und astronomischen Azimute wird diese positive Drehung von ca. 5" vollkommen bestätigt, während der systematische Charakter der Differenzen für den östlichen Teil des Javanetzes auf eine entgegengesetzte Knickung von etwa derselben Größenordnung schließen läßt.

Bandoeng, Java, den 7. Januar 1931.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

AHMAD D. FAIZ

PERPUS