Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 49 (1951)

Heft: 2

Artikel: Vermessungstechnische Probleme in der Ölindustrie Venezuelas

Autor: Trutmann, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-208328

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR

VERMESSUNG UND KULTURTECHNIK

Revue technique Suisse des Mensurations et du Génie rural

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik. Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft f. Photogrammetrie

Editeur: Société Suisse de Mensuration et du Génie rural. Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie

REDAKTION: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

Expedition, Administration und Inseratenannahme: BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR AG.

Schluß der Inseratenannahme am 6. jeden Monats

NR. 2 • IL. JAHRGANG
der „Schweizerischen Geometer-Zeitung"
Erscheinend am 2. Dienstag jeden Monats
13. FEBRUAR 1951
INSERATE: 25 Rp. per einspalt. mm-Zeile. Bei Wiederholungen Rabatt gemäß spez. Tarif

ABONNEMENTE:
Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 20.— jährlich
Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie Fr. 10.— jährlich
Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Vereins f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik

Vermessungstechnische Probleme in der Ölindustrie Venezuelas

Von O. Trutmann, Orselina
ehemaligem Chef der topographischen Abteilung
der Shell Caribbean Petroleum Co.

Es ist allgemein bekannt, daß ein schöner Prozentsatz unserer technisch gebildeten Jugend schon früh nach Absolvierung der Studien ins Ausland auswandert, um dort in allen möglichen Betrieben ihr Auskommen zu suchen. Weniger bekannt dürfte sein, daß von den auswandernden Vermessungsingenieuren, Geometern und Technikern ein großer Teil von der Ölindustrie aufgenommen wird, wovon vom Schweizer Kontingent wohl die meisten von der Royal-Dutch-Shell-Gruppe engagiert werden, wo sie mit Kollegen aus aller Herren Ländern zusammentreffen. Sehr bald erkennen sie auch, daß sie mit dem Vertragsabschluß nun zu einem Glied einer wahrhaft weltumspannenden Organisation geworden sind; doch braucht es wohl eine geraume Zeit, bis sie sich erklären können, warum in der Ölindustrie auch die Vermessung eine ganz wichtige Rolle zu spielen vermag. Gerade weil viele unserer Landsleute in dieser Industrie ihr gutes Auskommen finden, glaube ich, sei es nicht unangebracht, wenn an dieser Stelle einmal die Probleme etwas näher betrachtet werden, die sich der Vermessung im Ölbetrieb stellen. Dabei möchte ich vorausschikken, daß ich über Aufgaben sprechen werde, die sich in der Hauptsache auf meine langjährige Tätigkeit mit der Royal-Dutch-Shell-Gruppe in Venezuela beziehen. Doch auch in andern Ländern stellen sich diese Pro-

bleme in ähnlicher Form und müssen auch mehr oder weniger gleich gelöst werden. Es kann sich im folgenden übrigens nicht darum handeln, ausgeführte Vermessungswerke im Detail zu beschreiben oder gar auf eine nähere Analyse ihrer Genauigkeit einzutreten. Es soll davon gesprochen werden, wie die Vermessungstechnik mit anderen Zweigen der Ölindustrie zusammenhängt und welche Anforderungen an sie gestellt werden.

In großen Zügen kann man die Vermessungsarbeiten der Ölindustrie in drei Hauptgruppen aufteilen und zwar in die Explorations-, die Konzessions- und die Installations-(Ölfelder-)Vermessungen. Sie sollen nachstehend in dieser Reihenfolge besprochen werden.

1. *Die Explorations-Vermessung*

Bevor eine Gesellschaft sich ein bestimmtes Gebiet für die Ausbeutung von Petroleum auswählen kann, sind in den weitaus überwiegenden Fällen langjährige geologische und geophysische Untersuchungen notwendig, die festzustellen haben, wo mit guter Wahrscheinlichkeit Ölvorkommen zu erwarten sind. Diese Untersuchungen erstrecken sich oft über enorme Ausdehnungen, wovon schließlich nur relativ sehr kleine Teile die primären Bedingungen erfüllen, die auf mögliche Ölvorkommnisse schließen lassen. Dieser Umstand allein bedingt schon eine ökonomische Anpassung der Vermessung, die darin besteht, brauchbare Karten herzustellen, ohne dadurch die schon gewaltigen Kosten einer geologischen Exploration durch unnötige Genauigkeitsanforderungen noch ungebührend zu erhöhen. Alles, was verlangt wird, ist eine topographische Unterlage, die auf kleinmaßstäblichen Karten noch eine gute Korrelation aller aufgefundenen geologischen Aufschlüsse gewährleistet, die noch durch geophysische Untersuchungen vervollständigt werden. Je nach topographischer Beschaffung der Explorationsgebiete werden solche Karten in Maßstäben von 1:25000 bis 1:100000 aufgenommen. Schon dadurch ergeben sich für die Feldaufnahmen weite Fehlertoleranzen, die noch liberaler gehalten werden dürfen, weil auch größere Ungenauigkeiten, die sogar auf solchen kleinmaßstäblichen Karten noch oft recht ansehnliche Korrekturen verlangen, trotzdem noch den Anforderungen genügen, die der Aufgabe gestellt sind. Zum bessern Verständnis dieses Punktes sei hier in Kürze das Prinzip der geologischen Bodenuntersuchung, sofern diese mit Hilfe der Kartierung korreliert werden muß, an einem Beispiel beschrieben.

In Fig. 1 ist eine einfache antiklinale Struktur dargestellt, die, soweit auch andere geologische Bedingungen erfüllt sind, eigentlich die ideale Form zur Akkumulation von Öl ist. In ihr würden sich das Öl und die Ölgase im Scheitel der Antiklinale unter hohem Druck im porösen Gestein der Formation B angesammelt haben, wobei ein Entweichen aus diesem natürlichen Reservoir durch die zwei undurchlässigen Schichten A und C verhindert wird. Es ist nun eine der Hauptaufgaben des Geologen, die Achse einer derartigen Antiklinale durch Messung der Richtung (strike) und der Neigung (dip) an Aufschlüssen (outcrops) zu bestimmen, also überall da, wo die Gesteinsschichten durch Erosion an der Erdoberfläche

freigelegt wurden (siehe Fig. 2). In dem in Fig. 1 illustrierten Beispiel könnte also die Lage der Antiklinalachse aus den Messungen von zwei Aufschlüssen in *a* und *b* ungefähr festgelegt werden, vorausgesetzt, daß auch die Lage und die ungefähre Höhe beider Punkte sowie die physischen Eigenschaften der Gesteine, die eine eindeutige Korrelation gestatten, bekannt sind.

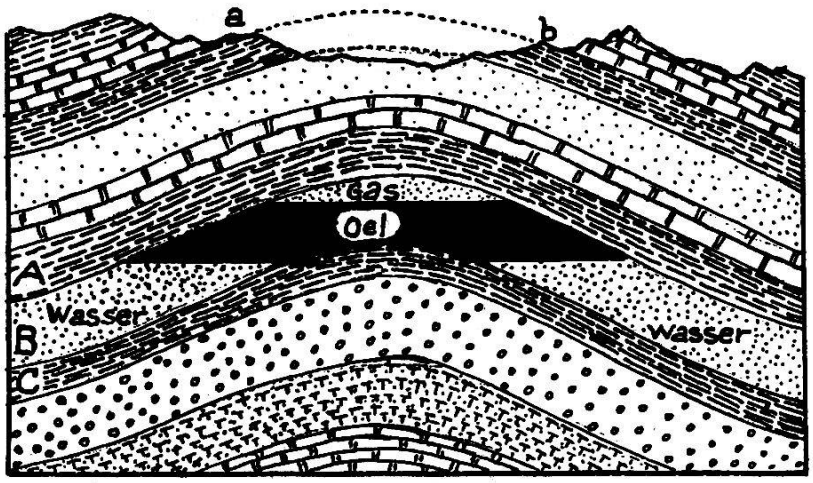

Fig. 1

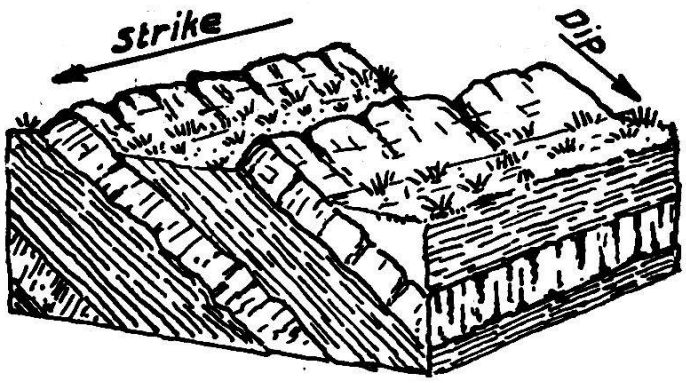

Fig. 2

In der Praxis stellt sich das Problem natürlich nicht so einfach. Petroleumvorkommen finden sich meistens in den Niederungen, wo Aufschlüsse relativ selten offen zutage treten und sehr oft nicht eindeutig bestimmt werden können. Vielfach auch sind große Gebiete mit Alluvialmaterial zugedeckt, was zu lückenhaften Angaben des Strukturverlaufes führt. Eine ungemein dichte Vegetation, die besonders den venezolanischen Urwäldern eigen ist, erschwert die Aufgabe noch mehr und es braucht entschieden großes Geschick und hartnäckige Ausdauer, um aus solchen Gebieten alle die Informationen zu sammeln, so daß mit ihnen noch ein brauchbares, wenn auch noch spekulatives Bild des geologischen Aufbaues des Erdinnern konstruiert werden kann. Denn zu den oben aufgeführten Schwierigkeiten gesellen sich noch solche rein geologischer Natur. Die gewaltigen Kräfte, die unsere Erdkruste vom Meeresboden auf Berge zu

heben vermochten, haben überall ihre Spuren hinterlassen. Die ursprünglichen Schichten wurden zerrissen, gebrochen, übereinandergeschoben und zerpreßt. Es darf daher nicht verwundern, wenn die oft dürftigen und so mühsam gesammelten Feldinformationen für die Interpretation noch einen weiten Raum zu Spekulationen übrig lassen und es hat mir auch noch kein Geologe übel genommen, wenn ich ihm sagte, es gehöre zu seinem großen wissenschaftlichen Können wohl auch noch eine fast ebenso große Phantasie. Vielleicht beruht ja eben darin der eigentliche Reiz dieses interessanten Berufes. Jedenfalls dürfte daraus nun geschlossen werden, daß auch dem Topographen, wenn nicht gerade phantastische, so doch recht weite Fehlergrenzen für seine Arbeit gezogen sind, ohne damit die endgültigen Resultate der geologischen Studien und Schlußfolgerungen in Gefahr zu bringen. Andererseits wäre es grundfalsch, anzunehmen, dieser große Spielraum der Kartierungsgenauigkeit öffne nun Tür und Tor für eine flüchtige und nachlässige Arbeit. Gerade weil man aus den relativ großen Abschlußfehlern nicht mehr erkennen kann, ob sie sich aus zusammenwirkenden systematischen und zufälligen Ungenauigkeiten oder aus groben Fehlern zusammensetzen, muß mit doppelter Vorsicht und Gewissenhaftigkeit vorgegangen werden. In der Tat braucht es in mancher Beziehung weniger Geschicklichkeit, eine Präzisionsvermessung zum guten Ende zu führen, als eine brauchbare Kartierung aus den oft ganz verschiedenen Aufnahmemethoden, die in derartigen Vermessungen zur Anwendung kommen, zu schaffen.

Bei der Kartierung solcher Explorationsarbeiten kam in früheren Jahren die sogenannte „*Route Survey*“ zur Anwendung. Die Methode beruht auf einer guten Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit eines Läufers, Pferdes, Bootes oder eines anderen Transportmittels, wie Auto und Lastwagen. Während die Distanzen so zwischen zwei sich auf der Reiseroute folgenden Merkmalen (Bäume, Häuser, Steine und dergleichen) roh ermittelt werden, werden die dazu gehörenden Richtungen mit der Handbussole gemessen, alles, ohne dabei den fließenden Gang der Reise ins Stocken zu bringen. Gleichzeitig werden alle wichtigen Details, denen man begegnet, schätzungsweise in die Routenkroquis eingetragen. Es braucht für diese Arbeit natürlich eine besondere Übung, und es gibt Beobachter, die es darin zu einer erstaunlichen Fertigkeit bringen. Mit mechanischen Transportmitteln kann die Methode bis zu einem gewissen Grade noch verfeinert werden. z.B. bei Autoreisen wird es nicht gleichgültig sein, ob man auf hart oder weich aufgepumpten Pneus fährt. Eine Kontrolle des Luftdruckes wird eine bessere Abstimmung des Kilometerzählers mit einer Vergleichsdistanz ergeben. Es gibt heute sogar Registrierapparate, die in ein Auto eingebaut werden können, welche die Fahrroute automatisch auf Papierstreifen aufzeichnen. In offenen Geländen ergeben auch Richtungsmessungen auf entfernte Punkte gute Kontrollen und in unbewaldeten Hügelgebieten ist eine Beobachtung von Dreiecksketten sehr oft möglich, ohne dabei einen einzigen Punkt signalisieren zu müssen. Auch Aufnahmen mit gewöhnlichen Photokameras können wertvolle Beiträge für die Ausarbeitung von Kartierungen leisten.

Die *Höhen* werden in der Regel mit Federbarometern gemessen, wovon einige Typen ganz ordentliche Resultate ergeben. Bei „Route Surveys", wo Standquartiere selten sind, fehlt leider oft die Möglichkeit, die Feldbeobachtungen auf die Ablesungen an einem Standbarometer reduzieren zu können. Glücklicherweise verhalten sich die atmosphärischen Variationen des Luftdruckes in den Tropen viel regelmäßiger als beispielsweise in der Schweiz. Sie lassen sich sogar auf eine mittlere tägliche Variationskurve zusammenfassen, mit welcher die Feldbeobachtungen korrigiert werden können.

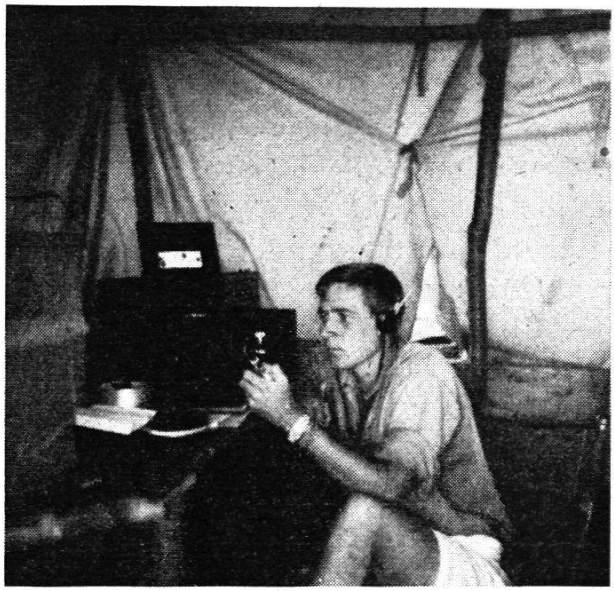

Abbildung 1. Chronometer-Kontrolle mit Radio

Es ist klar, daß diese rohen Kartierungen in Gebieten, wo überhaupt keine Vermessungsgrundlage vorhanden ist, auf möglichst gut beobachtete *astronomische Ortsbestimmungen* verankert werden müssen, die 50 bis 100 km auseinander liegen können. In Venezuela wurden von der „Shell" etwas über 200 Ortsbestimmungen gemacht. Daß diese nicht mit allen Raffinements durchgeführt werden konnten, liegt auf der Hand, da auch hier der Kostenpunkt berücksichtigt werden mußte und zudem die für feine Bestimmungen notwendige Kenntnis der Lotabweichung nicht ermittelt werden konnte. Man machte immerhin die Erfahrung, daß die innere Genauigkeit der meisten Beobachtungen innerhalb 1 bis 2 Bogensekunden zu liegen kam, was zur Annahme verleiten könnte, die Punktlage selbst sei auf etwa 30 m genau bestimmt. Später durchgeführte genaue Vermessungen, an die auch früher beobachtete astronomische Punkte angeschlossen wurden, ergaben aber in einigen Fällen weit größere Abweichungen, die bis das 10fache des obigen Betrages erreichten. Die so kontrollierten Punkte liegen allerdings in unmittelbarer Nähe der großen Bergmassive der Anden, wo die Lotabweichungen offenbar recht große Beträge erreichen.

In die Explorationsvermessungen gehören ferner die schon oben ange-

deuteten Aufnahmen in Verbindung mit *Seismographischen* und *gravimetrischen Untersuchungen.*

Die seismographische Methode der Erdforschung beruht darauf, durch die Detonation von Explosivstoffen künstliche Erdbeben zu erzeugen, deren schwache Wellen durch den Seismographen, der in einiger Distanz vom Detonationspunkt aufgestellt wird, registriert werden. Da die Wellen der Erschütterung in harten, kompakten Formationen sich schneller fortbewegen als in weichen Formationen und weil sie durch gewisse Schichten reflektiert werden, können die Aufzeichnungen des Seismographen auf den unterirdischen Strukturen-Aufbau analysiert werden. Die Zusammensetzung einer seismographischen Explorationspartie ist eine ziemlich schwerfällige Angelegenheit. Die schweren Apparate und Instrumente müssen auf Lastwagen transportiert werden, ebenso die Bohrmaschinen, mit denen die Sprenglöcher vorbereitet werden müssen, eine Operation, die wiederum die tägliche Zufuhr von vielen Tonnen Wasser bedingt. In unwegbaren Urwaldgebieten, wo Fahrwege, Brücken und Camps, alles selbst gebaut werden muß, wird eine derartige Explorationspartie zu einem recht kostspieligen Unternehmen, besteht sie doch aus einem Dutzend Spezialisten und zwischen 50 und 100 Arbeitern. Die Aufgabe des der Partie zugeteilten Topographen besteht nicht nur in der Aufnahme der seismographischen Sektionen und der vielen hundert Schußlöcher, sondern er muß noch, vorausarbeitend, die beste Route für die Erstellung der Transportwege, Campplätze usw. rekognoszieren, vielfach sogar noch deren Konstruktion überwachen. Die Messung selbst geschieht durch Bussolenzüge, wofür der Wildsche Bussolentheodolit ausgezeichnet geeignet ist, besonders, wenn auf dem Fernrohr noch eine Libelle angebracht wird, die eine genauere Höhenmessung gestattet, als dies mit dem kleinen Kollimationsniveau möglich ist. Dieses außerordentliche, zweckmäßige Instrument soll weiter unten noch besprochen werden, ebenso die Bussolenzüge, die in vielen Arbeiten vorteilhafte Anwendung finden und besondere Aufmerksamkeit verdienen.

Die Gravimeter-Methode der Erdforschung beruht auf der Registrierung der Schwerkraft durch äußerst sensible und ebenso delikate Instrumente, wie die Drehwaage, das Pendulum, oder den Gravimeter. Die erstgenannten zwei Instrumente sind in neuerer Zeit fast ganz vom leicht gebauten Gravimeter verdrängt worden. Die Beobachtung mit diesem Instrument geht sehr rasch vonstatten, braucht ein Minimum von Arbeitskräften und ist beweglicher, als es dem Topographen, der einer solchen Gruppe zugeteilt wird, lieb ist. Die in jüngster Zeit in Betrieb genommenen Instrumente verlangen sogar eine 2- bis 3 köpfige Vermessungsgruppe, um mit dem Beobachtungsfortschritt dieses Instrumentes Schritt halten zu können. Auch hier kommt der Wildsche Bussolentheodolit mit großem Vorteil zur Anwendung; doch muß die Höhenbestimmung der Gravimeterstationen genauer gemacht werden als bei seismographischen Untersuchungen. Für die Lagefehler dürfen hingegen größere Fehlergrenzen gesetzt werden.

Ähnlich wie bei Seismographen, wo die registrierten Vibrationswel-

len auf gewisse geologische Eigenarten des Erdinnern schließen lassen, können die feinen Variationen der Gravimeterkräfte, die von Station zu Station am Gravimeter abgelesen werden, durch mathematische Analyse einen weiteren Beitrag zur Kenntnis der unterirdischen Struktur geben. Beide Methoden sind da von ganz besonderer Bedeutung, wo die konven-

Abbildung 2. Guaraunos-Indianer, eine Drehwaage tragend

tionellen geologischen Bodenuntersuchungen keine Resultate mehr zeitigen, wie das in großen Alluvialgebieten, Sümpfen oder gar den Küstenwassern von Meeren und Seen der Fall ist. Bei Sumpfaufnahmen muß zudem mit zusätzlichen Schwierigkeiten gerechnet werden, weil Sümpfe immer schwer zugänglich sind. Doch wo Ölvorkommen vermutet werden, gibt es keinen Halt. Für die Exploration solcher Gebiete werden in neuerer Zeit nun auch Heliokopter eingesetzt, die besonders für Gravimetermessungen sehr geeignet sind. Die Lage der Stationen wird dabei jeweils von dafür eigens errichteten Beobachtungstürmen vorwärts eingeschnitten. Ausgedehnte Aufnahmen dieser Art wurden in den großen Sümpfen Floridas mit gutem Erfolg ausgeführt. Auch Radar und andere elektronische Meßverfahren können zur Lösung derartiger Probleme beitragen und werden zweifelsohne in naher Zukunft an Bedeutung gewinnen, besonders da, wo die klassischen Methoden zu teuer oder gar nicht anwendbar sind.

Zu den oben angeführten geophysischen Bodenuntersuchungen gesellen sich noch andere, die hier aber nicht beschrieben werden können.

Magnetische Untersuchungen, die heute sehr rasch über große Gebiete vom Flugzeug aus gemacht werden, ferner photogeologische, petrologische und paläontologische, ja sogar chemische Studien gehören zur modernen Petroleumexploration. Sie alle müssen mit ihrer Lage auf geologischen Karten korreliert werden können, wofür die Vermessung die nötigen Unterlagen zu liefern hat.

Die weiter oben beschriebenen „Route Surveys" werden auch heute noch da und dort ihre Anwendung finden, in der Hauptsache aber sind sie schon längst durch die *Luftphotogrammetrie* verdrängt worden. Wenn schon diese Methode auch in Ländern mit schon bestehenden Intensiv-Vermessungen trotzdem zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel der Vermessung geworden ist, so kann man sich leicht vorstellen, welch unschätzbare Vorteile sie erst in Ländern bietet, wo noch gewaltige Gebiete ganz unerschlossen sind oder doch wenigstens nur sehr dürftige und unzuverlässige Grundlagen einer Vermessung aufweisen. Die Ölgesellschaften haben denn auch rasch diese Vorteile eingesehen, und zwar nicht nur wegen der vermessungstechnischen Vorzüge, sondern weil Luftphotographien eine überraschende Menge wertvollster geologischer Details aufzeigen, die durch die Bodenexploration gar nicht erfaßt oder sogar überschaut werden können und sich auf jeden Fall nie in solch übersichtlichem Zusammenhang präsentieren, wie es im Bilde aus der Luft ermöglicht wird, wo je nach Bildmaßstab eine Fläche von 10 bis 20 km² und mehr auf einem einzigen Bildpaar als stereoskopisches Modell betrachtet werden kann. *Die Photogeologie* kann selbstverständlich die direkten Bodenuntersuchungen nicht ersetzen; diese ist und bleibt die fundamentale Basis der geologischen Wissenschaft. Sie kann aber die Aufgabe des Feldgeologen wesentlich erleichtern, weil dieser in unbekannten Gebieten seine Expeditionen nun viel planmäßiger zu organisieren vermag. Die Photographien dienen ihm sozusagen als Wegweiser und erleichtern ihm das Auffinden von interessanten und wichtigen Aufschlüssen. Bemerkenswert ist, daß Bilder von vollkommen mit Urwald bedeckten Regionen diese Details noch deutlich zeigen, was für die Feldarbeit mehr denn anderswo von unschätzbarem Werte ist.

Selbstverständlich wird auch die Vermessung ihre besonderen Interessen aus der Auswertung von Luftaufnahmen nicht vernachlässigen. Es braucht hier wohl kaum angeführt zu werden, welche Hilfe sie dem Topographen zu bieten vermag; sie ist jedem zu offenbar. Man möge mir trotzdem verzeihen, wenn ich glaube, daß die enormen Vorzüge der Photogrammetrie nur dem voll und ganz zum Bewußsein kommen, der die mühsamen Feldarbeiten des Topographen in den Tropen kennt und weiß, wie er sich abplagen muß, bis er am Ende seiner Tagesarbeit wieder ein paar dürftige Details aus dem verschwitzten Feldbuch in seine Karte eintragen kann. Für ihn wird das Betrachten eines Bildpaares nicht zur Selbstverständlichkeit oder gar zu einer gefühllosen Routine. Er sieht darin mehr als nur eine kartographische Auswertung des Bildes. Er sieht wieder seine früheren Strapazen im Felde, seine Abgeschlossenheit von der Außenwelt, die Transportschwierigkeiten und den ewigen Kampf mit einer allzu üppi-

gen Vegetation, durch die für jede Sicht zuerst ein Durchhau geschlagen werden muß. Er erinnert sich an die Moskitoschwärme, die Ameisenplage, an die heißfeuchten Nächte unter der Zeltblache, und wenn er in den Indianergebieten Venezuelas arbeitete, denkt er wieder an die immer lauernde Gefahr der Motilonesangriffe. Aber er sieht auch, wie unbeholfen er inmitten dieser Natur war, die zu kartieren er ausgesandt wurde. Denn was

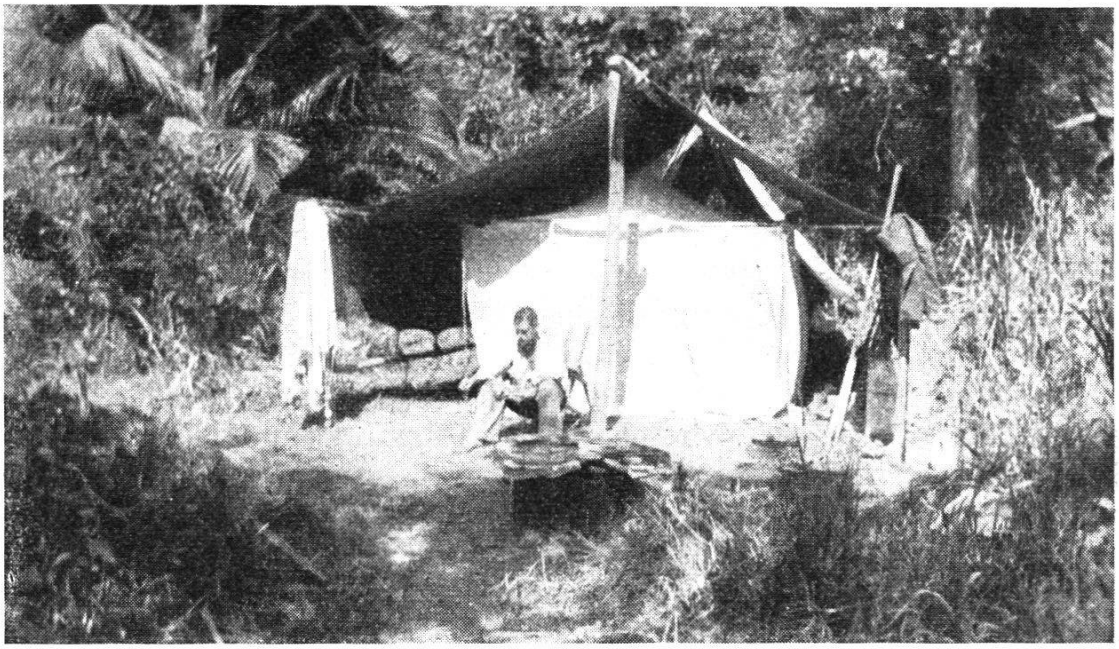

Abbildung 3. Camp im Urwald

im Urwald nicht direkt durch die Aufnahmeroute gekreuzt wird, bleibt schon einige Meter davon unkartiert, weil der Unterbusch jede Weitersicht verhindert, so daß die Verbindung einzelner Aufnahmepunkte nur skizzenhaft angedeutet werden kann oder überhaupt offengelassen werden muß, es sei denn, man verfolge ein Aufnahmeobjekt, wie Wasserläufe, Sumpfränder, Wege usw., auf Schritt und Tritt, was oft mit einem allzu teuren Zeitaufwand zu bezahlen wäre und somit nur für Spezialzwecke in Frage kommen kann. Den Topographen lassen solche Arbeiten doch etwas unbefriedigt, da trotz seiner Mühen nur ein oft zusammenhangloses und manchmal skizzenhaftes Werk entsteht. Daher wird das Betrachten eines Luftbildes für ihn zu einem besonderen Erlebnis und ich glaube sogar, daß er mit dankbaren Gefühlen an alle die Männer denken wird, die dieses wunderbare Hilfsmittel der modernen Vermessung entwickeln halfen, das ihm nun so viele Mühe erspart.

So wie für die geologischen Aufnahmen wird die Luftphotogrammetrie auch für die Vermessung nicht alle Feldarbeiten ersetzen können. Kontrollpunkte, Ergänzungen usw. werden immer noch einen ansehnlichen Teil des Vermessungsbudgets beanspruchen. Immerhin dürfte in Venezuela der Zeitpunkt gekommen sein, wo rohe Kartierungen, wie sie für geologische Vorstudien verlangt werden, in den meisten Fällen ohne wesent-

liche Feldarbeiten erstellt werden können. Jedenfalls trifft das für diejenigen Zonen zu, die noch Interesse für die Ölindustrie bieten. Sie liegen alle nördlich des Orinoco- und Meta-Flusses. Alle diese Gebiete sind nun zum größten Teil mit Flugaufnahmen gedeckt, wovon unter der Leitung der topographischen Abteilung der Shell als gemeinschaftliches Projekt in Verbindung mit anderen Ölgesellschaften eine Fläche von rund 100000 km² beflogen wurde. Auf Einzelheiten dieses großen Projektes kann hier nicht eingegangen werden. Es seien im folgenden also nur einige Punkte von allgemeinem Interesse hervorgehoben.

Die athmosphärischen Verhältnisse für Luftaufnahmen sind in den Tropen im allgemeinen sehr ungünstig. Wenn es auch das ganze Jahr fast alle Tage brennende Sonnenstunden gibt, so will das nichts bedeuten und führt zur oft geäußerten irrigen Annahme, günstige Flugbedingungen seien fast immer vorhanden. In Wirklichkeit gibt es, wenigstens in Venezuela, während eines Jahres kaum einen einzigen ganzen Tag, der klar genug wäre, um gute Bilder zu fliegen. Die Regenzeit dauert in der Regel vom Mai bis zum November, die durch kurze und zeitlich unbestimmte Schönwetterperioden unterbrochen werden kann. Während der Regenperiode läßt sich also kein wirtschaftliches Flugprogramm aufstellen, weil die Wartezeit auf die wenigen günstigen Flugstunden, die sich eventuell einstellen könnten, viel zu lange ist. Für aussichtsreiche Flüge kommt also nur die Zeit von Ende November bis etwa Ende März in Betracht, weil im April die Wolkenbildung schon sehr stark zunimmt. Auch in den drei günstigen Monaten sind die Witterungsverhältnisse schwierig. In der Regel können auch an guten Tagen wolkenlose Aufnahmen nur zwischen 7 Uhr und 9 Uhr morgens gemacht werden, weil nachher die einsetzende Bewölkung oder Dunst eine ununterbrochene Streifenaufnahme verhindert. Die besten Aufnahmen sind unmittelbar nach der Regenzeit zu erwarten. In der vorgerückten Trockenzeit wird die Atmosphäre durch feinen Sandstaub und Rauch so stark verdunstet, daß auch bei wolkenlosem Himmel Aufnahmen aus Höhen über tausend Meter wochenlang verunmöglicht werden. Solche Umstände stellen an das Flugpersonal große Anforderungen. Es darf trotz unzähligen fruchtlosen Flügen die Geduld nicht verlieren, und wenn dann endlich der große Moment einiger klarer Stunden kommt, muß jede günstige Minute ausgenützt werden. Um dennoch eine möglichst große Fläche in kürzester Zeit decken zu können, mußten im vorliegenden Projekt zeitweise vier bis fünf Flugzeuge eingesetzt werden.

Die Aufnahmen wurden mit Filmkameras für Bildgrößen von 9 × 9 Zoll (23 cm) mit Weitwinkelobjektiven von 13 cm und 15 cm Brennweite in Maßstäben von 20 000 und 40 000, je nach Zone, gemacht. Die Flughöhen lagen daher zwischen 3000 und 6000 Meter über Boden, was sehr leistungsfähige Flugzeugtypen verlangte. Man mag einwenden, daß für eine Präzisionsauswertung diese Kameratypen ungeeignet sind. Man muß aber auch hier wieder den besonderen Umständen Rechnung tragen. Gegenüber einer 18 × 18-cm-Kamera, die in Europa üblich ist, muß für Gebiete mit mangelhafter Bodenkontrolle und kriti-

schen meteorologischen Verhältnissen unbedingt dem größeren Format der Vorzug gegeben werden. Der Zeitgewinn ist ausschlaggebend, und überdies ist dieses Format für photogeologische Studien vorteilhafter, weil geomorphologische Zusammenhänge in einem größeren stereoskopischen Bilde besser erfaßt werden können als in einem flächenmäßig beschränkten Modell.

Die Auswertung muß ebenfalls den besonderen Umständen angepaßt werden. Sie muß zu raschen Resultaten führen, weil die Feldexploration meistens schon im Gange ist, wenn die Flüge ausgeführt und die Karten dringend verlangt werden. Für solche Zwecke wird die in den USA. entwickelte „Slotted-Template"-Methode zu sehr zufriedenstellenden Resultaten führen. Sie kommt natürlich für eine möglichst genaue Auswertung, wie sie in Europa verlangt wird, nicht in Frage. Sie ist darum hier auch wenig bekannt, und auch in der Fachliteratur scheint sie kaum erwähnt zu werden. Sie sei daher hier in Kürze beschrieben.

Das Prinzip der „Slotted Template" beruht auf der Radial-Triangulation, bei der man voraussetzt, daß die vom Hauptpunkte eines Vertikalbildes gezogenen Richtungen verzerrungsfrei sind. Bei einer genügenden Überdeckung der Bilder (65 % in der Flugrichtung und 20–35 % seitlich), werden die Haupt- und Hilfspunkte sowie auch alle identifizierbaren Kontrollpunkte sorgfältig auf die benachbarten Bilder übertragen und numeriert. Die Punkte jedes Bildes werden nun auf etwa ein Millimeter dicke Kartonblätter durchgestochen, wo sie markiert und mit Nummern versehen werden. Der Hauptpunkt wird nun durchgestanzt, so daß sein Zentrum durch ein kreisrundes Loch von etwa 3 mm Durchmesser bestimmt ist. Damit kann der Karton auf einen ebenso dicken Stift eines Stanzapparates eingesetzt werden, um welchen der Karton so gedreht werden kann, daß jeder Hilfspunkt genau unter eine Spitze gebracht werden kann, die fest in der Mitte eines etwa 5 cm langen und etwa 3 mm breiten Stanzmessers befestigt ist. Mit einem Handhebel wird dann jeweils die Strahlenrichtung jedes Punktes in den Karton eingestanzt, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist. Für jedes Bild wird ein derartiges Karton vorbereitet. was sehr rasch und mühelos geschieht, auch wenn man bedenkt, daß für größere Gebiete viele hundert solcher Kartons gestanzt werden müssen, von denen jedes mindestens acht Strahlen besitzt.

Der nächste Schritt besteht nun im Auslegen dieser Kartons (Templates). Dazu wird am besten ein möglichst stabiles Auslegepodium erstellt, das je nach Größe der Kartierungszone einen Plan von 4 bis 5 Metern Seitendimension zu erstellen erlaubt. Die Unterlage wird beispielsweise aus möglichst verzerrungsfreiem Karton gewählt, den man mit weißem Leimkalk übermalt, worauf das Koordinatennetz mit einem Messer eingeritzt werden kann. Hierauf werden alle bekannten Bodenkontrollpunkte mit ihren Koordinaten aufgetragen und zwar mit Vorteil im mittleren Bildmaßstab. Theoretisch kann man natürlich das Auslegen der „Templates" in einem anderen Maßstab machen, wobei allerdings die gestanzten Schlitze der Strahlen nach außen oder gegen den Hauptpunkt verlängert werden müssen, je nachdem der Maßstab größer oder kleiner

als der Bildmaßstab gewählt wird. Auf jeden aufgetragenen Kontrollpunkt wird nun ein mit einer Zentrierspitze versehener Bolzen gesetzt, der im Durchmesser genau der Breite eines gestanzten Strahlenschnittes entspricht und etwa 1 cm hoch ist. Nach diesen Vorbereitungen beginnt man mit dem Auslegen der Flugstreifen. Das erste „Template" wird so auf den Plan gelegt, daß der Bolzen des ersten Kontrollpunktes in den Schlitz seines Strahls zu sitzen kommt. Alle anderen Strahlen dieses ersten „Templates"' werden mit gleichartigen, auf runden Gleitscheibchen befestigten

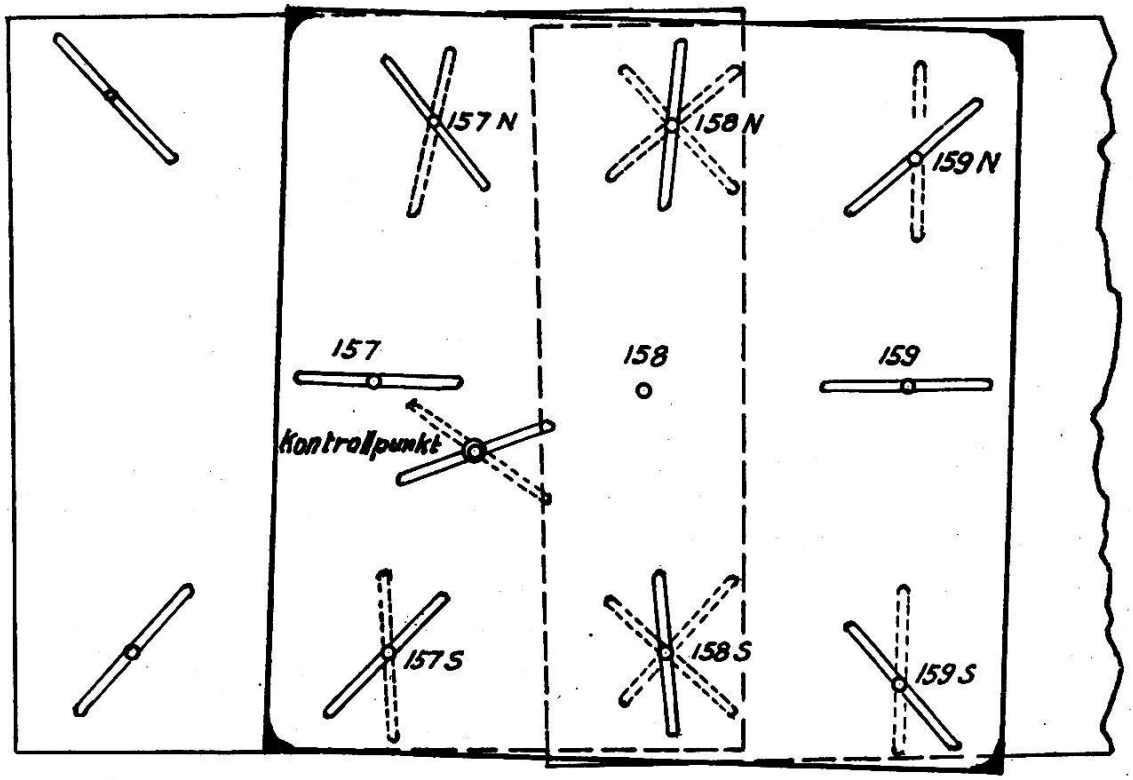

Fig. 3

Bolzen versehen, mit dem Unterschied, daß diese noch frei in der Richtung ihrer Strahlen beweglich sind. Das zweite „Template" wird dann mit seiner Überdeckung auf das erste gelegt, wobei die in ihm enthaltenen Strahlenschlitze mit denen gleicher Punkte des ersten „Templates" Schnitte ergeben, durch die die Bolzen in ihrer Lage vorläufig bestimmt sind (Fig. 3). Man fährt mit dem Auslegen eines Flugstreifens in dieser Art fort, bis er am nächsten Kontrollpunkt angeschlossen werden kann. Bei einer längeren Überbrückung ist nun allerdings ein einzelner Streifen in seiner Mittelpartie noch leicht seitlich beweglich; denn die Bolzen, die in den Schlitzen leicht verschiebbar sein sollen, weisen doch etwas Spiel auf und verursachen vorläufig noch eine gewisse Elastizität des Streifens. Aber schon nach Auslegen der beiden seitlichen Nachbarstreifen wird sich eine merkliche Versteifung der zusammengefügten „Templates" einstellen, die noch vergrößert wird, wenn zusätzliche Kontrollpunkte in der so erweiterten Zone angeschlossen werden können. In der Regel tut man gut, die ganze zu kartierende Region mit den „Templates" zu belegen, um

so einen homogenen Fehlerausgleich über das ganze Gebiet anzustreben. Ungenaue Koordinaten der Kontrollpunkte, Richtungsfehler, fehlerhafte Haupt- und Hilfspunkt-Übertragungen usw. wirken sich sofort in Zwängen zwischen den „Templates" aus, worauf solche Stellen nachkontrolliert werden müssen. Zuletzt wird man alle die so gewonnenen Positionen der Haupt- und Hilfspunkte auf die unter den „Templates" liegende Planfläche durchstechen, was mit einer Nadel durch die hohlen Bolzenachsen geschieht. Durch Abgreifen der Koordinaten können diese in einem Register zusammengestellt werden, oder man kann die ganze bearbeitete Fläche in Planpausen aufteilen, in die man die Punkte direkt durchkopiert.

Jedes Bild enthält nun mindestens 8 mit Koordinaten bekannte Punkte, die die Entzerrung des übrigen Details ermöglichen. Wenn man über keine besonderen Hilfsmittel verfügt, wird man so vorgehen, daß man mit Hilfe des Spiegelstereoskopes die topographischen Einzelheiten auf gut transparente Zeichenfolien übernimmt, in die auch die Bildlage der Haupt- und Hilfspunkte markiert wird. Diese Transparente können dann mit einem einfachen, nötigenfalls selbstkonstruierten Gerät entzerrt werden.

Die „Slotted-Template"-Methode beschränkt sich natürlich auf die Auswertung der Planimetrie und eignet sich nicht zur Erstellung von topographischen Karten mit Höhenkurven. Wenn es sich aber nur um eine ungefähre Darstellung der Terrainformen handelt, wie dies in den oben beschriebenen Explorationen meistens der Fall ist, so kann man sich auch hier mit Hausmitteln behelfen, die der Aufgabe genügen. Die „Slotted-Template"-Methode hat aber den großen Vorteil, leicht verständlich zu sein, was das Einarbeiten von Hilfspersonal ohne besondere Kenntnisse der Photogrammetrie sehr erleichtert. Damit kann der Arbeitsfortschritt fast beliebig gesteigert werden, denn auch der Arbeitsprozeß kann in beliebig kleine Sektionen aufgeteilt werden. Wo nur mäßig genaue, aber sehr rasche Resultate verlangt werden, ist diese Methode sehr zu empfehlen.

(Fortsetzung folgt.)

Das Prinzip der Isostasie und seine Verwendung in der Geodäsie

Von C. F. Baeschlin, Zollikon

(Schluß)

Bei diesen isostatischen Berechnungen werden die Kompartimente über die ganze Erdoberfläche bis zum Antipodenpunkt der Station ausgedehnt. Dabei werden die Differenzen der halben Öffnungswinkel Ψ der Zonen immer größer gewählt, je weiter wir uns von der Station entfernen. Bei der sogenannten Hayfordschen Anordnung der Zonen ist für die den Antipodenpunkt enthaltende Zone

$$\Psi_i = 150^\circ\, 56'; \; \Psi_a = 180^\circ\, 0$$