

445

Öffentliche Sitzung

der K. B. Akademie der Wissenschaften

am 15. November 1916.

[enthalten in Jahrbuch 1916, VI/1 450-1916/17, S. 171 ff.]

Öffentliche Sitzung

der K. Akademie der Wissenschaften

am 15. November 1916.

Die Sitzung eröffnete der Präsident der K. Akademie der Wissenschaften Herr Crusius mit folgender Ansprache:

Königliche Hoheit!

Exzellenzen!

Verehrte Anwesende!

Unsre Einladung zum heutigen Tage mußte Seiner Majestät dem König auf seine Fahrt an die Ostfront nachgesandt werden. Aber sie wurde überholt durch die Botschaft von dem Helden-tode Seiner Königlichen Hoheit des Prinzen Heinrich. Mit Seiner Majestät und dem Königlichen Hause, als deren Vertreter wir S. K. Hoheit den Prinzen Alfons unter uns zu sehn die Ehre haben, gedenken wir des jungen Fürsten in aufrichtiger Trauer. Ich darf wohl sagen: er stand auch uns nahe, der Führer des Leibregiments, jetzt vor Allem, durch die Erlebnisse und Bekenntnisse unsrer Söhne und Schüler, seiner Untergebenen, die ihm in Begeisterung und Dankbarkeit zugetan waren. Sein Bild bleibt uns, bleibt der kommenden deutschen Jugend, als Vorbild: pflichttreu und tatkräftig, vornehm und schlicht, mit der Herzensgüte des Starken. Der christliche Ritter.

Als ich vor einem Jahre an dieser Stelle stand, lebten wir wohl alle der Hoffnung, daß der Wiederkehr des Tages

das Zeichen des Friedens leuchten werde. Und immer noch hält unser Volk Wache am Eisendamm!

Ich sprach damals zum Thema *scientia* oder *philosophia militans*.

Die Arbeit der Wissenschaft für den Krieg, die Anpassung der Wissenschaft, auch der wissenschaftlichen Persönlichkeit, an den Krieg, an die Zwecke der militärischen Maßnahmen, vollzog und vollzieht sich weiter. Die Veröffentlichungen der Kaiser-Wilhelms-Gesellschaft, der Akademien und Institute, des deutschen Museums, eigne Beobachtungen und Erlebnisse könnten reichen Stoff darbieten, um den Faden weiter zu spinnen.

Aber heute möchte ich den Blick auf die andre Seite der Medaille lenken, auf der geschrieben steht: *militia philosophans*.

Sie wissen wie die Feldgrauen und ihre Führer in unsrem Sinne draußen tätig sind, wie mit den deutschen Heeren die deutsche Kulturarbeit vorrückt. Auch in diesem engern Kreise bewährt sich das, wie ich schon im vorigen Frühjahr andeuten konnte: *Inter arma florent Musae*. Unsre Kollegen, unsre Mitarbeiter und Schüler im Feld leisten uns Tag für Tag wertvolle Dienste. Reiches Material strömt nach wie vor aus den Schützengräben in die Sammlungen für den bayrischen Dialekt, die Soldatensprache, die Soldatenlieder. Ein Mitarbeiter des Thesaurus, der seit dem Kriegsbeginn als Front-offizier bei der Infanterie tätig ist, fand auch im Unterstand Muße und Spannkraft, seine wissenschaftlichen Beobachtungen fortzusetzen. Bei der Eröffnung und dem Ausbau der bis zu zehn Meter tiefen Schachte und Stollen, die der Stellungskrieg erheischt, entdeckt das wissenschaftlich gebildete Auge geologische, paläontologische, vorgeschichtliche Schätze, die auch unter dem Donner feindlicher Geschütze für die Wissenschaft gehoben und geborgen werden.

Vor allem ist es die geologisch-paläontologische Staatssammlung, deren Vorstand, Herr Rothpletz, diesmal über wertvolle Forschungen von den Kriegsschauplätzen berichten konnte.

So schickte aus der Kreide von Arras Herr Leutnant Dr. Carnier (1. Bayer. Res.-Inf.-Rgt.) eine Anzahl von großen, zu Schaustücken sehr geeigneten Gesteinsproben und Fossilien. Von Herrn cand. geol. Leutnant Abel (1. Bayer. Inf.-Rgt.) erhielten wir eine Serie hübscher Pflanzenreste aus dem nord-französischen Steinkohlengebirge und Herr Major O. Roesch (Bayer. Res.-Inf.-Rgt. Nr. 8) beschenkte uns mit einem 50 cm im Durchmesser aufweisenden verkieselten Stammfragment eines Laubholzes aus den ältesten Tertiärschichten von Berny en Santerre bei Peronne.

Vom serbischen Kriegsschauplatz glückte es Herrn cand. geol. Leutnant Weckert (3. Jäger-Rgt., seit dem Sturm auf Thiaumont vermißt) aus dem Morawa-Tal und der Gegend von Istip verschiedene krystalline Gesteine und Eruptivgesteine — die einzigen bis jetzt von dort in unserer Sammlung vertretenen Stücke — uns zukommen zu lassen.

Einen interessanten, einzigartigen Saurieroberarm aus dem Ob. Muschelkalk der Nord-Vogesen erhielten wir kürzlich durch den Kriegsgeologen Herrn Vizefeldwebel Dr. E. Kraus.

Eine ganze Reihe reichhaltiger Zuwendungen kamen uns aber aus dem Jura der Gegend von Verdun zu. So war vor allem der Custos unsrer Sammlung, Herr Privatdozent Dr. E. Dacqué, welcher seit Ende des Jahres 1915 in der Gegend von Mars la Tour, im Woëvre und bei St. Mihiel als Feldgeologe tätig ist, bemüht, durch systematische Aufsammlungen namentlich von Gesteinsproben, Lücken in unsrer Sammlung zu füllen; im gleichen Sinne bedachte uns, auch aus dem nämlichen Gebiet, der Feldgeologe Dr. Lebling, während uns der Zugführer-Stellvertreter cand. geol. Gißer (vom Bayer. Lazarett-Trupp 4) mit hübschen Versteinerungen aus der Gegend von Conflans beschenkte. Die Gegend Vilosnes an der Maas bis Damvillers mit dem Ormont-Wald, im Norden von Verdun, in welcher die jüngsten Schichten des Jura aufgeschlossen sind, wurde von den Herrn Leutnant Dr. Wecker (Res.-Fuß-Art.-Rgt. Nr. 13) und Herrn Leutnant F. Sturm (Res.-Fuß-Art.-Rgt. Nr. 18) nach Fossilien und Gesteinsproben

gründlich durchsucht, unter denen uns eine geschlossene Profilsérie vom Ormont-Wald, durch Herrn Sturm gesammelt, sehr wertvoll ist, da sie uns den Anschluß an die Aufsammlungen Dr. Dacqués bietet.

Bei weitem die umfangreichste und gleichzeitig ganz besonders schöne Sammlung aus dem Jura des altberühmten Fundplatzes von St. Mihiel wurde uns durch S. K. Hoheit den Prinzen Franz von Bayern, Kommandeur der 4. Bayer. Inf.-Division zuteil. Es sind persönliche Aufsammlungen S. K. Hoheit. Sie enthalten eine nahezu vollständige Fauna des dortigen, an Versteinerungen so überaus reichen Diceras-Kalkes. Diese sind zu vergleichenden Studien mit den Diceras-Kalken unseres fränkischen Jura von hohem wissenschaftlichen Wert und bergen eine Reihe äußerst seltener Versteinerungen, unter denen merkwürdige, von dort bis jetzt kaum bekannte, nun aber in zahlreichen schönen Exemplaren aufgefundene Krabbenreste (Prosoponiden, Maskenkrebse) besonders genannt zu werden verdienen.

All diesen Spendern, insbesondere aber S. K. Hoheit dem Prinzen Franz von Bayern, sei an dieser Stelle der herzlichste Dank ausgesprochen.

Auch andre Sammlungen haben wertvollen Zuwachs zu verzeichnen, vor allem unser Münzkabinett, durch eine Schenkung ganz köstlicher, künstlerisch trefflicher Stücke. Doch wie viele unter den Anwesenden mögen diesem Schatz in seinem Dornröschenschloß je genahet sein!

* * *

Im Leben der Akademie herrschte eine stärkere Bewegung als in manchen Friedensjahren. Eifrig wurden organisatorische Fragen verhandelt und seit Menschengedenken zum erstenmal trat eine Vollversammlung aller Mitglieder (auch der außerordentlichen) zusammen, um Mitteilungen von allgemeiner, über die Klassen hinausreichender Bedeutung entgegenzunehmen.

Ernster als je sprach zu uns in dieser schweren Zeit die

Sorge um die uns anvertrauten wissenschaftlichen und künstlerischen Besitztümer, um ihre Unterbringung und Sicherung.

Wir wissen, daß nach dem Friedensschluß der Staat vor allem für das zu sorgen hat, was, im buchstäblichen Sinne, not tut. Es wird heißen: primum vivere, deinde philosophari.

Aber es sind wirklich brennende Bedürfnisse, um deren Befriedigung sich die Vorstände unsrer Sammlungen bemühen.

Vielleicht darf schon jetzt der Hoffnung Ausdruck gegeben werden, daß die freiwillige und private Hilfe den Leistungen des Staats in noch größerem Umfang, wie bisher, ergänzend zur Seite tritt, wie das so erfolgreich in Berlin geschehn ist bei der Gründung des Kaiser Wilhelm-Instituts, und zuletzt bei der Erwerbung der beiden herrlichen Kunstwerke, der thronenden Griechengöttin und des neuen Tizian, um einen Preis, der uns den Bau eines ethnographischen Museums ermöglichen würde. Das soll nicht etwa Bemängelung dieses Schrittes sein; es war bedeutsam genug, daß Deutschland so mitten im Kriege seine Stellung als europäische Kulturmacht festlegte und sich auch auf diesem Gebiet gegen seine Rivalen behauptete.

Das bedeutsamste Ereignis war für uns der Arbeitsbeginn in der Samsonstiftung, die mit sehr erheblichen Mitteln die Erforschung der Tatsachen und Ziele des sittlichen Lebens zu fördern bestimmt ist.

Die Kommission, aus Mitgliedern aller Klassen gebildet, ist zusammengetreten und hat sich in fruchtbarem Gedankenaustausch über die nächsten Aufgaben geeinigt; auch hier sei wieder der Name des Unvergeßlichen genannt, der das Richtfest nicht mehr mitfeiern konnte: Karl Theodor von Heigel.

Es wird doch wohl eine Epoche in der Geschichte unsrer Akademie bedeuten, daß sich hier Vertreter der Naturwissenschaften und der Geisteswissenschaften zu gemeinsamer sachlicher Beratung einer gemeinsamen großen Aufgabe zusammenfanden.

Gestern ging der zweihundertjährige Gedenktag eines Königs im Reiche der Gedanken still ins Land.

Gottfried Wilhelm Leibnitz kann man feiern als Gelehrten und Denker, als Diplomaten und Politiker, als guten Deutschen und guten Europäer. Wir Akademiker verehren in ihm vor allem den Wiederbeleber des Gedankens der Akademie und der akademischen Arbeitsorganisation.

Leibnitz, die mächtigste Arbeitskraft seit Aristoteles, war ein universaler Geist, mehr als das, ein uomo universale, aber zugleich, auf historischem und mathematischen Gebiet, durch erfolgreiche Einzelarbeit als Spezialist heimisch.

Die Einsicht, man kann sagen: das Erlebnis, daß der Einzelne die grundlegende Einzelarbeit nicht auf allen Gebieten lernen und leisten kann, führt zu der Forderung der Arbeitsorganisation in den Akademien. Die Samsonstiftung und andre, schon in der Luft schwebende Zukunftspläne, lassen uns einmal wieder die Zusammengehörigkeit der Klassen und Disziplinen im Sinne Leibnitzens stärker empfinden, als es sonst bei der Tagesarbeit zu geschehn pflegt.

Die Samsonstiftung sucht ihre Sache teils durch Preisaufgaben zu fördern, teils durch Unterstützung bestimmter, in bewährter Hand liegender Arbeiten.

Als Preisaufgaben wurden gewählt:

Die Ehe im alten Griechenland.

Es gibt noch keine umfassende Darstellung der Ehe im alten Griechenland, die über die Zusammenhäufung antiquarischen Materials hinausginge und sich auch nur auf den Standpunkt des für seine Zeit verdienstvollen Buches von A. Roßbach über die römische Ehe hinaufarbeitete.

Der Stoff ist ungemein reich und fruchtbar, da die rechtliche, religiöse, sittliche Auffassung nach Landschaften und Zeiten stark variiert. Diese Variationstypen sind herauszuarbeiten.

Gesichtspunkte. Die rechtliche Seite der Ehe: Ehe in Familienverfassung und Staatsordnung; Ehebegründung und

Eheform (Monogamie, Polygamie, Pellikat, Frage der Polyandrie); Eheerschwerung; Heiratszwang; Scheidung; Recht der Kinder; Ehe in den Bevölkerungsschichten minderen Rechts; Sklavenehe; Epigamie. — Die religiöse Seite der Ehe: Eheverbote und Ehezwang im Kult. — Die sittliche Auffassung der Ehe: Die eheliche Treue nach Recht und Sitte; die Forderungen der Philosophen (*γαμικὰ παραγγέλματα*). — Die tatsächlichen Zustände nach Gerichtsreden, Inschriften und andern historischen Dokumenten.

Nicht gewünscht wird, daß die hellenistischen, insbesondere alexandrinisch-ägyptischen Verhältnisse schon jetzt bearbeitet werden.

Der Vorstand der Samson-Stiftung setzt als Preis für eine in jeder Hinsicht genügende Lösung der Aufgabe 4000 (viertausend) Mark und die Veröffentlichung der Arbeit auf Kosten der Stiftung aus. Es ist zulässig, daß sich zu einer solchen Lösung mehrere Arbeitskräfte verbinden. Sollten nur teilweise genügende Arbeiten eingehen, so behält sich der Vorstand das Recht vor, auch nur einen entsprechenden Teil des Preises zuzuerkennen.

Als Termin, bis zu welchem die Preisbewerbung eingelangt sein muß, wird der 31. Dezember 1920 festgesetzt. Nur druckfertige Reinschriften in deutscher Sprache sind zur Preisbewerbung zugelassen. Sie sind ohne Nennung der Verfasser, aber mit Kennwort bezeichnet bei der K. bayer. Akademie der Wissenschaften (München, Neuhauserstraße 51) einzureichen.

Mit dem Griechentum beginnt Europa: dieser ältesten Kraftquelle, deren Wirkungen noch heute überall zu spüren sind, geht die erste Preisaufgabe nach.

Mit dem Weltkrieg — fast hatte es den Anschein, als ob mit dem Weltkrieg Europa endete, das in seiner Gesinnung doch wesentlich durch das geistige Erbgut vom Altertum her zusammengehalten wurde.

Die zweite Preisaufgabe stellt sich an diesen Endpunkt, wagt sich mitten in den Streit des Tages, den Krieg der Waffen und der Seelen. Sie verlangt eine Untersuchung über:

Die ethischen Gefühle und Vorstellungen bei den europäischen Völkern während des Weltkrieges.

Der gegenwärtige Weltkrieg bietet vielfach Anlaß zu rein wissenschaftlich wertvollen Beobachtungen, insbesondere auf dem Gebiete der Massenpsychologie und der Ethik. Diese Beobachtungen zu sammeln, zu beschreiben und zu analysieren, solange sie noch frisch sind, liegt im Interesse der ethischen Wissenschaft. Von solchen Arbeiten würden wesentliche Beiträge zur Lösung der Frage nach der Relativität der Moralgesetze und in Verbindung damit auch nach ihrer Entstehung zu erwarten sein.

Unter den Einzelfragen, die zu beantworten sein werden, sollen nur beispielsweise die folgenden hervorgehoben sein. Welche Mittel haben die kriegführenden Völker zum Bekämpfen ihrer Feinde für erlaubt erachtet? Welche Kriegsziele haben sie sich gesetzt und aus welchen Motiven? Wie glaubten sie sich gegen Kriegsgefangene verhalten zu sollen? — wie gegen die Neutralen? — wie gegen die eigenen Angehörigen? Wozu fühlten sie sich insbesondere verpflichtet gegen ihre kriegsbeschädigten Soldaten, gegen deren Familien, gegen die Hinterbliebenen von Gefallenen? Wie verhielten sich die Neutralen bei ihrer Beurteilung von Kriegführenden? Inwieweit glaubten die einen oder anderen, unter dem Deckmantel der Neutralität Kriegführende unterstützen zu dürfen? Inwieweit ist in der Volkswirtschaft der Eigennutz hinter den Gemeinsinn zurückgetreten? In welchem Verhältnis stehen die Phänomene, die man unter den angegebenen oder unter verwandten Gesichtspunkten feststellen kann, zu dem, was vor dem Krieg für erlaubt oder für verwerflich galt? Wenn sich in dieser Hinsicht Veränderungen zeigen, wie sind daran die verschiedenen Schichten des nämlichen Volkes beteiligt? Welche

Ursachen vermögen sie zu erklären? Unter welchen Einflüssen sind insbesondere die Massen dabei gestanden?

Bei allen Untersuchungen über derartige Fragen ist möglichst genaue Analyse der beobachteten Erscheinungen zu fordern auf Grund eines möglichst breiten Quellenmaterials. Zu diesem Zweck werden die belangreichen Äußerungen der offiziellen, der Tages- und der Gelegenheitsliteratur zu sammeln und zu klassifizieren, es wird, wo irgend möglich, auch der Geheimpliteratur nachzugehen, auch die ebenso bezeichnende wie einflußreiche Illustration zu berücksichtigen sein. Die Beschaffung dieses Materials wird keine allzugroßen Schwierigkeiten machen, da verschiedene gut dotierte öffentliche Sammlungen, wie z. B. in München, in Berlin, in Hamburg schon seit dem Beginn des Krieges alles Erreichbare aus den verschiedenen Ländern aufgespeichert haben. Gerade solche Aufgaben wie die vorliegende sind notwendig, wenn diese Sammlungsbestände nicht totes Kapital bleiben sollen.

Der Vorstand der Samson-Stiftung betont, daß ihm nur eine allseitige und gründliche Bearbeitung des Themas genügen wird. Alles Dilettantische wird er ablehnen ebenso wie jede Arbeit, die nicht politische Nebenrücksichten ausschließt. Gegen eine Vereinigung mehrerer Arbeitskräfte zu gemeinschaftlicher Lösung der Aufgabe wird er keinen Einwand erheben.

Als Preis für eine in jeder Hinsicht genügende Lösung der Aufgabe, sei es, daß sie von einem Einzelnen herrührt oder durch die Zusammenarbeit von Mehreren erzielt ist, setzt der Vorstand 6000 (sechstausend) Mark aus den Stiftungsmitteln sowie die Veröffentlichung der Arbeit auf Kosten der Stiftung aus. Sollten nur teilweise genügende Arbeiten eingehen, so behält sich der Vorstand vor, einen entsprechenden Teil des Preises zuzuerkennen.

Der Termin, bis zu welchem die Preisbewerbung eingelangt sein muß, wird auf den Ablauf des fünften Jahres nach dem letzten Friedensschluß festgesetzt. Nur druckfertige Reinschriften in deutscher Sprache sind zur Preisbewerbung

zugelassen. Sie sind ohne Nennung der Verfasser, aber mit Kennworten bezeichnet bei der K. bayer. Akademie der Wissenschaften (München, Neuhauserstraße 51) einzureichen.

Das sittliche Leben der Menschen läßt keine Experimente zu. Daher muß, im Sinne der Stiftung, ein möglichst reicher empirischer Stoff gesammelt und verarbeitet werden. Neben der Psychologie, der Geschichte, der Philologie hat hier die Ethnologie eine Hauptarbeit zu leisten. Wir hoffen bald über Pläne auch in dieser Richtung Mitteilungen machen zu können.

Eine Reihe von sonstigen Zuwendungen aus der Samson-Stiftung kommen naturwissenschaftlichen, insbesondere biologischen Arbeiten zugute, und zwar:

2000 *M* an Geheimen Hofrat Dr. Otto Frank für Untersuchungen über tonische Erregungen des Zentralnervensystems,

1000 *M* an den Botaniker Karl Ortlepp in Gotha für Untersuchungen über die Beeinflußbarkeit der Füllung von Tulpen und deren Vererbung,

500 *M* an Geheimen Hofrat Dr. Rückert für Untersuchungen am nervus sympathicus des Sterlet,

3000 *M* an Geheimrat Dr. v. Gruber zu den von ihm angeregten Tierversuchen zur Erzeugung von Mutationen.

Auf den ersten Blick mag es auffällig erscheinen, daß die Samson-Stiftung, die der Ethik dienen will, nicht nur Untersuchungen über das Nervensystem, sondern auch Versuche auf dem Gebiet der Tier- und Blumenzucht unterstützt. Aber die Darlegungen der Herren v. Göbel und v. Gruber gehen von dem Gedanken aus, daß die Frage der Vererbung eine Fundamentalfrage ist für das sittliche Leben. Der größte ethische Segen, der dem Menschen mitgegeben werden kann, ist die Erziehung vor der Geburt, wie das Schlagwort heißt: Eugenik und Eupädie. Schon in Arbeiten, die aus dem Münchner psychologisch-philosophischen Seminar hervorgegangen sind, werden die Fragen der Vererbung, der Bela-

stung und Entlastung an die berühmten Versuche des Augustinerabtes Mendel über Blumenzucht und an Arbeiten Hertwigs angeknüpft.¹⁾ Hier, bei dem Tier und der Pflanze, ist auch das Experiment möglich und wird die Voraussetzungen erkennen lassen, unter denen die Träger des sittlichen Lebens, die menschlichen Individuen, sich heranbilden.

Wie ein bedeutsames Gutachten (v. Gruber) ausführt, ist das moderne Leben mit seinen wissenschaftlich-technischen Hilfsmitteln und seinen ethischen Anforderungen der auslesenden Macht der Natur so erfolgreich in den Arm gefallen, daß die Erhaltung und Vermehrung der Minderwertigen, der „Minusvarianten“, Bedenken für das Gesamtwohl des Volkes erwecken könnte. Das Gutachten leitet daraus eine Pflicht ab und eine Aufgabe: die Pflicht auch innerhalb der menschlichen Gesellschaften bewußte Zuchtwahl zu treiben und die Aufgabe „die Bedingungen für die Variation zu studieren, um sie, wenn möglich, in einem für die Gesamtheit nützlichen Sinne beherrschen zu lernen“.

Nach dem Willen des Stifters soll der Vorsitzende der Kommission für die Samson-Stiftung ein Vertreter der biologischen Naturwissenschaften sein.

So klingt auch von hier aus der moderne, und doch uralte biologische Imperativ in die kommende Zeit, in diese schwere Zeit, wo es gilt, die Kräfte unsres Volkes zu erneuen und zu erhöhen.

Man kann diesen Imperativ etwa in die Worte zusammenfassen: was sittlich sein will, hat zunächst den Gesetzen des Lebens, des aufsteigenden Lebens, zu dienen.

In diesem Sinn mögen wohl einmal unsre theoretischen Arbeiten ein praktisches Scherflein beisteuern zu dem Kriegsschatz im Kampf für die deutsche Zukunft.

¹⁾ Genannt sei Dr. Carl Rath, Über die Vererbung von Dispositionen zum Verbrechen. Münchener Studien zur Psychologie und Philosophie, 2. Heft. Stuttgart 1914.

Die Klassensekretäre verkündeten folgende in der allgemeinen Sitzung am 15. Juli 1916 vollzogenen und von Seiner Majestät dem König bestätigten Wahlen:

Philosophisch-philologische Klasse:

a) als ordentliche Mitglieder:

1. Dr. Friedrich Wilhelm Freiherr von Bissing, ord. Professor der Ägyptologie und orientalischen Altertumskunde an der Universität München,
2. Dr. Erich Petzet, Bibliothekar an der Hof- und Staatsbibliothek in München,
3. Dr. Karl Voßler, ord. Professor der romanischen Philologie an der Universität München,

b) als korrespondierendes nun außerordentliches Mitglied:

Dr. Erich Becher, ord. Professor der Philosophie, jetzt an der Universität München,

c) als korrespondierende Mitglieder:

1. Dr. Joseph Seemüller, K. K. Hofrat, emerit. Professor der deutschen Sprache und Literatur an der Universität Wien,
2. Dr. Hugo Blümner, ord. Professor der klassischen Philologie an der Universität Zürich,
3. Dr. Ignaz Goldziher, K. K. Hofrat, ord. Professor der arabischen Sprache und Literatur an der Universität Budapest.

Mathematisch-physikalische Klasse:

a) als ordentliches Mitglied:

Dr. Richard Willstätter, Geh. Hofrat, ord. Professor der Physik an der Universität München,

b) als außerordentliche Mitglieder:

1. Dr. Robert Emden, außerord. Professor der Physik und Meteorologie an der Technischen Hochschule München,

2. Dr. Ernst Freiherr Stromer von Reichenbach, außerord. Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität München,
3. Dr. Heinrich Wieland, außerord. Professor der Chemie an der Universität München,

c) zu korrespondierenden Mitgliedern:

1. Dr. Max von Frey, ord. Professor der Physiologie an der Universität Würzburg,
2. Dr. Emanuel Kayser, Geh. Rat, ord. Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität Marburg,
3. Dr. Georg Klebs, Geh. Rat, ord. Professor der Botanik an der Universität Heidelberg.

Historische Klasse:

a) als ordentliches Mitglied:

- Dr. Georg Leidinger, Oberbibliothekar an der Hof- und Staatsbibliothek in München,

b) als korrespondierende Mitglieder:

1. Dr. Heinrich Friedjung, Privatgelehrter in Wien,
2. Dr. Eberhard Gothein, Großh. Bad. Geheimrat und ord. Professor der Volkswirtschaftslehre an der Universität Heidelberg,
3. Dr. Otto Hirschfeld, Geh. Regierungsrat und ord. Professor der alten Geschichte an der Universität Berlin.

Sodann hielt das ordentliche Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse, Geheimer Hofrat Dr. S. Finsterwalder, einen Vortrag über

„Alte und neue Hilfsmittel der Landesvermessung“.

446

Alte und neue Hilfsmittel der Landesvermessung.

Festrede

gehalten in der öffentlichen Sitzung
der K. Akademie der Wissenschaften

am 15. November 1916

von

Sebastian Finsterwalder

o. Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse.

München 1917.

Verlag der K. B. Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Wenn einst wieder Friede im Land ist, werden sich allerorts in Bayern auf hervorragenden Punkten hohe Beobachtungsgerüste und weithin sichtbare Zielzeichen erheben, Sonnenblitze werden von Punkt zu Punkt streichen und ein wohlgerüsteter Stab von Beobachtern wird in rastloser Arbeit Tausende von Winkeln messen, um einen neuen sicheren Rahmen für die zukünftigen Arbeiten der Landesvermessung zu schaffen. Vor mehr als einem Jahrhundert begann zu gleichem Zweck das gleiche Werk, vor kaum fünfzig Jahren kam es zum Abschluß. Groß und wohlberechtigt war der Ruhm der bayerischen Landesvermessung besonders in der ersten Hälfte ihrer Ausführungszeit. Hatte doch der junge, von den Kriegswirren der napoleonischen Zeit arg mitgenommene und mit seiner inneren Neugestaltung ringende Staat mit dieser Landesvermessung etwas unternommen, was in andern, weit fester gegründeten Verwaltungen höchstens geplant, nirgends jedoch vorbildlich durchgeführt worden war. Die Gerechtigkeit in der Verteilung der öffentlichen Lasten verlangte die Herstellung eines Katasters, das den Grundbesitz der Staatsangehörigen nach Maß und Ertrag genauestens auswies und diesem Bedürfnis hatte die Landesvermessung neben dem militärischen in erster Linie zu dienen. Zum großen Glück des Landes fanden sich damals Männer, die alsbald erkannten, daß es diesem Zweck nur förderlich sein konnte, wenn das neue Werk von vornherein auf wissenschaftliche Grundlage gestellt und mit den vollkommensten Mitteln, über die die damalige Zeit verfügte, zur Ausführung gebracht wurde. Man muß sich den geschichtlichen Inhalt des vorausgegangenen halben Jahrhunderts vergegenwärtigen, um den Feuereifer ermessen zu können, mit welchem Männer wie Utzschneider,

Reichenbach, Soldner und Schiegg Hand anlegten, um ihrerseits auf den Trümmern des Feudalstaates eine neue Ordnung der Dinge aufbauen zu helfen, wie sie aufgeweckt durch die Strahlen der mächtig aufsteigenden Sonne der neuen Wissenschaft und Technik sich bemühten, dem jungen Gemeinwesen den segensreichen Einfluß, den Ruhm und den Nutzen der kommenden Macht zu sichern.¹⁾

Diesen Männern ist es zu verdanken, daß von Bayern aus eine stattliche Zahl von technischen und wissenschaftlichen Errungenschaften des Vermessungswesens ausging, die heute zu seinem eisernen Bestand gehören. Man braucht um dies einzusehen nur die Kreisteilmachine, den Fadendistanzmesser und den Meßkeil, die auf Reichenbach²⁾ zurückgehen, sowie die rechtwinklig sphärischen Koordinaten und die Additamentenmethode von Soldner³⁾ zu nennen. Wenn man daneben die Entwicklung des Katasterwesens und der Militärtopographie in Frankreich betrachtet, wird man bald erkennen, wie wenig die Franzosen außer durch die erste Anregung und das Beispiel ihrer zu Beginn des 19. Jahrhunderts unbestreitbar höheren mathematischen und militärischen Kultur zur Förderung des bayerischen Vermessungswesens beigetragen haben. Nicht umsonst empfahl der große Laplace im Jahre 1817 der französischen Regierung, das teutonische Muster Bayerns zur Nachahmung bei der damals schon wieder notwendig gewordenen Neuordnung der französischen Vermessungen.⁴⁾ Aus welchen Gründen ist nun eine Wiederholung des so gepriesenen Werkes nötig geworden? Die alte Triangulierung sollte nur für eine graphische Aufnahme des Landes in 1:5000 dienen und dafür war 1 Fuß schon eine mehr als ausreichende Genauigkeit. Wenn man nun damals die Rechnung auf Zoll durchführte, so war das gewiß genügend voraussehend. Das gemessene und berechnete Hauptdreiecksnetz würde ungeachtet der erheblich geringeren Genauigkeit der damaligen Winkelmessung und des Mangels an systematischer Ausgleichung der Fehler auch heute noch, wenn schon recht unvollkommen genügen, wenn es einwandfrei erhalten und mit den späteren Messungen niedrigeren Ranges in entsprechender Fühlung geblieben wäre. Die Anforderungen an die Genauigkeit ins-

besondere der Stadtvermessungen haben dazu geführt, daß die graphische Meßtischaufnahme für Katasterzwecke seit 1885 vollständig verlassen und durch eine zahlenmäßige Aufnahme, deren Ergebnisse auf Zentimeter angegeben werden, ersetzt wurde. Solchen Anforderungen ist die Art und Weise, wie früher die Dreiecke niedriger Ordnung mit dem Hauptnetz in Verbindung gebracht wurden, nicht gewachsen und eine Erneuerung dieser Verbindung wäre heute auf alle Fälle nötig geworden. Leider ist aber das Hauptnetz selbst nicht mehr genügend genau erhalten. Die unzureichende Vermarkung, welche einen Grundfehler des bayerischen Vermessungswesens vor 1900 darstellt, hat sich auch auf die Hauptnetzpunkte erstreckt, so dass das Zusammenfallen der gegenwärtigen Versicherungssteine mit den ursprünglich gemessenen Punkten keineswegs genügend verbürgt ist. Aus diesem Grunde hat auch die vom wissenschaftlichen Standpunkt aus als mustergültig zu bezeichnende Neuberechnung des bayerischen Hauptdreiecksnetzes durch Karl von Orff⁵⁾ nur akademischen Wert und das günstige Urteil, welches er über die Genauigkeit des errechneten Netzes fällt, darf nicht ohne weiters auf das vermarkte Netz übertragen werden. Mit vollem Recht kann man die Frage stellen: Wozu braucht man eine so peinliche Genauigkeit? Auch bei ungünstiger Beurteilung wird das versteinte Netz von dem berechneten nirgends mehr als um ein Zwanzigtausendstel der zu vergleichenden Längen abweichen, warum soll das nicht genügen, warum verlangt man mindestens das Zehnfache an Genauigkeit? Gibt es überhaupt praktische Fälle, in denen Unterschiede von solcher Größenordnung eine Rolle spielen? Sicherlich nicht. Und dennoch ist die Forderung der größeren Genauigkeit von praktischen Gesichtspunkten aus unbedingt zu stellen. Versucht man nämlich auf Grund des unzulänglichen Hauptnetzes der Bedingung zu genügen, daß die daraus abgeleiteten Kleinmessungen den praktischen Anforderungen noch entsprechen, so stößt man auf ständig wachsende Schwierigkeiten. Man kann die Arbeit der Kleinmessung nicht an einer beliebigen Stelle beginnen und gerade in der Richtung ausdehnen, die das augenblickliche Interesse verlangt, man muß vielmehr jeden Schritt mit Rücksicht

auf die Folgen peinlich überlegen, vielfach unnatürlich weit ausgreifen und sieht sich trotzdem stets vor den Zweifel gestellt, ob die notwendig auftretenden Widersprüche unvermeidlich sind, ob sie durch eine bessere Anordnung der Messungen verringert werden könnten oder ob sie gar in Messungs- oder Rechnungsfehlern ihren Ursprung haben. Keinerlei allgemein anwendbare Unterweisung kann die Zweifel sicher entscheiden, jede Prüfung wird zu einem schwierigen Problem. Ein solcher Zustand ist auf die Dauer unerträglich, schon mit Rücksicht auf die viele vergeblich verschwendete Arbeit und die daraus erwachsenden nutzlosen Kosten. All diesen Schwierigkeiten kann nur durch eine einwandfreie Grundlage begegnet werden, die erlaubt, genaue Dienstanweisungen und unüberschreitbare Fehlergrenzen nicht nur aufzustellen, sondern auch durchzuführen. Die dabei einmal zu machenden Aufwendungen machen sich in wenig Jahrzehnten bezahlt; ihre Unterlassung in der Gegenwart würde der Zukunft eine mit der Zeit ständig wachsende Last aufbürden, denn alles, was bis zur endgültigen Regelung gemessen und gerechnet wird, muß nach derselben wieder umgerechnet werden. Die Umrechnung wird aber um so schwieriger und unbefriedigender, je weiter das Messungswerk auf ungenügender Grundlage vorgeschritten ist. Noch liegt die Sache insofern einfach, als die neugemessenen Gebiete meist isoliert sind und nur ihre Lage im neuen Rahmen angewiesen erhalten müssen. Wenn aber später Verbindungen zwischen den neugemessenen Gebieten geschaffen worden sind, müssen diese auf Grund der Neutriangulation wieder gelöst und umgestaltet werden.

Bevor wir unserm Thema entsprechend einen flüchtigen Blick auf alte und neue Hilfsmittel der Landesvermessung werfen, wollen wir uns eine grundsätzlich wichtige Tatsache einprägen, welche die ganze bisherige praktische Geometrie beherrscht, ihre rechnerischen und technischen Maßnahmen wesentlich erleichtert und sie dabei aus dem Gebiet der reinen Geometrie in ein physikalisch-technisches Grenzgebiet mit geometrischem Einschlag verweist. Das ist die auf festem Boden überall zur Verfügung stehende, unveränderliche, leicht und genau zu

beobachtende Schwerkraftsrichtung. Gerade, weil sie seit den Uranfängen der Geometrie bei allen Meßmethoden eine ausschlaggebende Rolle spielt, kommt uns ihr physikalischer, außergeometrischer Charakter weit weniger zum Bewußtsein, als es bei später aufgetauchten grundsätzlich ähnlich wirkenden Behelfen, wie der magnetischen Richtkraft oder dem Luftdruck der Fall ist. Unter Beschränkung auf rein geometrische Hilfsmittel, also Längen- und Winkelmessung und ohne Benützung der Lotrichtung wäre die Aufgabe der Landesvermessung ungleich schwieriger und wesentlich ungenauer zu bewältigen und es würde beispielsweise die fundamentale Zweiteilung der Messungsaufgaben in Lagen- und Höhenmessungen fortfallen. Die einfachste Aufgabe der praktischen Geometrie wäre dann eine stereometrische, während mit Berücksichtigung der Schwerkraftsrichtung selbst die verwickeltsten auf planimetrische Grundlage zurückgeführt werden können. Die allgegenwärtige Schwerkraft liefert uns die natürliche Bezugsfläche für jede Art von Messungen, das Geoid, eine Fläche, die überall senkrecht zur Lotrichtung steht, die zwar selbst keine Ebene ist, aber je nach der Ausdehnung des Messungsgebietes und der erstrebten Genauigkeit mit einer solchen oder mit einer Kugel oder schließlich mit einem kugelähnlichen Ellipsoid verwechselt werden kann. Bei geringer Ausdehnung eines Landes im Vergleich zu den Erdabmessungen, wie sie zum Beispiel für Bayern zutrifft, läßt sich die Zurückführung des entsprechenden Ellipsoidstückes auf ein Kugelstück und dieses wieder auf eine ebene Fläche bequem und fast restlos genau bewirken. An diesem geometrischen Problem kann der Fortschritt, den die Theorie der Landesvermessung seit hundert Jahren gemacht hat, anschaulich gezeigt werden. Als vor hundert Jahren Soldner daran ging, die recht umständliche und ganz unpraktische Rechnung auf dem Ellipsoid durch eine sphärische Rechnung auf einer passenden Kugel zu ersetzen, wußte er den Radius dieser Kugel nicht besser zu wählen als so, daß die Kugel das Ellipsoid längs des mittleren Breitenkreises seines Vermessungsgebietes berührte. Auf dieser Kugel, die sich dem starr gedachten Ellipsoid innerhalb des Vermessungsgebietes tatsächlich am engsten an-

schmiegt, kann man rechnen wie auf dem Ellipsoid, wenn man Längenverzerrungen von 1—2 Fuß auf die Breite des bayerischen Gebietes und Winkeländerungen im Betrag von einer Viertelsekunde vernachlässigt, was damals durchaus zulässig war. Gauß, der »princeps mathematicorum«, bemerkte bald darauf, daß man bei der Übertragung der Geometrie des Ellipsoids auf die Kugel besser fährt, wenn man erst das Ellipsoid unter Beibehaltung der Längen und Winkel aller auf seiner Oberfläche gezogenen Linien so verbiegt, daß das Vermessungsgebiet möglichst kugelähnlich wird und dann die Kugel aufsucht, die sich dem verbogenen Ellipsoid im Messungsgebiet am engsten anschmiegt. Die so definierte Gaußsche Nährungskugel gestattet nun eine kongruente Übertragung eines Gebietes von der Größe Bayerns bis auf 1—2 cm genau und mit Winkelanschluß bis auf $\frac{1}{50}$ tel Sekunde.⁶⁾

Für den praktischen Gebrauch ist die Kugelrechnung zu unbequem und es entsteht das Bedürfnis eines Ersatzes durch ebene Rechnung. Es ist ein nicht genug zu rühmendes Verdienst Soldners zuerst und noch vor Gauß praktisch brauchbare Regeln aufgestellt zu haben, nach welchen jede sphärische Aufgabe innerhalb eines beschränkten Bereiches auf eine planimetrische zurückgeführt wird und zwar durch Hinzufügung kleiner Korrektionsglieder, die von zwei Größen abhängen. Ihre Vernachlässigung innerhalb des bayerischen Vermessungsbereiches war für die graphische Aufnahme eben noch zulässig. Um bei der genaueren zahlenmäßigen Aufnahme diese Vernachlässigung noch ohne Schaden treffen zu können, sah man sich später veranlaßt, das Vermessungsgebiet in sieben Teile zu zerlegen und für die Punkte eines jeden Teilgebiets ein eigenes Koordinatensystem aufzustellen, was mancherlei Unbequemlichkeiten an den Grenzen der Gebiete im Gefolge hat. Wenn man den Weisungen von Gauß folgt, kann man bei der Verebnung der Kugel durch Einführung der konformen Abbildung die Einheitlichkeit der Koordinaten im ganzen rechtsrheinischen Bayern wahren und kommt bei der Überführung der sphärischen in die ebene Rechnung in der größten Mehrzahl der Fälle

mit einer weit einfacheren Maßstabskorrektur aus, die nur von einer Größe abhängig ist.⁷⁾

Wenden wir uns nach diesen Erörterungen zur wirklichen Durchführung einer Landesvermessung und zwar zunächst der Triangulation, so finden wir in den letzten hundert Jahren keinerlei grundlegende Änderung des Verfahrens, sondern nur sorgfältigen Ausbau im Einzelnen und stetig zunehmende Genauigkeit der Messungen. Die auf Gauß zurückgehende Einführung der Zeichengebung durch Sonnenlicht, Verbesserungen im Bau hoher und sicherer Beobachtungsstände, günstige Anordnung der Dreiecke und der Winkelmessung, Vervollkommenung der Kreisteilungen, systematische Ausgleichung der unvermeidlichen Widersprüche nach der Gaußschen Methode der kleinsten Quadrate haben die Triangulierungsgenauigkeit allmählich auf das Zehnfache gegen früher erhöht. Die Schärfe der Basismessungen hat sich in ähnlichem Maße gesteigert; dem schlimmsten Feind der alten Basismessungen, der Unsicherheit der Temperaturkorrektion ist man schließlich durch Anwendung des Invarstahles, der kaum mehr eine Längenänderung mit wechselnder Temperatur aufweist, zu Leibe gerückt und bei dieser Gelegenheit ist als einzige radikale Neuerung die Anwendung von Drähten oder Meßbändern aus Invarstahl an Stelle der starren Stangen zu verzeichnen. Diese hat in Nordamerika wegen der Raschheit und Bequemlichkeit der Arbeit bei genügender Genauigkeit des Ergebnisses stark Eingang gefunden, während man bei uns an der Stangenmessung wegen der größeren Sicherheit des Ergebnisses zähe festhält.⁸⁾ So ist hier das System der Landesvermessung in minutiöser Ausbeutung aller denkbaren Mittel zur Förderung der Genauigkeit zu einer kaum noch zu übertreffenden Vollendung gebracht worden, welche sich beispielsweise in den Vorschriften der preußischen Landesaufnahme ausprägt. Man hätte allen Grund die Klassizität dieses Systemes, das für neue Gedanken kaum mehr Raum bietet, zu bedauern, wenn nicht das Kolonialvermessungswesen neue Aufgaben stellen würde, bei welchen äußerste Genauigkeit nicht die erste Forderung ist. Da finden sich denn neue Verbindungen alter Meßmethoden in großem Maßstab ver-

wendet. So werden in Tropenländern mit sonnigem Klima Stahlmeßbandzüge von einigen Kilometern Seitenlänge, die astronomisch orientiert werden, auf Tausende von Kilometern Entfernung gemessen.⁹⁾ In Argentinien hat Dr. Gast sogar ein Triangulierungsverfahren, bei dem alle Dreiecksseiten durch Längenmessung bestimmt werden, mit Erfolg angewendet.¹⁰⁾ Diese Längenmessung wird dadurch bewirkt, daß längs der 40—50 Kilometer langen Dreiecksseiten gestreckte Polygonzüge von etwa 8 Kilometer Seitenlänge angeordnet werden, deren Längen selbst wieder indirekt aus quergestellten Hilfsbasen von einigen hundert Metern Ausdehnung erhalten werden. Die Hilfsbasen werden mittels Bandmessung gewonnen. Auf diese Weise läßt sich eine Triangulation ausführen, die die Genauigkeit einer Winkeltriangulation von etwa 10 Sekunden Winkelfehler erreicht, ohne daß die Eckpunkte der Dreiecke gegenseitig sichtbar sind. Es genügt, wenn zwischen je 2 Ecken eine zusammenhängende Reihe von Sichten auf 8 Kilometer Länge vorhanden ist. So kann in unbekanntem, wenig übersichtlichem Gelände ohne vorherige Erkundung eine Messungsgrundlage von bemerkenswerter Genauigkeit in kürzester Zeit geschaffen werden.

Bei dieser Art von Messungen, bei welchen das Messungsergebnis als Summe einer sehr großen Zahl von aneinandergereihten Einzelmessungen gewonnen wird, spielt das Gesetz der Fehlerfortpflanzung eine entscheidende Rolle. Auf ihm beruht auch in erster Linie das Verfahren der modernen Höhenmessung mittels des geometrischen Nivellements. Aus einer handwerksmäßig schon lange mit Erfolg geübten Arbeitsweise hervorgegangen, hat es das viel gelehrtere Verfahren der trigonometrischen Höhenmessung im Flach- und Hügelland nahezu verdrängt. Das hierbei maßgebende Gesetz der Fehlerfortpflanzung sagt aus, daß sich die zufälligen Fehler der Einzelmessungen in der Summe nur nach der Wurzel aus der Zahl der Messungen vermehren, während die einseitigen Fehler direkt mit der Zahl der Messungen fortschreiten. Hat man bei einer Einwägung auf 50 m Entfernung eine zufällige Unsicherheit von $\frac{1}{5}$ mm zu befürchten, so wird das Ergebnis für die Summe der 20 Einwägungen, die auf einen Kilometer Entfernung not-

wendig sind, nicht 20 sondern nur $\sqrt{20}$ also $4\frac{1}{2}$ mal $\frac{1}{5}$ mm, demnach noch nicht um 1 mm unsicher sein. Dadurch werden die Messungsergebnisse relativ umso genauer, aus je mehr Stücken sie zusammengesetzt sind, da die Einzelfehler sich größtenteils aufheben. Auf 50 m Entfernung wird demnach die Unsicherheit des Höhenunterschiedes 1:200000 der Entfernung, auf 1000 m Entfernung ein Millionstel, auf 100 Kilometer ein Zehnmillionstel. Unter der günstigen Wirkung der Fehlerfortpflanzung, wie sie beim Nivellement eintritt, ist das Arbeiten vom Kleinen ins Große durchaus zweckmäßig, während man sonst z. B. bei der Triangulation immer umgekehrt vom Großen ins Kleine vorgeht. Die Erfahrungen bei der argentinischen Polygontriangulation zeigen aber, daß auch bei der Lagenmessung der Weg vom Kleinen ins Große nicht ausgeschlossen ist, sobald es gelingt durch Ausschaltung der einseitig wirkenden Fehlerursachen die Fehlerfortpflanzung günstig zu gestalten.

Über die Durchführung der Kleinmessungen bei einer Landesaufnahme, die den großen Operationen erst Sinn und Bedeutung verleiht, will ich mich kurz fassen. Seit hundert Jahren haben sich mancherlei Veränderungen ergeben, ohne daß grundsätzliche Neuerungen entstanden wären. Wir bemerken zunächst ein auffälliges Zurückdrängen der graphischen Meßmethoden zugunsten der zahlenmäßigen Aufnahme, die in der Katastertechnik fast allein herrschend geworden ist. Nur die Höhenaufnahme zur Darstellung der Geländeformen kann des zeichnerischen Verfahrens nicht ganz entraten. Sie ist übrigens verhältnismäßig spät, meist nach 1870 von der Schätzung, die in den schraffierten Karten ihren Ausdruck findet, zur eigentlichen Messung, deren Ergebnis in Höhenschichten dargestellt wird, übergegangen und bedient sich heutzutage zumeist der Tachymetrie, deren Anfänge in Bayern im Anschluß an den Reichenbachschen Fadendistanzmesser zu suchen sind. Außerdem drängen sich die direkten Meßmethoden, insbesondere die Längenmessungen, in den Vordergrund und ersetzen vielfach die Winkelmessungen. Wirtschaftliche Rücksichten auf Schnelligkeit und Bequemlichkeit des Verfahrens sowie Sicherung der Ergeb-

nisse entscheiden vielfach gegen das rein wissenschaftliche Interesse, das früheren Methoden anhaftete. Dieser Mangel, wenn man ihn überhaupt so nennen soll, wird jedoch weit ersetzt durch die geschärfte Kritik, welche man heutzutage auch den unscheinbarsten Meßbehelfen zu teil werden läßt und das Interesse, welches man allenthalben neuen Methoden auch dann entgegenbringt, wenn deren praktische Verwendungsfähigkeit erst noch der Erprobung bedarf.

Zu den aussichtsreichsten modernen Hilfsmitteln der Landesvermessung gehört nach dem Urteil weiter Kreisen die Photographie, welche sich ja in anderen Zweigen messender Wissenschaft, wie zum Beispiel in der Astronomie, bereits vielfach bewährt hat. In der Landesvermessung selbst spielt sie seit mehr als 40 Jahren eine hochbedeutende indirekte Rolle bei der Vervielfältigung der Messungsprodukte, der Karten und Pläne, gegenüber welcher die direkte Rolle bei der Aufnahme des Geländes an Umfang und Wichtigkeit noch sehr zurücktritt. Immerhin wird die Photographie seit etwa 25 Jahren auch hierfür in stets wachsendem Maße herangezogen. Das zuerst verwendete Verfahren schließt sich enge an die Meßtischaufnahme an und beruht darauf, daß mittels geeigneter Apparate, deren Konstanten genau bestimmt sind, von zwei festgegebenen Standpunkten aus ein Gelände-
teil aufgenommen und mit seinen charakteristischen Punkten durch Vorwärtseinschnitt bestimmt wird, wobei die nötigen Horizontal- und Höhenwinkel auf einfache Weise den photographischen Bildern zu entnehmen sind. Die Feldarbeit wird dadurch bedeutend abgekürzt und erleichtert, die Hausarbeit dagegen vermehrt und erschwert; außerdem sind Lücken in der Aufnahme schwer zu vermeiden und das Verfahren eignet sich überhaupt nur im gebirgigen waldlosen Gelände mit guter Übersicht und ausgesprochenen Formen. Es setzt an den Bearbeiter weit höhere geistige Anforderungen als die übliche Meßtischtopographie oder die Tachymetrie in gangbarem Gelände und kann nicht so leicht in strenge Regeln gebracht werden wie diese. Allerdings leistet es sein Bestes in dem Gelände, wo das alte Verfahren so ziemlich versagt. Die amtliche Anwendung des eben geschilderten

photographischen Aufnahmevorganges, den man heutzutage vielfach als Meßtischphotogrammetrie bezeichnet, begann in den Achtziger Jahren in Italien und Kanada, im Jahre 1892 auch versuchsweise im bayer. topographischen Bureau und das Verfahren hat sich besonders im österreichischen militärgeographischen Institut einer wirksamen Pflege erfreut.¹¹⁾ Später zu Beginn des neuen Jahrhunderts bildete Pulfrich in Jena eine neue photographische Meßmethode, die Stereophotogrammetrie aus.¹²⁾ In ihrer ursprünglichen Anwendung auf Geländeaufnahmen bestand sie darin, daß von den Enden einer je nach den obwaltenden Verhältnissen 5 bis zu einigen hundert Metern langen, scharf gemessenen Basis aus, senkrecht zu dieser, genau parallel und wagrecht gerichtet zwei Aufnahmen mit dem gleichen Apparat gemacht werden. Die so entstandenen Bilder lassen sich beim Betrachten im Stereoskop zu einem subjektiven verkleinerten Raumbild vereinigen, dessen Größeneindruck durch das Verhältnis des Augenabstandes des Beschauers zur Basislänge bestimmt ist. Dieses scheinbare Raumbild wird nun in einem besonders gebauten, mit Mikroskopen ausgestatteten stereoskopischen Meßapparat, dem sogenannten Stereokomparator einer genauen Ausmessung unterzogen, die im wesentlichen darauf beruht, daß mittels geeigneter, auf den beiden Bildern sich bewogender Marken der Eindruck einer einzigen im Raumbild wandelnden Marke erzeugt wird, die man gleich einem Meßgehilfen im wirklichen Gelände an beliebige Stellen des Scheingeländes schicken kann, wobei jedesmal an der Einstellung der beiden wirklichen Marken die für die Lage der Scheinmarke im Raumbild bestimmenden Maßzahlen abgelesen werden. So läßt sich das Raumbild Punkt für Punkt abtasten und einmessen. Ein Hauptvorteil der Stereophotogrammetrie gegenüber dem älteren Verfahren besteht darin, daß sich der geistige Vorgang, der vom Betrachten der beiden Bilder zum Aufbau der Raumvorstellung führt, mühelos vollzieht und das Erfassen identischer Punkte beider Bilder, die von ein und demselben Geländepunkt herrühren, zehn- bis zwanzigmal genauer und einigermaßen unabhängig von der Prägnanz der Geländeform erfolgt. Zur messenden Ausnützung

der so ermöglichten Einstellungsgenauigkeit gehört allerdings eine vielfach erhöhte Schärfe bei der Aufstellung und Bedienung des Aufnahmeapparates im Gelände, die eine gewisse Einschränkung im Gebrauch des stereoskopischen Verfahrens gegenüber der Meßtischphotogrammetrie nach sich zieht.

Der bedeutsame Fortschritt, den das neue Verfahren aufwies, erfuhr alsbald eine weitere Steigerung, als es den Bemühungen des Hauptmanns von Orel im Wiener militärgeographischen Institut gelang, die punktweise Aufnahme des Geländes durch eine kontinuierliche zu ersetzen und eine Maschine zu bauen, welche selbsttätig Höhengschichten oder andere ausgezeichnete Geländelinien wie Grate, Rinnen, Wege und dergleichen zeichnet.¹³⁾ Zu diesem Behufe mußten die Veränderungen der reellen Marken, welche sich beim stereoskopischen Betrachten der Bilder im Hirne des Beschauers zur Bewegung einer Scheinmarke im Raumbild zusammensetzen, in eine mechanische Konstruktion der jeweiligen Lage und Höhe dieser Scheinmarke umgeformt werden. Schränkt man nun die Bewegungsfreiheit der Maschine derart ein, daß die Scheinmarke eine bestimmte Höhe einhält, so wandert sie, wenn der Beschauer nur dafür sorgt, daß sie stets mit dem Geländebild in Berührung bleibt, auf einer Höhengschichtlinie, die der Apparat mechanisch aufzeichnet. Auf diese fast märchenhaft klingende Art wird der stereoskopische Bildeindruck unmittelbar kartographisch verwertet und zwar mit einer Vollkommenheit und Genauigkeit, die im geeigneten Gelände von keiner anderen Methode erreicht oder gar übertroffen wird. Dabei arbeitet die Maschine mit überraschender Geschwindigkeit, sie zeichnet die Höhengschichten in Blei in derselben Zeit, in der sie ein geübter Zeichner in Tusche nachziehen kann und der Meßgehilfe, der auf dem Scheingelände die Schichtlinien abschreitet, bewegt sich in einem Tempo, das beim Maßstab 1:25000 5—20 und noch mehr Meter in der Sekunde beträgt. Dieses neueste Verfahren wird Stereoautogrammetrie genannt, die dazu nötige Maschine heißt Stereoautograph und wird vom Zeißwerk in Jena gebaut. Welche technischen Schwierigkeiten bei ihrer Herstellung zu überwinden waren,

mag aus dem Umstande ermessen werden, daß in ihr drehbare Liniale von Meterlänge vorkommen, die ohne eine Biegung von mehr als ein Fünfhundertelsmillimeter zu erfahren sich um Achsen drehen müssen, die in Kugellagern laufen und dabei bis auf einen ähnlichen Betrag stabil sind. Binnen weniger Jahre wurde das Konstruktionsprinzip der Maschine von ihrem Erfinder von Orel dahin erweitert, daß sie nicht nur Aufnahmen senkrecht zu Basis, sondern auch parallel verschwenkte und bald darauf außerdem noch Aufnahmen nach konvergenten und divergenten Richtungen, wenn sie nur parallel einer horizontalen Ebene erfolgen, verarbeitet.¹⁴⁾ Damit war jedem Bedürfnis für die rasche und sichere Auswertung von Bildern, die von Bodenpunkten aus aufgenommen wurden, Rechnung getragen. Ja sogar die ursprünglich recht störenden hohen Genauigkeitsanforderungen an die richtige Orientierung der Bilder bei der Aufnahme im Gelände ließen sich durch Einbeziehung wohlbestimmter und günstig bezeichneter trigonometrischer Punkte ersetzen und bildeten weiter kein Hindernis bei der raschen Erledigung der Feldarbeit. So gibt schließlich nur der Mangel an Übersicht eine natürliche Schranke für die Ausdehnung des Verfahrens auf die Vermessung schwach gewellten Geländes mit vielen Kleinformen. Diesem Mangel an Übersicht könnte durch Verwendung von Aufnahmen aus der Luft, am einfachsten im Fesselballon, abgeholfen werden. Diese müßten nur so erfolgen, daß im Augenblick der Aufnahme der Standpunkt und die Richtung derselben mit der nötigen Schärfe auf den festen Boden bezogen werden können. Mit den landläufigen Vermessungsmethoden, etwa durch Vorwärtsschnitt von Bodenpunkten aus, gelingt das nicht, wohl aber hat man ein photographisches Verfahren ausgedacht, welches auf Grund von elektrisch auszulösenden, streng gleichzeitigen Aufnahmen vom Boden aus nach dem Ballon und von diesem nach unten das Gewünschte leisten wird. Die Aufnahmekammer, die vom Ballon aus den Instrumentenstand festlegt und jene, welche das Gelände abbildet, müssen dabei in starrer Verbindung bleiben, damit die Richtung der Geländeaufnahme mit der Standpunktsbestimmung zusammen gegeben wird.¹⁵⁾ Freilich darf man

nicht erwarten, daß für ein Paar so gewonnener Luftaufnahmen die einzige, zur Auswertung mittels des Stereoautographen noch zu erfüllende Bedingung der Horizontalität der Aufnahmerichtungen gewährleistet wird, aber mein Schüler Herr Otto von Gruber hat bereits eine überraschend einfache Erweiterung des Stereoautographen angegeben, die den neuen Umständen Rechnung trägt.¹⁶⁾

Es darf nicht verschwiegen werden, daß nach dem Vorangang von Caillaudet 1898, Tardivo in Italien 1910 ein Verfahren angegeben und ausgeübt hat, das eine Lagenaufnahme flachen Geländes ohne Berücksichtigung der Höhenverhältnisse ermöglichen soll. Es beruht darauf, daß das Gelände aus großer Höhe in kleinen Teilen auf wagrechte Platten oder Filme abgebildet und aus diesen Bildern nach passender Zurückführung auf einen bestimmten Maßstab eine Mosaik hergestellt wird, die einer Horizontalprojektion des Geländes sehr nahe kommt. Freilich müssen zum Zweck der Maßstabsbestimmung jeden Bildes drei deutliche Geländepunkte genau eingemessen werden, so daß eine solche Luftaufnahme eine vorausgegangene oder nachfolgende sehr engmaschige Triangulation am Boden selbst voraussetzt. Trotz dieses ganz wesentlichen Mangels sind die Ergebnisse des Verfahrens überaus bestechend und die auf solche Weise erzielten glänzenden Aufnahmen des Tiberlaufes, der römischen Ruinenfelder, des ausgegrabenen Pompeji und zuletzt der ganzen Stadt und Lagune von Venedig haben einen bedeutenden künstlerischen und historischen Wert. Das Verfahren, das sich ursprünglich nur des Fesselballons bediente, wurde kurz vor Kriegsausbruch noch für Flugzeugaufnahmen umgebildet und hat in Lybien Ergebnisse von bedeutender kolonialer und militärischer Wichtigkeit gezeitigt.¹⁷⁾

Sind damit die Möglichkeiten zur topographischen Verwertung von Photographien aus der Luft wirklich erschöpft? Diese Frage ist angesichts der vielen Tausenden von Lichtbildern, die in diesem Kriege allwöchentlich gewonnen werden, oft genug gestellt worden. Ich denke bei ihrer Beantwortung nicht an die Verwendung solcher Bilder zur Ergänzung und Korrektur vorhandener Karten, über deren Möglich-

keit und Nützlichkeit nur eine Stimme herrscht, sondern ich stelle sie so: Ist es möglich aus bloßen Luftaufnahmen ohne Hinzuziehung von Bodenmessungen eine topographische Aufnahme durchzuführen? Oder welches ist das geringste Maß von Bodenmessungen, die zusammen mit Luftbildern eine Geländedarstellung ermöglichen? Ehe ich an die Beantwortung der Fragen gehe, muß ich wohl noch einige Vorbedingungen klarstellen. Zuerst muß man sich gewärtig halten, daß die unmittelbare Benützung der Schwerkraftsrichtung zu einigermaßen genauen Meßzwecken im bewegten Luftfahrzeug versagt und daß damit ein ganz grundlegendes Element aller unserer Meßmethoden und Techniken von vorneherein ausgeschaltet ist. Es sind daran die ganz unvermeidlichen Beschleunigungen schuld, denen ein im Winde fahrendes Luftfahrzeug fortwährend unterworfen ist und welche mit der wahren Schwerkraftbeschleunigung zusammengesetzt eine scheinbare Schwerkraft im Luftfahrzeug ergeben, auf welche sich alle Lotanzeiger wie Libellen und Pendel einstellen. Die scheinbare Schwerkraftsrichtung weicht von der wahren sehr häufig um mehrere Grade ab und kann höchstens zur ungefähren Orientierung der Meßgeräte herangezogen werden. Bei der heutigen Geschwindigkeit der Luftfahrzeuge können ferner nur kürzeste Augenblicksbilder aufgenommen werden, wobei die Belichtung so erfolgt, daß ein schmaler Beleuchtungsschlitz mit großer Geschwindigkeit über die lichtempfindliche Fläche gleitet. Nur wenn innerhalb der dazu nötigen Zeit das ganze von der Linse entworfene Bild ungeändert bleibt, ist es unter Voraussetzung einer fehlerfrei zeichnenden Linse perspektivisch richtig, während es verzerrt, wenn schon noch scharf erscheint, wenn die Bewegung des Bildes innerhalb der weit geringeren Zeit, in der die Schlitzbreite über einen Punkt der photographischen Platte streicht, unmerklich ist. Schädlich sind dabei besonders die Drehungen der photographischen Kammer während der Belichtung und sie müssen durch geeignete Anordnung vor allem vermieden werden, wenn nicht verzerrte Bilder entstehen sollen. Mit solchen läßt sich messend gar nichts anfangen.

Gelingt nun mittels geeigneter Aufhängevorrichtungen am Fahr-

zeug und durch Einhaltung günstiger Fahrtbedingungen die Aufnahme unverzerrter Bilder, so kann aus jedem von ihnen die Gestalt eines Strahlenbündels entnommen werden, dessen Strahlen vom Standpunkt der Aufnahme nach den dargestellten Geländepunkten zielen. Es fehlt aber die Lage des Standpunktes und die Orientierung des Strahlenbündels gegen die Lotrichtungen und die Himmelsrichtungen. Sind zwei Aufnahmen desselben Geländes vorhanden, so sind die zugehörigen Strahlenbündel Strahl für Strahl einander dadurch zugeordnet, daß entsprechende Strahlen von den gleichen Geländepunkten herrühren. Man kann nun immer die beiden Strahlenbündel durch Verschiebung und Drehung des einen in eine solche gegenseitige Lage bringen, daß entsprechende Strahlen sich schneiden. Ist die Zahl der entsprechenden Strahlen größer als fünf, so gibt es im allgemeinen nur eine solche gegenseitige Orientierung der Strahlenbündel und diese liefert dann in den Schnittpunkten entsprechender Strahlen einen Punkthaufen, der dem Haufen der abgebildeten Geländepunkte geometrisch ähnlich in einem noch unbekannten Maßstabe ist.¹⁸⁾ Zu dem so konstruierten Punkthaufen gehören noch die Mittelpunkte der orientierten Strahlenbündel, welche ihm gegenüber die Rolle der Flugzeugstandpunkte zur Zeit der Aufnahme übernehmen. Diese Standpunkte sind infolgedessen bei der gegenseitigen Orientierung der Aufnahmen bis auf den Maßstab mitbestimmt. Die wirkliche Durchführung der gegenseitigen Orientierung zweier Luftaufnahmen ist eine recht verwickelte mathematische Aufgabe, die nur auf dem Wege der schrittweisen Näherung gelöst werden kann. Praktisch gelingt diese Lösung bisher nur dann, wenn einige Anhaltspunkte für die ungefähre Stellung der Aufnahmen zur Lotrichtung vorhanden sind, was sich durch geeignete Maßnahmen immer erreichen läßt. Die Genauigkeit, mit der die gegenseitige Orientierung auf diesem Wege schließlich erzwungen werden kann, hängt sehr von den Umständen ab, sie wird um so größer je weiter geöffnet die zu orientierenden Strahlenbündel sind und je mehr die Aufnahmerichtungen von einander abweichen. Für Verhältnisse, die eine direkte stereoskopische Betrachtung der aufgenommenen Bilder ermög-

lichen, also bei mäßigem Gesichtsfeld des Aufnahmeapparates und annähernd parallelen Aufnahmerichtungen ist die zu erwartende Genauigkeit ganz ungenügend, so daß man wohl nie dazu gelangen wird, stereoskopisch brauchbare Bilder aus ihrem eigenen Inhalt heraus gegeneinander so genau zu orientieren, daß ihre Auswertung Zweck hat.¹⁹⁾ Man muß daher nach dem Vorgange von Thiele in Moskau und Th. Scheimpflug in Wien²⁰⁾ durch eine starre Verbindung einer größeren Zahl gleichseitig aufnehmender Bildkammern für ein recht großes Gesichtsfeld von jedem Standpunkt aus Sorge tragen und die Standpunkte weit auseinanderlegen, wenn man auf eine erhebliche Genauigkeit der gegenseitigen Orientierung rechnen will. Würde man beispielsweise ein quadratisch begrenztes Gelände von 4 km Seitenlänge von den Enden einer 4 km langen, annähernd wagrechten Basis in 2000 m Höhe aufnehmen, so ließe sich die Lage dieser Basis gegen das Gelände auf dem Wege der gegenseitigen Orientierung mit einer Genauigkeit bestimmen, die weder im Azimut noch in der Neigung hinter jener zurückbleibt, die das Ausmessen der direkt abgebildeten Winkel aus den Photographien erlaubt und welche man zurzeit auf 20—30 Bogensekunden schätzen kann.²¹⁾ Hat man genügend weitwinklige Aufnahmen zur Verfügung, von denen sich jede mit mehreren andern paaren läßt, so könnte man innerhalb einer ähnlichen Genauigkeit durch geeignete Paarung passender Aufnahmen eine Lufttriangulation durchführen, die sich von einer irdischen Triangulation in dem Punkte wesentlich unterscheidet, daß das Netz der Standpunkte als räumliches Polyeder aufzufassen und zu berechnen ist, was ganz erheblich mehr Umstände macht, wie die Berechnung eines annähernd ebenen trigonometrischen Netzes, bei welcher Lagerechnung und Höhenrechnung reinlich zu trennen sind. Des weiteren ist das Netz der Zielpunkte, das sich auf dem Gelände befindet, räumlich getrennt vom Netz der Luftstandpunkte und ganz im Gegensatz zur irdischen Triangulation ist ein Zielpunkt niemals zugleich Standpunkt. Besondere Beachtung verdient noch die Signalisierung für Luftaufnahmen. Wären auf dem Gelände genügend ausgezeichnete von

obenher aus verschiedenen Richtungen wohlerkennbare natürliche Marken vorhanden, so brauchte man überhaupt keine Signalisierung. Das ist aber keineswegs sicher der Fall und die Hoffnung bei der Lufttriangulierung ohne künstliche Signale auszukommen, dürfte wahrscheinlich enttäuscht werden. Gebäude geben freilich manchmal scheinbar recht scharfe Marken, wenn sie aber von entgegengesetzten Seiten abgebildet werden, sind genau identische Punkte kaum je zu erkennen. Man muß die Ziele als ebene kreisrunde dunkle Scheiben von annähernd 10 Meter Durchmesser mit einem mehrere Meter breiten hellen Rand umgeben ausbilden. Sie brauchen natürlich nicht gegenseitig sichtbar zu sein, müssen jedoch in der Flughöhe auf weite Entfernung photographiert werden können.

Was wäre nun das Schlußergebnis einer nach den angedeuteten Regeln durchgeführten Luftaufnahme? Ein Netz von Bodenpunkten, dessen Maschen später mit den nötigen Einzelheiten teils aus den schon vorhandenen Bildern, teils aus neu aufzunehmenden soweit ausgefüllt werden müßte, als solche aus photographischen Bildern überhaupt zu entnehmen sind. Die so entstehende Karte leidet aber an ganz wesentlichen Unvollkommenheiten, die ihre Brauchbarkeit sehr in Frage stellen. Zunächst fehlt ihr der Maßstab. Wollte man diesen dadurch bestimmen, daß man die Entfernung einiger Bodenpunkte mittels der gewöhnlichen Methoden mißt, so stünde der Ausdehnung des so ermittelten Maßstabes auf die ganze Karte die ungünstige Fehlerfortpflanzung, die dieser Lufttriangulierung anhaftet, entgegen. Außer der Sicherheit des Maßstabes würde der Karte die Beziehung zur Lotlinie fehlen. Man hätte zwar schließlich die Geländeformen, aber man kennt nicht die Stellung derselben zum Horizont, man weiß nicht was senkrecht und wagrecht ist, man würde also auch keine eigentlichen Höhenschichten konstruieren können. Die schon erwähnte ungünstige Fehlerfortpflanzung würde sich außerdem in den Höhenverhältnissen noch unliebsamer bemerkbar machen, als in der Unsicherheit des Maßstabes. Daß der Karte ein Höhennullpunkt und die Orientierung gegen die Himmelsrichtungen fehlt, käme neben den erwähnten Mängeln kaum noch in Betracht.

Es läßt sich nun ein großer Teil der genannten Übelstände beseitigen, wenn man ein neues Mittel in die photographische Luftaufnahme einführt, nämlich die Vereinigung von irdischen und Himmelsaufnahmen. Man muß zu diesem Behufe Geräte bauen, die aus mehreren, starr mit einander verbundenen Bildkammern bestehen, die augenblicklich und gleichzeitig Bilder des Geländes und der Sonne liefern. Was läßt sich nun hiemit neues erreichen? Wir setzen zuerst nur voraus, daß der Zeitpunkt jeder Aufnahme soweit bekannt sei, daß man daraus die jeweilige Sonnendeklination mit entsprechender Genauigkeit ermitteln kann. Paart man nun zwei verbundene Gelände- und Sonnenaufnahmen desselben Gebietes, von denen die eine einige Stunden vormittags, die andere ungefähr ebensoviel nachmittags gemacht wurde, so sind dem hieraus konstruierten Punkthaufen zwei Sonnenrichtungen beigelegt, an welche sich mittels der bekannten Sonnendeklinationen unschwer die Richtung der Erdachse anschließen läßt. Dieser Anschluß würde noch verschärft, wenn die Zeit zwischen beiden Aufnahmen auf einige Sekunden genau gegeben wäre. Auf diese Weise wird jedes aus zwei Bildern konstruierte Geländestück gegen die Erdachse orientiert und die Aneinanderfügung der einzelnen Stücke zur Karte hat mit der Zwangsbedingung zu geschehen, wonach die Erdachsenrichtung immer parallel bleiben muß. Damit wird die ungünstige Fehlerfortpflanzung vermieden, welche jeder Lufttriangulation ohne astronomische Kontrolle anhaftet. Die Erdachsenrichtung spielt hiebei eine ähnliche Rolle, wie die Schwerkraftsrichtung beim Nivellement oder die magnetische Kraftrichtung beim Bussolenzug. Auch läßt sich jetzt wieder eine zweckmäßige Zurückführung der dreidimensionalen Aufgabe der trigonometrischen Netzberechnung auf eine zweidimensionale vornehmen, indem man statt der Horizontalprojektion des Netzes eine Projektion auf die zur Erdachse senkrechte Äquatorebene einführt und statt der Höhen mit den Abständen der Punkte von dieser Ebene rechnet. Dem so orientierten Netz und der darauf gegründeten Karte fehlt aber immer noch der Maßstab und die Lotrichtung. Es liegt im Wesen jeder Lufttriangulation, daß der

Maßstab nicht aus der Entfernung zweier, nur auf die Dauer eines Augenblicks eingenommenen Luftstandpunkte, sondern nur aus jener zweier Bodenpunkte abgeleitet werden kann. Die Entfernung einiger Bodenpunkte von einander muß also jedenfalls gemessen werden können, wenn die Lufttriangulation zu einem praktisch brauchbaren Ziele führen soll. Um nun zur Kenntnis der Lotrichtung zu gelangen, kann man zweierlei Wege einschlagen. Der eine besteht darin, daß man für wenigstens drei im Triangulationsnetz enthaltene, nicht in einer Richtung gelegene Bodenpunkte die Höhen mittels Nivellement bestimmt. Das reicht aus, um das seiner Form und Größe nach bekannte Netz gegen die Lotrichtung zu orientieren. Ebenso würde die Bestimmung des Azimutes einer einzigen, zwei triangulierte Bodenpunkte verbindenden Richtung zur Festlegung des Netzes gegen den Meridian genügen. Würde man von einer größeren, über die aufzunehmende Fläche gut verteilten Zahl von triangulierten Bodenpunkten die Höhen nivellieren und für eine Mehrzahl von Verbindungslinien solcher Entfernung und Azimute messen, so könnte man sogar die Einbeziehung der Sonne in die Lufttriangulation ersparen und auf die durch sie bewirkte Anlehnung des Netzes an die Erdachsenrichtung verzichten, ohne eine ungünstige Fehleranhäufung befürchten zu müssen. Der zweite Weg geht in entgegengesetzter Richtung. Man verzichtet auf jede Bodenmessung, die über die Bestimmung des Maßstabes, der geographischen Lage eines Ausgangspunktes und des Azimutes einer Ausgangsrichtung hinausgeht und führt dafür an Stelle der ungefähren, nur für die Ermittlung der Sonnendeklination ausreichenden Zeitbestimmungen der photographischen Aufnahmen strenge absolute Zeitbestimmungen ein, was allerdings eine neue Erschwerung der Feldarbeit nach sich zieht. Unter Berücksichtigung der Ausgangselemente läßt sich das seiner Form und Größe nach bekannte Netz um die Erdachsenrichtung so drehen, daß sich die Bodenpunkte annähernd dem Erdellipsoid anschmiegen und das gemessene Azimut eingehalten wird. Man erhält dann für die Bodenpunkte und die Luftpunkte genäherte geographische Koordinaten, die auf Bruchteile eines Kilo-

meters auch dann noch richtig sein werden, wenn über die Höhenlage der Bodenpunkte nichts bekannt ist. Mit diesen geographischen Koordinaten und der bekannten absoluten Zeit der Sonnenaufnahmen lassen sich alsdann die Sonnenhöhen und Azimute berechnen, die zu den Luftstandpunkten gehören und diese wiederum ergeben zusammen mit der Richtung der Erdachse die Lage der Lotlinie eines jeden solchen Luftstandpunktes mit einer Genauigkeit, die jener der genäherten geographischen Koordinaten desselben Standpunktes entspricht, also auf Bruchteile einer Minute genau. Mit der Kenntnis der Lage der Lotlinien in den einzelnen Luftstandpunkten können dann die Höhen der letzteren und der Bodenpunkte ermittelt und hiernach die genäherten geographischen Koordinaten der Netzpunkte korrigiert werden. Ob der erste oder der zweite Weg oder eine Verbindung beider mehr zu empfehlen ist, hängt ganz von den Umständen ab. Langwierig und umständlich sind sie beide und es unterliegt keinem Zweifel, daß eine Lufttriangulation weit höhere Anforderungen an die Rechen- und Ausgleichungskunst stellen wird, als eine Bodentriangulation, bei der die geometrischen Verhältnisse vergleichsweise recht einfach liegen. Ganz im Gegensatz hiezu steht die unter den heutigen Umständen erreichbare Genauigkeit, die bei der Lufttriangulation mindestens fünfzigfach geringer ist als bei der Bodentriangulation.

Fassen wir schließlich kurz zusammen, was sich über die oft bestrittene Möglichkeit einer Landesvermessung von der Luft aus, insbesondere einer Lufttriangulation sagen läßt. Innerhalb der Genauigkeit der photographischen Winkelmessung ist eine solche Möglichkeit zweifellos vorhanden, wenn das aufzunehmende Land mit einem genügend engen Netz von natürlichen oder künstlichen gut abbildbaren Signalen versehen ist. Der Maßstab der Triangulation kann nur durch Bodenmessungen gefunden werden. Für den unbedingt nötigen Anschluß des Netzes an die Schwerkraftsrichtung bedarf es entweder eines Höhennivellements zwischen einer Reihe von Boden-

punkten oder der Einbeziehung von Sonnenbildern in die photographische Triangulation, wobei genaue Zeitbestimmung der Aufnahmen notwendig wird. Die Berechnung einer Lufttriangulation ist wesentlich schwieriger und die erzielbare Genauigkeit bedeutend geringer als bei einer Bodentriangulation.

Daß für Bayern eine Lufttriangulation nicht in Frage kommt, versteht sich nach dem Gesagten von selbst. Ob die Verhältnisse für Kolonialländer in Friedenszeiten wesentlich anders liegen, steht noch sehr dahin. Nur wo äußerste Schnelligkeit der Aufnahme in einem unwegsamen Gelände dringendes Bedürfnis ist und die klimatischen Bedingungen eine Luftaufnahme zulassen, kann die an sich mögliche Methode vielleicht zur Verwirklichung gelangen. Die bayerische Landesvermessung wird aus der photographischen Geländeaufnahme voraussichtlich nur in zweierlei Art Nutzen ziehen. Im Gebirge aus der Stereoautogrammetrie zur genauen Wiedergabe der vielfach schwer zugänglichen Bodenformen und im Flachlande aus den Luftaufnahmen zur raschen Ergänzung der Karten in Bezug auf Veränderungen des Wegnetzes, der Wald- und Kulturgrenzen und der Bebauung.

Kehren wir zum Ausgangspunkt unserer Überlegungen zurück. Als Bayern vor mehr als einem Jahrhundert an seiner Landesvermessung arbeitete, zeigte sich ein erhebender Zug ins Große. Es dehnte sein Dreiecksnetz vielfach über die Landesgrenzen aus, insbesondere nach Westen zum Anschluß an die Rheinpfalz und nach Norden, um mit der Gauß'schen Hannöverschen Gradmessung in Beziehung zu treten. Die süddeutschen Nachbarstaaten folgten seinem Beispiel, während im Norden Preußen lange zurückblieb. So entwickelte sich in dem ungeeinten Deutschland eine Vielheit von Landesaufnahmen, deren Organisation je nach den Bedürfnissen der Staaten und noch mehr nach dem Grade der Einsicht der Regierungen sehr verschieden waren. Wie sehr auch dieser Zustand zur Ausbildung der Methoden beitrug, im Ergebnis blieb er unbefriedigend und ist es noch heute. Inzwischen hat Preußen Versäumtes gründlich nachgeholt und ein einheitliches

mustergültiges System der Landesaufnahme spannt sich von Basel bis Memel und Schlesien. Da liegt es nahe, daß Bayern, wenn es seine Triangulation erneuert, dies im Anschluß an das preußische System tut und dieses damit zu einem deutschen ergänzt. Freilich muß dabei Einiges geopfert werden, nicht bloß historisch Gewordenes sondern auch sachlich Berechtigtes. Wir müssen einige Bequemlichkeiten aufgeben, die bei der geringen Ausdehnung des eigenen Landes möglich, bei dem größeren Deutschland aber nicht mehr zulässig sind. Allein diese Opfer werden reich belohnt durch die Vorteile, die uns ein günstiger Anschluß an der langen Nordgrenze gewährt und durch das Bewußtsein, den entscheidenden Schritt für eine Vereinheitlichung des deutschen Vermessungswesens getan zu haben. Daß eine solche Vereinheitlichung nicht nur praktischen Nutzen hat, sondern ein Segen für die wissenschaftliche Verwertung der Messungsergebnisse ist, zeigt uns ein vergleichender Blick auf Nordamerika einerseits und Europa andererseits. Obwohl fast alle grundlegenden Gedanken für die wissenschaftliche Ausbeute der Landesmessung von Europa ausgingen, ist diese in Nordamerika infolge der Einheitlichkeit des Materials und des Bedürfnisses die weitausgreifenden Operationen auf eine gemeinsame Basis zu stellen, zur Zeit viel ergiebiger als in der alten Welt mit ihren abgeschlossenen Einzelgebieten. Deutschland, dessen Anteil an der Entwicklung der Meßkunst an die Spitze zu stellen ist, befindet sich noch in einer bedauerlichen Zersplitterung der Ergebnisse, die historisch verständlich, aber darum nicht minder zu beklagen ist. Möge die in guten und schlimmen Zeiten erstarkte politische Einigung Deutschlands ein Vorbild für die baldige Vereinheitlichung der Grundlagen der Landesmessung werden gemäß dem Worte: In necessariis unitas.

Anmerkungen.

1) Für die Geschichte der bayerischen Landesvermessung, soweit sie wirtschaftlichen, insbesondere Katasterzwecken dient, ist grundlegend das treffliche Werk: Die bayerische Landesvermessung und ihre geschichtliche Entwicklung. Im Auftrag des K. Katasterbureaus dargestellt von Joseph Amann, K. Steuerassessor, München 1908, Verlag des K. B. Katasterbureaus (jetzt Landesvermessungsamt).

2) Reichenbach wird in der prachtvoll ausgestatteten Monographie: Georg von Reichenbach, von Walther von Dyck, München 1912, Verlag des Deutschen Museums, eingehend und liebevoll gewürdigt.

3) Über Soldner bringt die »Festschrift zur Feier der Enthüllung der vom bayer. Vermessungsbeamtenverein am Georgenhofe zu Ehren Soldners angebrachten Gedächtnistafel« mit dem Titel: Johann Georg von Soldner der Geodät von Franz Johann Müller, K. Obergeometer in Augsburg, München 1914 umfangreiches und wertvolles Akten- und Briefmaterial, darunter 10 Briefe an Gauß.

4) Diese Äußerung Laplace's ist durch Überlieferung des K. B. Katasterbureaus beglaubigt. Vgl. das unter 1) angeführte Werk von Amann S. 17.

5) Die Bayerische Landesvermessung in ihrer wissenschaftlichen Grundlage. Herausgegeben von der K. Steuer-Kataster-Kommission in Gemeinschaft mit dem topographischen Bureau des K. Generalstabes München 1873. Der 2. Abschnitt (Hauptteil) des Werkes ist vom damaligen Oberstleutnant Carl Orff verfaßt. Er enthält auch die später im Text besprochenen Untersuchungen Soldners über die nach ihm benannten Koordinaten und Rechnungsmethoden.

6) Die rechnerischen Grundlagen für diese Angaben finden sich in der Doktorschrift der Münchener technischen Hochschule von Gustav Clauß, K. Obergeometer: Das Verhältnis der Gaußschen und der Soldnerschen Bildkugel zum Besselschen Erdellipsoid. München 1916, S. 36.

7) Über die Möglichkeit und Nützlichkeit der Einführung einheitlicher Gaußschen konformer Koordinaten in Bayern siehe: S. Finsterwalder, Vorschlag zu einer Neugestaltung der bayerischen Koordinaten. Zeitschrift des Vereins der höheren bayer. Vermessungsbeamten 27. Bd. Nr. 3. München 1914.

8) Ein beredter Anwalt der Invarbandmessung ist William Bowie. The substitution of metal tapes and wires for bars in base measurements. Journal of the Franklin Institute, June 1914 S. 665.

9) Dieses in roher Form in Nordamerika schon lange in Gebrauch gewesene Verfahren wurde mit verfeinerten Mitteln neuerdings in den deutschen Kolonien in Afrika mit Erfolg wieder verwendet. Vgl. Über die Tätigkeit der deutsch-englischen Grenzregulierungs-Expedition in Togo und die weiteren astronomisch-geodätischen Arbeiten des Oberleutnants Freiherrn v. Seefried an der Ostgrenze dieses Schutzgebietes während der Jahre 1901—1903. Bearbeitet von Prof. Dr. Ambronn. Mitt. aus den deutschen Schutzgebieten 8. Bd. 2. Heft 1905.

10) Das polygonometrische Triangulierungsverfahren der argentinischen Landesaufnahme. Zeitschrift für Vermessungswesen 39. Bd. 1910 S. 425. Das Verfahren kann noch dadurch erheblich verbessert werden, daß man bei der Berechnung der aus den Polygonzügen gebildeten Dreiecke die Winkel, welche die Polygonzüge an den Ecken der Dreiecke einschließen, passend berücksichtigt.

11) Siehe Mitt. des K. u. K. militärgeographischen Institutes. v. Rummer: Die Photogrammetrie im Dienste der Militärmappierung. 16. Bd. 1896 S. 67. Baron Hübl: Die photogrammetrische Terrainaufnahme. 19. Bd. 1899 S. 78.

12) Ebenda: Baron Hübl: Die Stereophotogrammetrie. 22. Bd. 1902 S. 139. Baron Hübl: Die stereophotogrammetrische Terrainaufnahme. 23. Bd. 1903 S. 182. Baron Hübl: Beiträge zur Stereophotogrammetrie. 24. Bd. 1904 S. 144.

13) Ebenda: v. Orel: Der Stereoautograph. 30. Bd. 1910 S. 62. v. Orel: Über die Anwendung des stereoautographischen Verfahrens für Mappierungszwecke. 31. Bd. 1911 S. 152.

14) Ebenda: Korzer: Die Stereoautogrammetrie im Dienste der Landesaufnahme. 33. Bd. 1913 S. 103.

15) Die gleichzeitige photogrammetrische Festlegung eines Fesselballonstandpunktes durch photographische Aufnahmen von oben und unten findet sich in einer Notiz von Herrn Landmesser Bötzel erwähnt. Zeitschrift für Vermessungswesen. 42. Bd. 1913 S. 931.

16) Der Gedanke mit der nach unten gerichteten Ballonkammer eine wagrecht gerichtete Stereokammer starr zu verbinden stammt von Herrn O. v. Gruber gleich wie die im Texte erwähnte Abänderung des Stereoautographen zur Zeichnung von Schichtlinien aus Bildern mit windschief verschwenkten Achsen, die patentamtlich angemeldet, des Kriegs wegen aber noch nicht veröffentlicht ist.

17) Das Verfahren ist beschrieben in: Cesare Tardivo, Manuale die Fotografia-Telefotografia Topofotografia del Pallone, Torino 1911 S. 87. Dortselbst sind bemerkenswerte Beispiele zu sehen, die freilich auch die Schwächen des Verfahrens deutlich verraten. Eine weitere Veröffentlichung desselben Verfassers Topografia aerea im 1. Bd. S. 180 des internationalen Archivs für Photogrammetrie, Wien 1913—14 enthält noch eine Flugzeugaufnahme der Stadt Bengasi in Tripolis.

18) Vgl. S. Finsterwalder: Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen. Abhandl. der K. B. Akad. der Wiss. II. Kl. Bd. 22 2. Abt. 1903 S. 226.

19) Aus den Formeln für die reziproken Gewichtszahlen Anmerkung 21 findet man, z. B. für $a = 0,25$, $b = 0,25$, $c = 0,5$, $h = 2,5$ Kilometer $Q_{11} = 338$, $Q_{22} = 4220$, woraus eine Unsicherheit der Basisneigung und Richtung von 15 bis 50fachen Betrag des auf den Bildern meßbaren Winkels hervorgeht. Die Ausmessung der Stereoaufnahmen ist jedoch äußerst empfindlich für die geringsten Abweichungen von der richtigen Stellung der Bilder.

20) Das erste Modell des Apparates von Thiele aus dem Jahre 1899 ist in dem Sammelwerk von Laussedat: Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques. Paris 1903 2. Bd., 2. Teil S. 167 abgebildet und beschrieben, das letzte 5. Modell im 1. Bd. des Internationalen Archivs für Photogrammetrie, Wien 1909 S. 36. Scheimpflug zusammengesetzte Kammer scheint 1906 zuerst verwendet worden zu sein, sie wurde vielfach abgebildet, z. B. in dem Vortragsbericht: Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung. Denkschrift der ersten internationalen Luftschiffahrtsausstellung (Jla) zu Frankfurt a/M. 1909 1. Bd. S. 177. Berlin 1910.

21) Die hier ausgesprochene Behauptung ist für die Beurteilung der praktischen Möglichkeit einer Lufttriangulation so grundlegend, daß ein Beweis hierfür nicht entbehrt werden kann. Er läßt sich auf folgende Weise erbringen. Zwei Luftstandpunkte O und O' befinden sich in der Höhe h über dem nahezu ebenen Gelände von der Form eines Rechteckes $ABCD$ mit den Seiten $AD = BC = 2a$ parallel OO' und $AB = CD = 2c$ senkrecht zu OO' . Der Mittelpunkt der Basis OO' liege senkrecht über dem Mittelpunkt E des Rechteckes, das von beiden Aufnahmen aus O und O' gedeckt werde. Zum Zusammenfügen der Aufnahmen verwende man die Bildpunkte von $ABCDE$. Das Zusammenfügen beruht (s. Anmerkung 18) auf der Gleichheit der Winkel in den Kernebenenbüscheln beider Aufnahmen. Man nimmt zu den 5 Strahlen von O (bzw. O') nach den Bildpunkten von $ABCDE$

eine Kernachse OO_1 (bzw. $O'O_1$) derart hinzu, daß die Winkel der Ebenen durch OO_1 (bzw. $O'O_1$) und einen der Bildpunkte gleich jenen der entsprechenden Ebenen durch $O'O_1$ (bzw. OO_1) werden. Da 5 Ebenen eines Büschels untereinander 4 unabhängige Winkel einschließen, ergeben sich aus der Gleichsetzung der vier entsprechenden Winkelpaare vier Gleichungen zur Bestimmung der 2 mal 2 Koordinaten der beiden Kernachsen OO_1 (bzw. $O'O_1$) oder auch der Verbesserungen die an den Bestimmungsstücken der genäherten Kernachsen anzubringen sind, damit sie richtig werden. Nimmt man als solche Bestimmungsstücke den Neigungswinkel ψ (bzw. ψ') der Kernachse gegen das Gelände und den Winkel φ (bzw. φ'), den ihre Projektion auf die Geländeebene mit einer dort festen Richtung bildet, so erhält man für die Bestimmung der Verbesserungen von ψ , φ , ψ' , φ' folgendes Schema reziproker

$$\text{Gewichtszahlen: } Q_{11} = Q_{33} = \frac{(b^2 + a^2)(c^2 + h^2)^2}{16 a^2 b^2 c^2}, \quad Q_{22} = Q_{44} = \frac{(a^2 h^4 + b^2 c^4)(c^2 + h^2)^2}{16 a^2 b^2 c^4 h^2},$$

$$Q_{13} = -\frac{(b^2 - a^2)(c^2 + h^2)^2}{16 a^2 b^2 c^2}, \quad Q_{24} = -\frac{(a^2 h^4 - b^2 c^4)(c^2 + h^2)^2}{16 a^2 b^2 c^4 h^2}, \quad Q_{12} = Q_{34} = Q_{23}$$

$$= Q_{14} = 0. \text{ Für den im Text angegebenen Fall wird: } a = 2, b = 2, c = 2,$$

$h = 2$ Kilometer, woraus: $Q_{11} = Q_{33} = Q_{22} = Q_{44} = 0,5$ alle andern $Q = 0$ folgt.

Bezeichnet F die Funktion von ψ , φ , ψ' , φ' , welche die Abhängigkeit des Azimuts der Basis OO_1 darstellt, so werden deren partielle Ableitungen, wie aus einer graphischen Konstruktion des Haufens der 5 Punkte samt Basisendpunkten mit abgeänderten Werten von ψ , φ , ψ' , φ' hervorgeht: $F_1 = 0$, $F_2 = 0,8$, $F_3 = 0$, $F_4 = -0,8$. Die reziproke Gewichtszahl von F ergibt sich hieraus und aus den Werten von Q zu 0,64. Beträgt der mittlere Unterschied der gleichseinsollenden Kernebenenwinkel eines Paares μ (= Gewichtseinheit für die Berechnung der Q), so wird der mittlere Fehler des Azimutes von OO_1 $\mu \sqrt{0,64} = \pm 0,8 \mu$. Nicht ganz so günstig liegen die Verhältnisse bezüglich der Neigung der Basis gegen das Gelände. Ist Φ die Abhängigkeit dieser Neigung von ψ , φ , ψ' , φ' so ergeben graphische Konstruktionen für den obigen Sonderfall: $\Phi_1 = 1$, $\Phi_2 = 0$, $\Phi_3 = -1$, $\Phi_4 = 0$. Hieraus berechnet sich die Gewichtsreziproke für die Neigung zu 1,0 und ihr mittlerer Fehler zu μ . Die Größe μ kann unter Voraussetzung streng richtiger Perspektive der Aufnahmen auf den Messungsfehler eines photographierten Winkels (etwa 20" bis 30" bei 25 cm Brennweite) herabgedrückt werden.