

# Das Photo-Restitutionsverfahren von Ingenieur H. Roussilhe für die Luftphotogrammetrie [Fortsetzung und Schluss]

Autor(en): **Baeschlin, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und  
Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et  
améliorations foncières**

Band (Jahr): **21 (1923)**

Heft 8

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-188061>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# SCHWEIZERISCHE Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik

ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS

REVUE TECHNIQUE SUISSE DES MENSURATIONS ET AMÉLIORATIONS FONCIÈRES

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Redaktion: F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Ständiger Mitarbeiter für Kulturtechnik: H. FLUCK, Dipl. Kulturingenieur, Neuchâtel, Case postale  
Collaborateur attitré pour la partie en langue française: CH. ROESGEN, ingénieur-géomètre,  
Genève, 11, rue de l'Hôtel-de-Ville — Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

□ Expedition, Inseraten- und Abonnements-Annahme: □  
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORM. G. BINKERT, WINTERTHUR

Jährlich 12 Nummern  
(erscheinend am zweiten Dienstag  
jeden Monats)  
und 12 Inseraten-Bulletins  
(erscheinend am vierten Dienstag  
jeden Monats)

**No. 8**  
des **XXI. Jahrganges** der  
„Schweiz. Geometerzeitung“.  
**14. August 1923**

Jahresabonnement Fr. 12.—  
(unentgeltlich für Mitglieder)

Inserate:  
50 Cts. per 1spaltige Nonp.-Zeile

## Das Photo-Restitutionsverfahren von Ingenieur H. Roussilhe für die Luftphotogrammetrie.

(Fortsetzung und Schluß.)

(In bezug auf diese Gleichung ist Herrn Roussilhe in seinem Aufsatz « Application de la photographie aérienne aux levés topographiques » in der Juninummer 1922 von « La Géographie, Revue mensuelle, Paris, Société de Géographie », ein kleiner Fehler unterlaufen, indem er die Gleichung

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{\varphi}$$

aufstellt. Der Fehler ist praktisch wenig bedeutend, weil  $\mu$  falls  $i \leq 30^\circ$  gewählt wird, nur ein kleiner Winkel ist, dessen Cosinus sehr nahe gleich der Einheit ist. Wir werden uns für unsere weitere Betrachtung aber auf die richtige Gleichung (2) stützen.)

Aus dem oben geführten Beweis, daß S mit  $\Sigma$  auf einem Kreis durch h liegt, folgt ohne weiteres  $\Sigma S$  parallel  $\Omega O$  und daraus weiter:

$$p : p' = \omega \Sigma : \Sigma \Omega$$

$$\text{Nun ist aber } \omega \Sigma = f \text{ und } \Sigma \Omega = \frac{a}{\cos i}$$

so daß wir erhalten:

$$\frac{p}{p'} = \frac{f \cos i}{a} \quad (3)$$

Löst man die Gleichungen (2) und (3) nach  $p$  und  $p'$  auf, so erhalten wir:

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{\varphi}{\cos \mu} \cdot \frac{a + f \cos i}{a} \\ p' &= \frac{\varphi}{\cos \mu} \cdot \frac{a + f \cos i}{f \cos i} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Bezeichnen wir noch die Winkel

$$\sphericalangle S \omega d = \alpha \quad ; \quad \sphericalangle S O d = \alpha'$$

und betrachten das Dreieck  $\omega h S$ , so erkennen wir, weil  $h S$  parallel  $d O$  ist, daß der Winkel bei  $S$  in diesem Dreieck gleich  $\alpha'$  ist. Die Seite  $h S$  ist gleich  $h \Sigma$  nach einem früher geführten Beweis.

$$hS = h\Sigma = \frac{f}{\sin i} \quad \text{und} \\ \omega h = f \cotg i$$

Damit bekommen wir nach dem Cosinussatz:

$$p^2 + f^2 \cotg^2 i - 2 p f \cotg i \cos \alpha = \frac{f^2}{\sin^2 i}$$

Daraus folgt nach einfacher goniometrischer Umformung

$$\cos \alpha = \frac{p^2 - f^2}{2 p f} \tg i \quad (5a)$$

Andererseits ist

$$p^2 + \frac{f^2}{\sin^2 i} - 2p \frac{f}{\sin i} \cos \alpha' = f^2 \cdot \cotg^2 i \quad \text{und daraus} \\ \cos \alpha' = \frac{p^2 + f^2}{2 p f} \sin i \quad (5b)$$

Um eine Beziehung für den Winkel  $\mu$  zu finden, betrachten wir das Dreieck  $\omega d S$ . In diesem Dreieck sind die Winkel:

$$\begin{aligned} \text{bei } \omega &: \alpha \\ \text{,, } S &: 90 - \mu \\ \text{,, } d &: 90 - (\alpha - \mu) \end{aligned}$$

Nach dem Sinussatz haben wir daher die Beziehung:

$$\frac{\cos (\alpha - \mu)}{\cos \mu} = \frac{p}{\omega d}$$

Nun ist aber

$$\omega d = \frac{a + f \cos i}{\sin i}$$

was wir sofort erkennen, wenn wir von  $\omega$  aus eine Normale zu  $d\Omega$  ziehen. Aus Gleichung (4) folgt aber

$$\frac{p}{a + f \cdot \cos i} = \frac{\varphi}{a \cos \mu}$$

Daraus geht nun die Gleichung hervor

$$\frac{\cos(\alpha - \mu)}{\cos \mu} = \frac{\varphi}{a \cdot \cos \mu} \sin i$$

oder beidseitig mit  $\cos \mu$  multipliziert:

$$\cos(\alpha - \mu) = \frac{\varphi}{a} \sin i \quad (6)$$

woraus  $\mu$  in der einfachsten Weise gefunden ist.

$$\mu = \alpha - \arccos\left(\frac{\varphi}{a} \sin i\right) \quad (6a)$$

Man erkennt daraus, daß es unmöglich ist, die Apparatur richtig einzustellen, wenn man nicht die Daten der Luftaufnahme kennt, als welche man neben der Brennweite  $f$  betrachten kann:

1. Die Richtung der Horizontalen der Platte.
2. Die Neigung  $i$  der Linie größten Gefälles.
3. Die Höhe  $A$  des Punktes  $\Sigma$  über der Originalebene  $H$ .

Nach dem Verfahren von Roussilhe verschafft man sich diese Daten dadurch, daß man die Bilder dreier durch Koordinaten bestimmter Punkte der Ebene  $H$  aufsucht. Nach den Koordinaten zeichnet man sich diese Punkte im Maßstab  $E$  auf ein Zeichenblatt auf.

Durch eine Lampe  $L$  wird die Platte  $P$  beleuchtet und vermittelst des Objektivs  $S$ , dessen optische Axe zunächst parallel zur Tischebene  $TT$  gerichtet ist, erzeugt man ein optisches Bild von  $P$  auf das Zeichenblatt mit den 3 Punkten. Man versucht die Projektion der 3 Plattenpunkte mit den 3 entsprechenden Punkten des Zeichenblattes in Konzidenz zu bringen. Dabei sind folgende Operationen durchzuführen:

- a) Drehung der Platte in ihrer Ebene (Aufsuchen der Richtung der Horizontalen in der Platte).
- b) Längsverschiebung des Objektivs  $S$  und des Zeichenblattes (Einstellen des Projektionszentrums).
- c) Drehung der Platte und des Zeichenblattes um die horizontalen Axen  $\omega$  und  $O$  (Einstellen der Projektionsbedingungen).

Die Einstellung wird erst genau, wenn noch die optische Axe von S um den Winkel  $\mu$  gedreht worden ist.

Diese kompliziert erscheinende Operation wird, systematisch durchgeführt, in zirka 15 Minuten erledigt. (Bezüglich der praktischen Durchführung dieses Prozesses verweisen wir auf die weiter unten angegebene Veröffentlichung (3).

Wenn diese Einstellung auf  $\frac{1}{10}$  mm genau vollzogen ist, so werden am Apparat die Größen  $p$ ,  $p'$ ,  $\alpha$  und  $\alpha'$  abgelesen, und man errechnet daraus die Größen  $i$  und  $a$  nach folgenden Formeln:

$$\text{osc } i = \frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} \quad (7)$$

$$a = f \cdot \cos i \frac{p'}{p} \quad (8)$$

Formel (7) finden wir durch Betrachtung des Dreieckes  $\omega S h$ , beachtend, daß

$$hS = h\Sigma = \frac{f'}{\sin i}$$

$$\omega h = f \cotg i$$

Formel (8) ergibt sich, indem man die Formel für  $p$  durch die Formel für  $p'$  (Formeln 4) dividiert.

Zur Vereinfachung der Rechnung sind diese Formeln (7) und (8) in Nomogramme übersetzt.

Man nimmt dann eine photographische Kopie der Restitution in der Dunkelkammer bei unveränderter Stellung der Ebenen auf. Auf dieser Kopie wird automatisch die Linie größten Gefälles der Platte aufgezeichnet, durch das Bild eines Fadens, der vor der Platte und in der vertikalen Symmetrieebene des Apparates (Zeichenebene der Figur 1) aufgespannt ist. Der Fußpunkt der Vertikalen von der Aufnahmestation  $\Sigma$  auf die Ebene C ist auf dieser Linie gelegen in einer Distanz  $OV = a \operatorname{tg} i$ .

Man erhält also nach Abschluß der Rechnung:

1. Eine Restitution des Originales im Maßstab E.
2. Die Koordinaten der Aufnahmestation.

Es ist also in (2) das Rückwärtseinschneiden im Raum durchgeführt worden.

Die bisherigen Ueberlegungen basierten auf der Annahme, daß die Punkte der Originalebene H in *einer* Horizontalebene

gelegen seien. Unter dieser Annahme würde die Photographie, welche mit dem Apparat aufgenommen worden ist, schon direkt die Karte im Maßstab E darstellen.

In Wirklichkeit sind die Verhältnisse komplizierter, indem sowohl die 3 gewählten trigonometrischen Punkte, als auch die weitem Terrainpunkte nicht in einer Horizontalebene gelegen sind.

Sehen wir zu, wie sich das Problem ändert, wenn wir den Einfluß der verschiedenen Höhenlage der Terrainpunkte berücksichtigen.

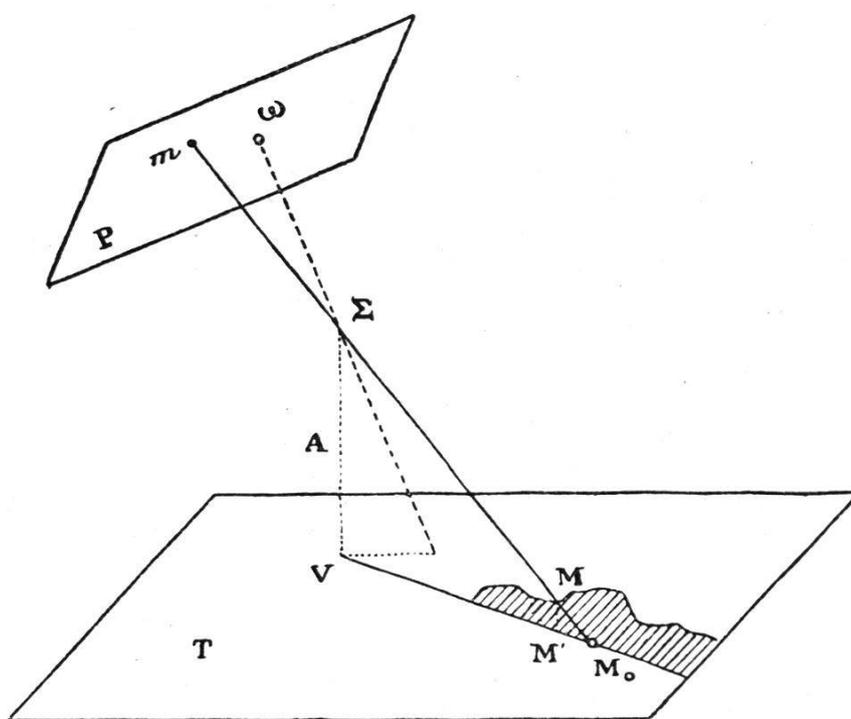


Fig. 2.

Figur 2 stellt die diesbezüglichen Verhältnisse dar.

Wir setzen zunächst voraus, daß die 3 für die Restitution erforderlichen Fixpunkte in einer Horizontalebene T mit der Höhe  $H_0$  gelegen seien.

m stellt das Bild in der Plattenebene P eines Terrainpunktes M dar, dessen Höhe, die wir als bekannt voraussetzen, gleich  $H_0 + h$  sei.

Das perspektivische Bild der Plattenebene P auf die Ebene T stellt die im vorstehenden entwickelte Restitution im Maßstab E dar. In dieser Perspektive ist der Punkt  $M_0$  der Schnitt der Ebene T mit dem Perspektivstrahl  $m\Sigma$ .

Legen wir einen Vertikalschnitt  $\Sigma VM_0$  durch das Gelände: Dem Terrainpunkt  $M$  entspricht auf der Karte die Orthogonalprojektion  $M'$ . Die Lage  $M_0$  muß also verschoben werden, um eine kleine Strecke  $M_0M'$ , die von  $M_0$  gegen  $V$  zu ziehen ist, wenn  $h$  positiv ist und deren Größe  $c$  gleich ist

$$c = h \frac{D}{A} \quad (9)$$

wo  $D = VM_0$  ist.

Diese Höhenkorrektur kann daher durch eine im übrigen sehr einfache zeichnerische Operation nur vorgenommen werden, wenn man den Punkt  $V$  und die Aufnahmehöhe  $A$  kennt.

Andererseits wird man, wenn die Höhen der aufzunehmenden Punkte *nicht* bekannt sind, mehrere photographische Aufnahmen des Geländes machen.

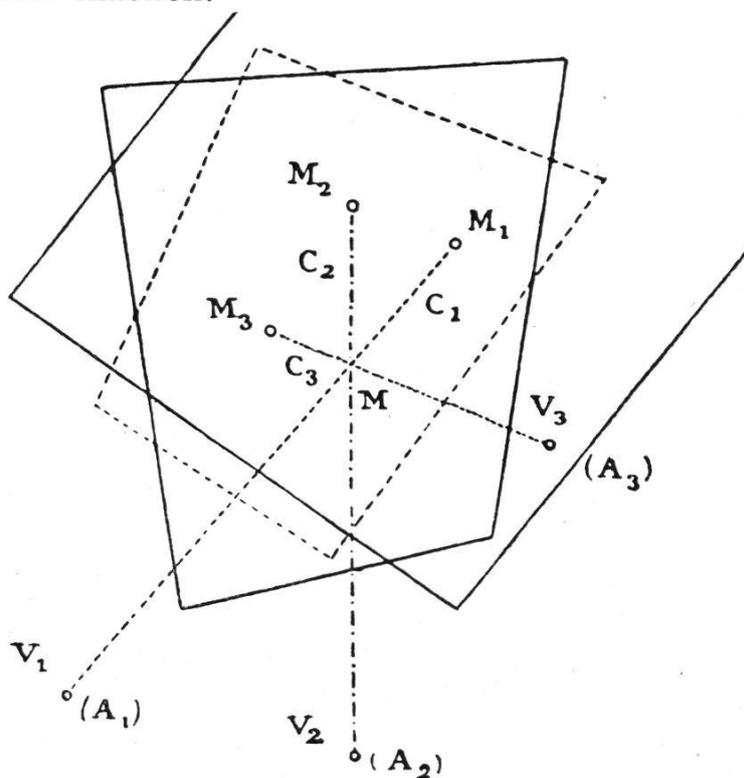


Fig. 3.

Seien  $V_1, V_2, V_3 \dots$  (Fig. 3) die Lagen der photographischen Stationen auf der Karte,  $A_1, A_2, A_3 \dots$  die Höhen dieser Stationen über der Ebene  $T$  und  $M_1, M_2, M_3 \dots$  die durch die jeweilige Restitution der Platten  $P_1, P_2, P_3 \dots$  gewonnenen Perspektiven des Geländepunktes  $M$ .

Man sieht ohne weiteres ein, daß der Punkt  $M$  der Schnitt der Strecken  $V_1M_1, V_2M_2, V_3M_3$  etc. ist und daß die Höhe  $h$  gegeben wird durch

$$h = \frac{c_1 A_1}{D_1} = \frac{c_2 A_2}{D_2} = \frac{c_3 A_3}{D_3}$$

Die Höhen  $h$  sind im übrigen um so genauer, je größer die Distanzen  $D$  sind. Aus dieser Betrachtung erkennt man, daß man für die Bestimmung der Höhen dazu geführt wird, schiefe Aufnahmen zu machen. Da anderseits die Aufnahmen welche zu panoramhaft wirken, nicht genügend genaue Details liefern würden, so beschränkt man die Neigung praktisch auf  $30^\circ$  für Platten  $18/24$  cm, aufgenommen mit Objektiven von der Brennweite  $f = 50$  cm.

Man erkennt aus dieser Darlegung die große Bedeutung einer genauen Bestimmung der Koordinaten der Aufnahme-station. Immerhin muß man zugunsten der photographischen Methode gegenüber den gewöhnlichen Vorwärtseinschneidemetoden der Geodäsie bemerken, daß jeder geometrische Ort sich auf zwei Punkte [1) Station  $V$ , 2) Perspektive des zu bestimmenden Punktes] stützt, von denen der eine sehr nahe beim gesuchten Punkte liegt, woraus ohne weiteres erkenntlich ist, daß die Ansprüche an die Genauigkeit der Bestimmung der Punkte  $V$  nicht übermäßig hohe sind.

In der Abbildung 4 geben wir eine Ansicht des Roussilhe'schen Photo-Restitutionsapparates wieder.

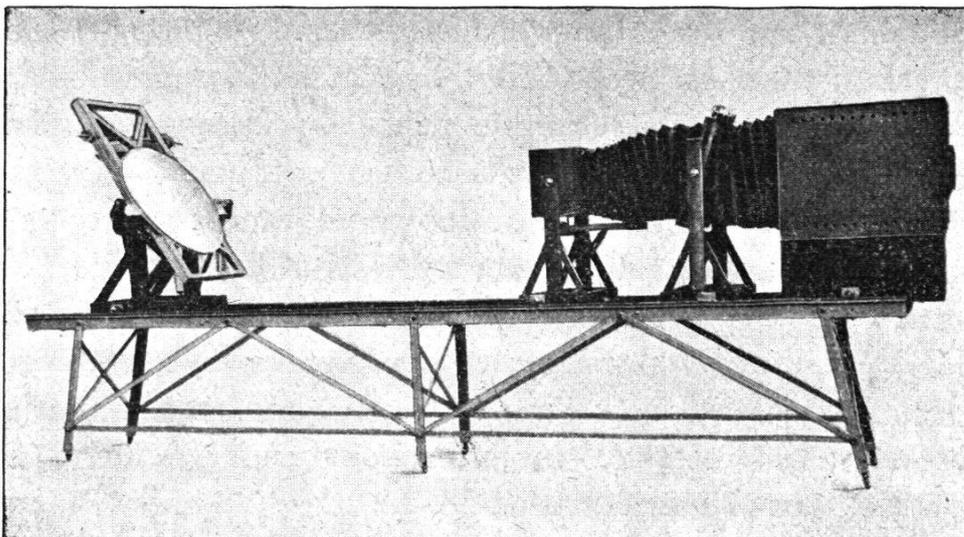


Fig. 4.

Dieser Apparat stellt eine Kombination einer photographischen Vergrößerungskamera (mit speziellen Mechanismen zur Drehung der Platte in ihrer Ebene, der Drehung der Platte,

der Zeichenebene [Projektionsschirm] und des Objektives um horizontale Axen [entsprechend der Figur 1 um die Axen  $\omega$ , O, i und S] und der Einstellung auf die Längen p und p') und eines Apparates zur genauen Messung von Winkeln und von Längen, bezogen auf die feste Axe  $\omega$  S dar.

In Wirklichkeit muß man natürlich auch noch die Annahme fallen lassen, daß die 3 Restitutionspunkte in einer Horizontalebene liegen. Man behilft sich folgendermaßen:

Man führt zunächst eine erste Näherung durch, indem man die Höhen der 3 Fixpunkte als gleich voraussetzt. Auf Grund dieser Bestimmung ermittelt man die Höhenkorrekturen der 2 höhern Punkte bezüglich der Horizontalebene durch den tiefsten der 3 Punkte, indem man die geodätischen Planpunkte in ihre Perspektiven vom Punkte S aus verwandelt.

Eine zweite Näherung, gestützt auf diese Perspektiven, gibt die photographische Restitution im Maßstab E und die definitiven Koordinaten der Station.

Für Platten 18/24 cm bei einer Brennweite von 50 cm verlangen alle diese Operationen nicht mehr als 25 Minuten, inbegriffen die Erstellung der photographischen Restitutionsaufnahme und den Gebrauch der Nomogramme.

Bei der praktischen Durchführung zeigen sich natürlich noch verschiedene Schwierigkeiten, die aber dank der zielbewußten Arbeit des Herrn Roussilhe und seiner Mitarbeiter heute schon zum größten Teil behoben sind.

Wer sich über diese Punkte näher orientieren will, sei auf die Originalschriften verwiesen:

1. Roussilhe, Application de photographie aérienne aux levés topographiques. Erschienen in « La Géographie, Revue mensuelle », numéro du juin, 1922, Paris, Société de Géographie.

2. Roussilhe, Rapport sur les expériences de levés de plans aux grandes échelles avec emploi de la photographie aérienne, exécutées en 1921 et 1922 sur le territoire de Vignemont (Oise). Paris, 1923. Imprimerie nationale.

3. Manuel opératoire, pour l'emploi de l'appareil de Photo-restitution, « Système Roussilhe », aux levés de précision à grandes échelles. Paris, 1922. Imprimerie des Ternes.

Zur Charakterisierung der Genauigkeit möchte ich nur noch darauf hinweisen, daß mit Aufnahmen aus zirka 2000 Meter

Höhe auf Platten 18/24 cm und Brennweite 50 cm bei Darstellung im Maßstab 1 : 2000 maximale Planabweichungen von 0,2 mm gefunden worden sind, so daß man mit einem mittleren Koordinatenfehler der aufgenommenen Punkte von zirka 0,2 m rechnen kann.

Für den der Vermessung in den durch den Krieg verwüsteten Gebieten Nordfrankreichs gestellten Aufgaben genügt diese Genauigkeit durchaus und es kann daher mit Befriedigung konstatiert werden, daß es der zielbewußten Arbeit von Ingenieur Roussilhe gelungen ist, die Aufgabe, die ihm von seinem Lande gestellt worden war, in glänzender Weise zu lösen, wozu wir diesen Pionier praktischer und wissenschaftlicher Arbeit herzlichst beglückwünschen.

Zollikon, den 2. Mai 1923.

F. Baeschlin.

---

## Conférence des Ingénieurs ruraux.

Genève, 25/26/27 mai 1923.

### II.

Nous répétons en tête des développements qui vont suivre, le texte des propositions présentées par M. le Professeur Bäschlin (propositions 1, 2 et 3) et par M. H. Fluck (propositions 4 et 5) à la Conférence des Ingénieurs ruraux:

1<sup>o</sup> Adresser à la Commission fédérale des Examens de Géomètres en vue de n'obliger les ingénieurs agricoles diplômés du Polytechnikum qui se présentent aux examens de géomètres, à ne faire *qu'une année de pratique*, au lieu des deux années prévues, pour la durée du stage compris dans l'examen pratique.

2<sup>o</sup> Composer le programme d'études des ingénieurs agricoles au Polytechnikum, de telle sorte que ces derniers soient entièrement dispensés de l'examen théorique prévu pour les examens de géomètres.

3<sup>o</sup> Restreindre l'activité des géomètres du Registre foncier, en ce qui concerne les travaux rentrant dans la compétence des ingénieurs agricoles, aux opérations de minime envergure.

4<sup>o</sup> Obtenir que tous les cantons créent un service cantonal d'amélioration foncière, à la tête duquel serait placé un ingénieur agricole diplômé.