

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

Band: 30 (1932)

Heft: 5

Artikel: Gravimetrische Feinmessungen zum Zwecke der Erdforschung

Autor: Berroth, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-193373>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

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

Boden nicht ausgemarkt werden; denn ein Baurecht ist eine bloße Dienstbarkeit und begründet kein Eigentum am Grund und Boden.

Das Baurecht ist nicht zu verwechseln mit einer *Fahrnisbaute* (Reversbaute). Hütten, Buden, Baracken und dergleichen behalten, wenn sie ohne Absicht bleibender Verbindung auf fremdem Boden aufgerichtet sind, ihren besondern Eigentümer. Ihr Bestand wird nicht in das Grundbuch eingetragen (Art. 677 ZGB). Derartige Bauten dürfen daher nicht als Parzellen ausgemarkt werden, da sie nicht das Schicksal des Grund und Bodens teilen. Sie unterliegen dem Mobiliarsachenrecht.

VI. *Nachführung des Vermessungswerkes.*

Es kommt nicht selten vor, daß zwischen der Genehmigung eines Vermessungswerkes und der Anlage des Grundbuches in einer Gemeinde Parzellen eingehen. Es erfolgt z. B. nachträglich eine Güterzusammenlegung, oder es verliert durch Zukauf eine Parzelle ihre selbständige Bedeutung. In diesen Fällen verschwindet eine Parzellenummer, und es entsteht eine Lücke in der Numerierung. Nun wird das Grundbuch im Kanton Luzern so angelegt, daß die Grundbuchnummern mit den Parzellenummern übereinstimmen. Fällt nun vor der Anlage des Grundbuches eine Parzellenummer weg, so muß die Lücke bei der nächsten Gelegenheit ausgefüllt werden, sonst hat man keine fortlaufende Numerierung des Grundbuches. Es ist daher Pflicht des Nachführungsgeometers, sich jeweils mit dem Bereinigungsbeamten zu verständigen, bevor er eine weitere Numerierung vornimmt. Auch nach Inkrafttreten des Grundbuches in einer Gemeinde ist es durchaus notwendig, daß in dieser Richtung ein beständiger Kontakt zwischen dem Nachführungsgeometer und dem Grundbuchverwalter besteht; denn nur so ist es möglich, den Grundsatz durchzuführen, daß Grundbuchnummer und Parzellenummer sich decken. Die Verwirklichung dieses Grundsatzes bedeutet eine außerordentliche Erleichterung und Vereinfachung der Grundbuchführung. Auch wird dadurch jede Verwechslung zwischen Grundbuchnummer und Parzellenummer ausgeschlossen.

Gravimetrische Feinmessungen zum Zwecke der Erdforschung.

Von Prof. Dr. Ing. A. Berroth-Aachen.¹

Man hat sich einmal die Aufgabe gestellt, die Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erdoberfläche im Gesamten durch eine mathematische Formel auszudrücken.² Man kann dies mit beliebiger Annäherung durch die sogenannten Kugelfunktionen erreichen, wobei die Kugelfunktionen

¹ Vortrag gehalten auf der Aachener Tagung des Förderungsvereins für den math. naturw. Unterricht, Ostern 1932 (etwas erweitert).

² A. Prey: Darstellung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde. Sitzungsbericht der Ak. d. W. Göttingen. Bd. XI, 1. 1922.

niederen Ranges die großen Wellen darstellen und mit höherem Range die Wellenlängen immer kleiner werden.

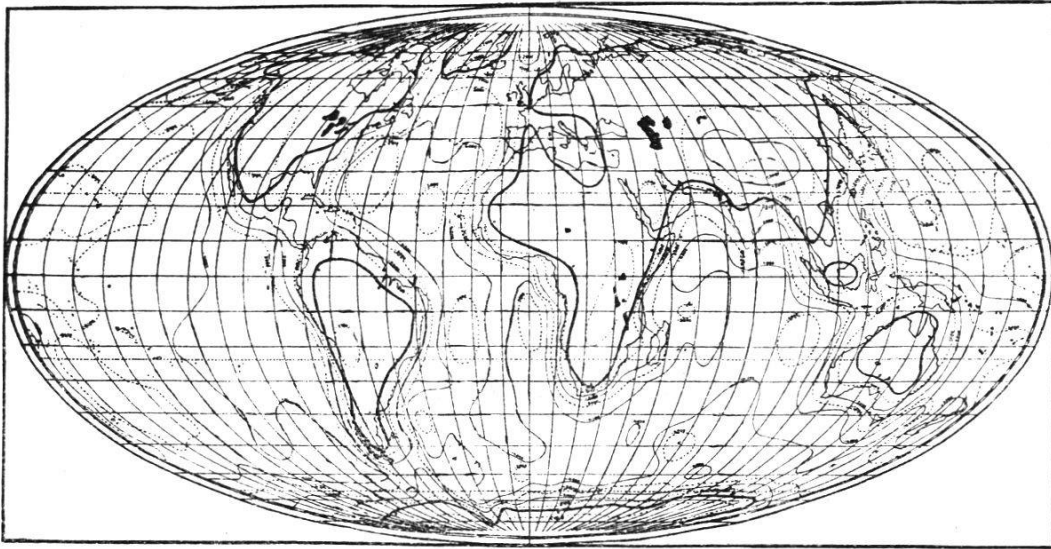


Fig. 1.

Genau so kann man auch den Versuch machen, die Form einer „Niveaufläche“ durch Kugelfunktionen darzustellen, also z. B. die genaue Form derjenigen Niveaufläche, von welcher z. B. der Atlantische Ozean ein Teil ist.

Da sämtliche Niveauflächen fortgesetzt in Bewegung sind, so beschreiben wir zunächst ihre Form in einem bestimmten Augenblick und betrachten später ihre zeitlichen Aenderungen.

A. Die Niveauflächen zu einer bestimmten Zeit.

Ein gutes Mittel, um die Form der genannten Niveaufläche zu studieren, sind die *g*-Messungen, von denen man bis jetzt 8—10,000 über die ganze Erde verteilt ausgeführt hat. Mit dem vorhandenen Material konnte man bis jetzt zwei der größten Wellen mit Sicherheit nachweisen, einmal die Form des *Rotations-Ellipsoids*, sodann aber auch eine Elliptizität des Aequators mit einem Halbachsen-Unterschied von etwa 200 m (*dreiachsiges Ellipsoid*).

Weitere Untersuchungen, die im Laufe der Zeit sicherlich noch angestellt werden, dürften für die Niveaufläche, welche den Atlantischen Ozean enthält, ein ähnliches vielgestaltiges Aussehen ergeben, wie das oben gezeigte Bild. Dies ist die gesuchte *mathematische Gestalt der Erde*.

Die genaue Kenntnis der mathematischen Gestalt der Erde ist nicht etwa eine Spielerei, sondern hat positives praktisches Interesse für grundsätzliche Fragen der Vermessungswissenschaft, Geologie, Astronomie und Physik. Dabei ist jedoch nicht nur die Kenntnis *einer* Niveaufläche von Bedeutung, sondern das ganze Kraftfeld in und außerhalb der Erde muß zahlenmäßig festgelegt werden.

I. Durch *Pendelmessungen* bestimmen wir den Betrag

$g = \sqrt{g^2x + g^2y + g^2z}$, also den Absolutbetrag des Beschleunigungsvektors.

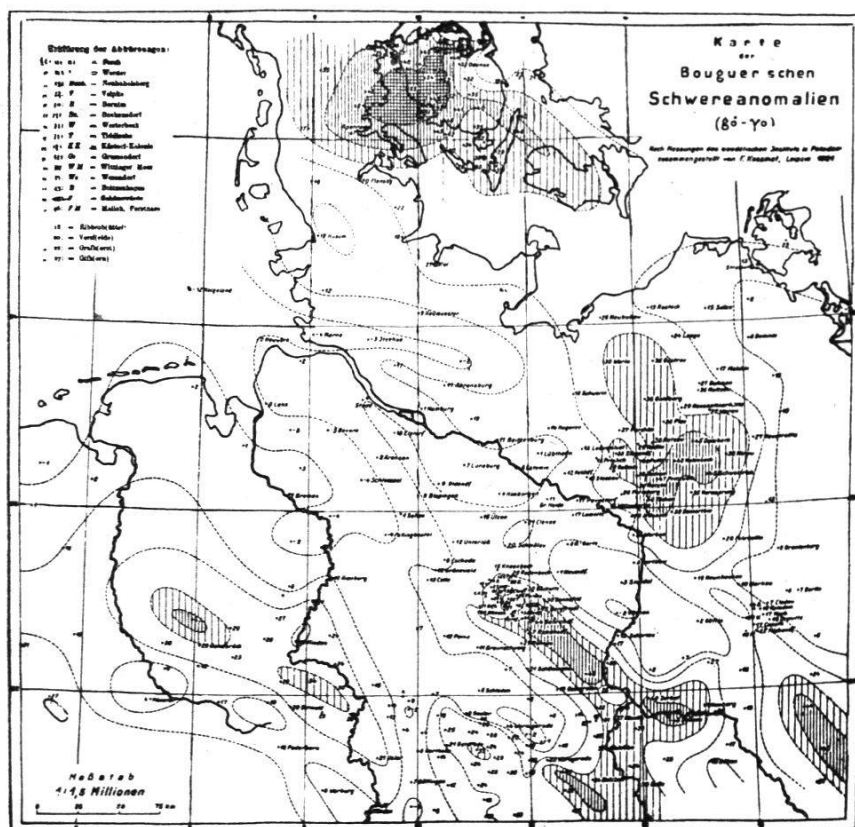


Fig. 2.

Beispiel für ein Bild der Störungen in g (Hinweis auf die geologische Bedeutung.³)

Unter Störungen verstehen wir die Restbeträge, die nach Berücksichtigung der genannten beiden großen Wellen noch übrig bleiben.

Das Bild stellt Schichtlinien gleicher g -Anomalien dar. Eine vom Preuß. Geod. Institut zu Potsdam am Rande und in der Norddeutschen Tiefebene vorgenommene Messungsreihe liefert ein Bild der unter der Oberfläche befindlichen Störungen und läßt Schlüsse zu über den eventuellen Verlauf des produktiven Karbons zwischen Ruhrgebiet und Oberschlesien.

Pendelmessungen beruhen bekanntlich auf der Formel $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$,
worin l die reduzierte Pendellänge bedeutet.

Für absolute Messungen müssen T und l gemessen werden und zwar muß T mit der Genauigkeit von $\frac{1}{10}$ Mill. sec, l mit der Genauigkeit von einigen $\frac{1}{10} \mu$ bestimmt werden, um den nötigen Anforderungen zu genügen. Dabei kommen zahlreiche Fehlerquellen vor, die nur unter äußersten Anstrengungen zu überwinden sind. Von den verschiedenen absoluten Messungen, die bis jetzt überhaupt ausgeführt wurden, hat man als Fundamentalbestimmung die von Kühnen und Furtwängler

³ Relative Bestimmung der Schwerkraft auf 115 Stationen in Norddeutschland von H. v. Flotow, A. Berroth, H. Schmehl; mit geologischen Erläuterungen von F. Kossmat. Veröffentlichung des Preuss. Geod. Inst. Neue Folge 106. Potsdam 1931.

im Jahre 1906 ausgeführte Messung mit dem Resultat $g = 981.274 \pm 0,003\ 87$ m über dem Meeresniveau in der ganzen Welt angenommen (*Potsdamer Schwere-System*).

Relative Messungen beruhen auf der Elimination von l (invariable Pendel), so daß also nur die Bestimmung von T übrig bleibt.

$$T_z = \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g_z}} \qquad T_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g_a}}$$

Auch diese Messungen sind nicht einfach, einmal wegen der erforderlichen hohen Genauigkeit ($\frac{1}{10}$ Mill. sec), sodann wegen der Erfordernis des absoluten Maßsystems. Da jede Uhr die Sekundenlänge fortgesetzt ändert, muß man zur Feststellung des absoluten Maßsystems eine *Messungsdauer von 24 Stunden* verwenden.

Eine Verkürzung der Meßzeit von 24 Stunden auf 2 Stunden und zudem eine Verdoppelung der Genauigkeit kann man erreichen durch die sogenannten Referenzpendelmessungen. Diese beruhen darauf, daß man gleichzeitig mit einem Pendel der Feldstation ein solches auf einer Zentrale durch Vermittlung der gleichen Funksignale beobachtet. Dabei kann der Maßstab der Funksignale ganz beliebig sein, d. h. vom absoluten Zeitmaßstab beliebig abweichen.

Man hat folgende 4 Gleichungen ($z =$ Zentralstation, $a =$ Außenstation, $i, i' =$ Maßstäbe):

$$\begin{aligned} T_z^{(i)} &= \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g_z}} & T_{az}^{(i)} &= \pi \cdot \sqrt{\frac{l_a}{g_z}}; \\ T_z^{(i')} &= \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g_z}} & T_a^{(i')} &= \pi \cdot \sqrt{\frac{l_a}{g_a}} \end{aligned}$$

Daraus stellen wir folgende zwei her:

$$\begin{aligned} \Delta T^{(i)} &= f [(l-l_a), g_z]; \\ \Delta T^{(i')} &= f [(l-l_a), g_z, g_a]. \end{aligned}$$

Diese führen wir auf die eine Gleichung zurück $\Delta T^{(i)} - \Delta T^{(i')} = f (g_z, g_a)$, woraus durch Messung der kleinen Größen ΔT g_a bestimmt werden kann.

Schweremessungen zur See. Man müßte von vornherein erwarten, daß über den tiefen Ozeanen die Schwere kleiner ist als auf dem Festlande. Ueberraschenderweise hat man jedoch festgestellt, daß über den Meeren die Schwere durchschnittlich normal ist. Dies wurde durch folgende zwei Hypothesen zu erklären gesucht:

1. der von *Pratt*, wonach in gleichen Säulen bis in 120 km Tiefe gleichviel Masse enthalten ist und
2. der *Kontinental-Verschiebungstheorie* des kürzlich verstorbenen Grönlandforschers *A. Wegener*, wonach die Festländer in einer zähen Unterlage, wie Eisberge im Meere schwimmen.

Es sind zwei Verfahren bekannt geworden:

- a) die Methode von *Hecker*, Vergleich von Quecksilberbarometer mit Siedethermometer, Genauigkeit etwa $\pm 40 \cdot 10^{-3}$ C G S;

b) das Pendelverfahren von Vening-Meinesz mit einer Genauigkeit von $\pm 4 \cdot 10^{-3}$ C G S, Beobachtung im untergetauchten fahrenden U-Boot; letzterer Apparat beruht darauf, daß für zwei gleiche mit gleicher Amplitude aber mit 180° Phasen-Unterschied in Bewegung gesetzte Pendel, die auf derselben Platte schwingen, alle horizontalen Beschleunigungen herausfallen. Die vertikalen Beschleunigungen sind von geringem Einfluß und zudem unregelmäßig.

$$\frac{d^2\varphi_1}{dt^2} + \frac{g}{l_1} \cdot \varphi_1 + \frac{1}{l_1} \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = 0; \quad \frac{d^2y}{dt^2} = \text{horiz. Beschl.}$$

$$\frac{d^2\varphi_2}{dt^2} + \frac{g}{l_2} \cdot \varphi_2 + \frac{1}{l_2} \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = 0;$$

mit $l_1 = l_2$: $\left(\frac{d^2\varphi_1}{dt^2} - \frac{d^2\varphi_2}{dt^2}\right) + \frac{g}{l}(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$ hypothetisches Pendel.

II. *Schwererichtungen.* Durch astronomische Ortsbestimmungen erhalten wir die Richtung der Vektoren im Raum

$$\cos \alpha = \frac{g_x}{g}, \quad \cos \beta = \frac{g_y}{g}, \quad g_z = \sqrt{g^2 - (g_x^2 + g_y^2)}.$$

Das Verfahren ist vielfach benützt worden (Lotabweichungen) zur Bestimmung der Halbachse und der Abplattung des Erdellipsoids, jedoch auch sehr nützlich zur Ausmessung lokaler Massenstörungen. Da diese letztere Anwendungsmöglichkeit bisher vollständig verkannt worden ist, wird im folgenden näher darauf eingegangen.

Lotrichtungsmessungen als geologische Schürfmethode.

Die Messung der Lotrichtung an einem Ort läuft darauf hinaus, die Komponenten der Schwerebeschleunigung in der Nord- und Westrichtung zu bestimmen.

An einem in der Nähe des Schürfgebiets gelegenen Zentralpunkt falle die Normale des Erdellipsoids mit der physischen Lotrichtung zusammen. An jedem davon entfernten Punkt ist dies nicht mehr der Fall, die physische Lotrichtung läßt sich vielmehr in 3 zueinander rechtwinklige Komponenten zerlegen, g_z in Richtung der Ellipsoid normalen, g_x nach Norden, g_y nach Westen.

Die Messung von $g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$ geschieht mit Pendeln und der Wert g_z ist davon so wenig verschieden, daß man ihn für den vorliegend betrachteten Zweck $= g$ setzen kann.

Die Messung der Werte g_x , auf die wir uns wegen der erreichbaren größeren Genauigkeit beschränken, erfolgt durch Messung des Winkels, welchen die physische Lotrichtung mit der durch den Standpunkt gezogenen Parallelen zur momentanen Umdrehungsachse einschließt.

Bildet man die Differenzen dieser Winkel gegen den im Zentralpunkt vorhandenen, so erhält man die physischen Amplituden und durch Vergleich dieser mit den ellipsoidischen die nördlichen Lotabweichungskomponenten und daraus die g_x . In zahlreichen Fällen ist hier bei Ausnützung aller Möglichkeiten eine Genauigkeit von $\pm 0'',02$ erreicht worden. Dies bedeutet eine Messung der Größe g_x mit einer Genauigkeit von $(0,02/206265) \cdot 981 = 0,0001$ C G S.

Ergebnisse der Breitenbeobachtungen in Johannesburg.
 (Beobachter: Die Astronomen der Sternwarte.)
 Instrument: Bamberg Universal 66,5 mm Oeffnung, 652 mm Brennweite. 2 Horrebow-Niveaux mit 1",65 und 1",93 Empfindlichkeit.

Nr.	1910 28. Juni		5. Juli		13. Juli		22. Juli		30. Juli	
	Polhöhe	VV	Polhöhe	VV	Polhöhe	VV	Polhöhe	VV	Polhöhe	VV
1	55,29	0,00	54,86	0,12	54,82	0,21	54,64	0,22	54,84	0,00
2	55,52	0,04	54,85	0,12	54,97	0,10	55,37	0,07	54,88	0,01
3	55,60	0,08	55,92	0,52	55,64	0,13	55,52	0,17	54,92	0,01
4	55,03	0,08	55,09	0,01	55,53	0,06	54,98	0,02	54,54	0,07
5	55,26	0,00	55,20	0,00	55,16	0,01	55,32	0,04	54,70	0,01
6	55,44	0,01	54,71	0,24	54,96	0,10	54,67	0,19	54,82	0,00
7	55,21	0,01	55,61	0,17	55,75	0,22	55,49	0,14	54,71	0,01
8	55,22	0,01	55,32	0,01	55,38	0,01	54,86	0,06	54,99	0,04
M =	55,32	0,23	55,20	1,19	55,28	0,84	55,11	0,91	54,80	0,15

$m_1 = \pm 0",182$; $m_1 = \pm 0",412$; $m_1 = \pm 0",346$; $m_1 = \pm 0",360$; $m_1 = \pm 0",145$;
 Mittelwert $m_x = \pm 0",10$ pro Abend.

E. Bernewitz gibt als mittleren Fehler einer Beobachtung eines Sternpaares den Wert $\pm 0",21$ an, so daß als Mittel aus allen Fällen a) b) c) erhalten wird: $\pm 0",13$.

Setzt man also voraus, daß an einem Abend 8 Sternpaare eingestellt werden, so ergäbe sich auf Grund des betrachteten Materials ein erreichbarer mittlerer Fehler von $\pm 0",13$ pro Abend.

Die Fehler der Sterndeklinationen und der Refraktion.

Nach Bernewitz war bei seinen Beobachtungen der wahrscheinliche Fehler einer Sterndeklination für das Jahr 1915 nach dem Katalog Boß $\pm 0",199$. Diese Fehler sind jedoch in den Beobachtungsreihen a) b) c) zum größten Teil unschädlich gemacht.

Die Fehler der Sterndeklinationen lassen sich auch in dem vorliegenden Fall zum Teil eliminieren, wenn das Beobachtungsgebiet in Richtung NS keine große Erstreckung hat.

Nach den für die Horrebow-Methode gültigen Vorschriften dürfen i. a. die Zenitdistanzen der Sterne eines Paares nördlich und südlich vom Zenit um nicht mehr als 20' voneinander abweichen.

Es wären also alle 36 km NS vollkommen neue Sterne zu beobachten. Es ließe sich somit das Sternprogramm so einrichten, daß i. a. für einen 18 km breiten NS-Streifen an jedem Beobachtungspunkt die Hälfte derselben Sternpaare benützt werden könnte.

Damit würden die Deklinationsfehler zum Teil unschädlich gemacht. Außerhalb eines Streifens NS von 18 km Breite würden mehr Fehler wegen den Deklinationen hinzukommen, so daß der reine Beobachtungsfehler auf etwa $\pm 0",15$ pro Abend steigen könnte.

Hierzu würden noch die Fehler aus Anomalien der Refraktion treten. Diese können unter Umständen bewirken, daß einzelne Stationen

stärker herausfallen. Diesem Umstand muß dadurch begegnet werden, daß die Stationen nicht zu weit auseinanderliegen und daß ab und zu zweifelhafte wiederholt werden.

Die geodätische Vermessung des Arbeitsgebiets.

Die Kosten der Einmessung der astronomisch bestimmten Punkte müssen zu den übrigen Kosten im richtigen Verhältnis stehen, deshalb kann das vermessene Gebiet nur so groß sein, daß man eine Triangulation mit Signalbau entbehren kann.

An einem zentral gelegenen Ort des Meßgebiets bestimmt der Astronom das Azimut einer Mire, an die der nachfolgende Geometer anschließt. Alle Meßpunkte werden durch Polygonzüge eingebunden, wobei ein Theodolit mit Schätzmikroskop und Bandmessung genügt, da die verlangte Punktgenauigkeit = 1 m ist.

Mit diesen Maßzahlen werden die geographischen Koordinaten aller Meßpunkte auf Kugel oder Ellipsoid auf 1/100'' genau berechnet und die Amplituden mit den astronomischen verglichen.

Die Anwendbarkeit dieser Methode ist auf solche Gegenden beschränkt, an denen der Himmel selten bedeckt ist. Solche Gegenden sind auf der Erde zahlreich vorhanden.

(Schluß folgt.)

Feldbereinigungen im engeren Rahmen.

Die gesetzmäßige Durchführung der Grundbuchvermessung in der Schweiz und die Notwendigkeit, innert einer gewissen Spanne Zeit damit fertig zu werden, verlangt ein entsprechendes Schritthalten im Feldbereinigungswesen. Beides ruft einer entsprechenden Planwirtschaft der Kantone in bezug auf Wahl und Reihenfolge der zu behandelnden Gemeinden. Von kantonalen Organen sind vorgängig die Flur- und Siedelungsverhältnisse der einzelnen Gemeinden in bezug auf Notwendigkeit oder Nichtnotwendigkeit von Feldbereinigungen zu untersuchen.

Als Hauptmerkmale in diesem Sinne sind zu nennen:

1. Die geschlossene Siedelung (Dorfverfassung).
2. Die gestreute Siedelung (Hofverfassung).

Beide Siedelungsarten kommen sowohl in der Schweiz, wie in unsern Nachbarländern vor, und zwar meist gebietsweise geschieden, aber stellenweise auch gemischt und mit Uebergangsstadien.

Da der ursprüngliche Siedelungszustand vorherrschend ein landwirtschaftlicher war, ist er nicht durch das spätere Hinzukommen der Industrie bedingt, wohl aber in vielen Fällen dadurch etwas verwischt worden.

Bei reiner Hofverfassung kommen Feldbereinigungen gar nicht in Frage, bei reiner Dorfverfassung fast immer, insbesondere wenn eine jahrhundertelange ungünstige Erb- und Güterteilungspraxis die Zersplitterung der Güter von Geschlecht zu Geschlecht vermehrt hat.

Da nun aber in ein und derselben Gemeinde auch alle möglichen