

## Statistik und Ausgleichsrechnung I

### 2. Semester, 2V, 2U; 3. Semester 1V, 1U, 1T

Es werden die Standardverfahren Ausgleichung nach kleinsten Quadraten in expliziter Form (Ausgleichung nach Parametern) und in impliziter Form (Ausgleichung nach Bedingungen) sowohl theoretisch hergeleitet als auch in vielen Anwendungen die Leistungsfähigkeit dieser Methoden demonstriert. Der Messvorgang wird durchleuchtet und die Wahrscheinlichkeitstheorie zur Beschreibung des stochastischen Verhaltens eingeführt. Hypothesentests geben schließlich die Möglichkeit statistisch fundierte Aussagen über die Relevanz der erzielten Ausgleichungsergebnisse zu erhalten. Die Lehrveranstaltung gliedert sich in die Böcke „*Ausgleichsrechnung*“ und „*Angewandte Statistik*“ und ist für das zweite und dritte Semester des Bachelorstudiengangs *Geodäsie und Geoinformation* vorgesehen.

#### Lehrinhalte:

##### 1 Einleitung und Motivation

##### 2 Algebraischer Zugang zur Ausgleichsrechnung

###### 2.1 Direkte Beobachtungen

2.1.1 Das arithmetische Mittel<sup>V:1</sup>

2.1.2 Das gewichtete arithmetische Mittel

2.1.3 Alternative Ausgleichsprinzipien

2.1.4 Graphische Zusammenfassung von direkten Beobachtungen (Boxplot)<sup>V:2</sup>

###### 2.2 Ausgleichung nach Parametern

2.2.1 Beispiele und Motivation

2.2.2 Ausgleichung nach Parametern als Minimierungsaufgabe<sup>V:3</sup>

2.2.3 Drei kleine Ergänzungen<sup>V:4</sup>

2.2.4 Nichtlineare Beobachtungsgleichungen<sup>V:5</sup>

2.2.5 Ausgleichung Geodätischer Netze<sup>V:6</sup>

###### 2.3 Ausgleichungen nach Bedingungen

2.3.1 Beispiele und Motivation

2.3.2 Extremwertaufgabe mit Nebenbedingung<sup>V:7</sup>

2.3.3 Nichtlineare Bedingungsgleichungen<sup>V:8</sup>

##### 3 Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematische Statistik

3.1 Mengensysteme, Messraum,<sup>V:9</sup>Wahrscheinlichkeitsraum

- 3.2 Bedingte Wahrscheinlichkeiten [V:10](#)
- 3.3 Konzept der Zufallsvariablen (stochastische Variable)
- 3.4 Momente der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
- 3.5 Wahrscheinlichkeitsabschätzung aus den Momenten [V:11](#)
- 3.6 Multivariate Zufallsvariable
- 3.7 Multivariate Momente [V:12](#)
- 3.8 Linearen Abbildungen von Zufallsvariablen
- 3.9 Nichtlineare Abbildung von Zufallsvariablen [V:13](#)

#### 4 Stochastischer Zugang zur Ausgleichsrechnung

- 4.1 Stochastische Parameterschätzer
- 4.2 Bester linearer erwartungstreuer Schätzer (BLUE) [V:14](#)
- 4.3 Ausgleichung bei unbekanntem Varianzfaktor [V:15](#)

#### 5 Stichproben und Zufallsvariable

- 5.1 Messungen und Elementarfehler
- 5.2 Univariate Normalverteilung [V:16](#)
- 5.3 Multivariate Normalverteilung [V:17](#)
- 5.4 Konfidenzregionen, Konfidenzellipsen und -ellipsoide, Punktlagefehler) [V:18](#)

#### 6 Grundlagen statistischer Prüfverfahren

- 6.1 Statistische Tests
- 6.2 Signifikanzanalyse bei bekannter Varianz der Gewichtseinheit [V:19](#)
- 6.3 Modellüberprüfung (Globaltest) [V:20](#)
- 6.4 Signifikanzanalyse bei geschätzter Varianz der Gewichtseinheit

#### 7 Daten- und Modellanalyse [V:21](#)

Anmerkung: mit [V:x](#) ist das Ende der entsprechenden Vorlesungseinheiten (Videos) markiert.

#### Skriptum:

Die aktuelle Version des Skriptums

SCHUH, W.-D. (2021): Ausgleichsrechnung und angewandte Statistik. Skriptum. Theoretische Geodäsie, Universität Bonn. ([eCampus](#))

finden sie im [eCampus](#) Kurs. Das Skriptum wird parallel zu den Vorlesungseinheiten aktualisiert. Für Hinweise auf Fehler und Unzulänglichkeiten sind wir dankbar.

#### Literatur:

Caspary, W., K. Wichmann (2007): *Auswertung von Messdaten*. Oldenbourg Verlag, München.

Fahrmeir, L., T.Kneib, S.Lang (2009): *Regression: Modelle, Methoden und Anwendungen (Statistik und ihre Anwendungen)*. Springer, Berlin-Heidelberg.

Förstner, W., B. P. Wrobel (2016): *Photogrammetric Computer Vision*, Band 11 *Geometry and Computing*. Springer International Publishing, Cham. ISBN 978-3-319-11549-8 978-3-319-11550-4.

Jäger, R., T. Müller, H. Saler (2019): *Klassische und robuste Ausgleichungsverfahren*. Wichmann Verlag, Heidelberg, 2. Auflage.

Koch, K. (2007): *Parameterschätzung und Hypothesentests in linearen Modellen*. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn. URL [http://skylab.itg.uni-bonn.de/koch/00\\_textbooks/buch97\\_format\\_](http://skylab.itg.uni-bonn.de/koch/00_textbooks/buch97_format_)

[neu.pdf](#).

Koch, K.-R. (1999): *Parameter estimation and hypothesis testing in linear models*. Springer, 2. Auflage. ISBN 978-3-642-08461-4. doi:[10.1007/978-3-662-03976-2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03976-2).

Meissl, P. (1982): Least squares adjustment: A modern approach. *Mitteilungen der Geodätischen Institute der TU Graz*, Band 43. Geodätischen Institute der TU Graz, Graz. URL [http://skylab.itg.uni-bonn.de/schuh/Separata\\_Meissl/meissl\\_82b.pdf](http://skylab.itg.uni-bonn.de/schuh/Separata_Meissl/meissl_82b.pdf).

Niemeier, W. (2008): *Ausgleichsrechnung: statistische Auswertemethoden*. Walter de Gruyter. ISBN 978-3-11-019055-7.

Rao, C. R. (1973): *Linear Statistical Inference and Its Applications*. Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley, 2. Auflage. ISBN 0471218758.

Schuh, W.-D. (2021): *Ausgleichsrechnung und angewandte Statistik*. Skriptum. Theoretische Geodäsie, Universität Bonn.

Stahel, W. (2002): *Statistische Datenanalyse: Eine Einführung für Naturwissenschaftler*. Vieweg, Braunschweig.

Anmerkung: Diese Bücher sind vielfach in elektronischer Version (Volltext) über die Universitätsbibliothek Bonn ([ULB](#)) für Studierende kostenfrei über den VPN-Zugang verfügbar.

### **Übungsleiter:**

M.Sc. Christian Neyers [neyers@geod.uni-bonn.de](mailto:neyers@geod.uni-bonn.de)

### **Tutoren:**

Franziska Schumacher [s7ffschu@uni-bonn.de](mailto:s7ffschu@uni-bonn.de), Manuel Mittelstedt [s7mlmitt@uni-bonn.de](mailto:s7mlmitt@uni-bonn.de)

### **Lehrmethode:**

Wegen der Corona-Pandemie werden die Vorlesungen und Übungen zunächst in elektronischer Form abgehalten. Aufbauend auf schriftlichen Unterlagen (Skriptum) wird der Stoff in Videoaufnahmen besprochen und als Videodatei in E-Campus/Opencast hochgeladen. Ein auf E-Campus eingerichtetes Diskussionsforum und regelmäßig stattfindende Videobesprechungen bieten Möglichkeiten Fragen zu stellen und Inhalte zu diskutieren.

Link für ZOOM-Sitzung: Vorlesungen + Übungen

<https://uni-bonn.zoom.us/j/99503027655?pwd=YnhpOUtDM2V3RUFRclNTVGI1ZkVSQT09>

Meeting-ID: 995 0302 7655

Kenncode: 593177

### **Prüfung:**

Die Modulprüfung über alle Teile des B47/B26 ist eine schriftlich Prüfung oder E-Klausur (150 min)

Zulassungsvoraussetzung: Anerkannte Studienleistungen in den Lehrveranstaltungen

- Ausgleichsrechnung
- Angewandte Statistik

## Bescheinigung der anerkannten Studienleistung (Regularien)

- 1 Über das gesamte Semester hinweg werden **fünf** Übungsblätter und **ein** Übungsprogramme ausgeteilt. **Jedes** dieser Übungsblätter/programme muss vom Übungsleiter bzw. den -betreuern anerkannt werden.
- 2 Für die Anerkennung eines Übungsblattes/programms gelten folgende Regularien:
  - Als Abgabe wird eine **schriftliche Ausarbeitung** (nicht nur reiner Octave-/Matlab-Code!) erwartet, in der alle Berechnungen und Ergebnisse mit den benutzten Formeln nachvollzogen werden können. Es bleibt Ihnen überlassen, ob Sie eine handschriftliche Ausarbeitung anfertigen oder Programme wie Latex, Word usw. verwenden.
  - Bei fehlerhaften Dokumentationen wird **eine** Wiedervorlage erteilt.
  - Eine Ausarbeitung wird nur dann akzeptiert und kontrolliert, wenn das Übungsprogramm **vollständig** bearbeitet wurde. Ansonsten gilt:
    - Blatt bei der ersten Abgabe nicht vollständig bearbeitet:  
**keine Kontrolle durch die Übungsleiter/-betreuer**
    - Blatt bei der Wiedervorlage nicht vollständig bearbeitet:  
**keine Prüfungszulassung**
  - Bei einer Wiedervorlage wird eine **vollständige** Korrektur der fehlerhaften (Teil-)Aufgabe erwartet. Diese Korrektur ist zusammen mit der ursprünglichen, kontrollierten Ausarbeitung abzugeben.
  - Eine Wiedervorlage wird nicht anerkannt, wenn
    - aufgezeigte Fehler nicht korrigiert wurden oder
    - die Ergebnisse immer noch grob fehlerhaft sind.
  - Der Dozent und die Übungsleiter behalten sich vor, aufgrund mangelnder Form der Ausarbeitung (Leserlichkeit, Nachvollziehbarkeit, etc.) die Kontrolle zu verweigern und ggf. die Prüfungszulassung nicht zu erteilen.