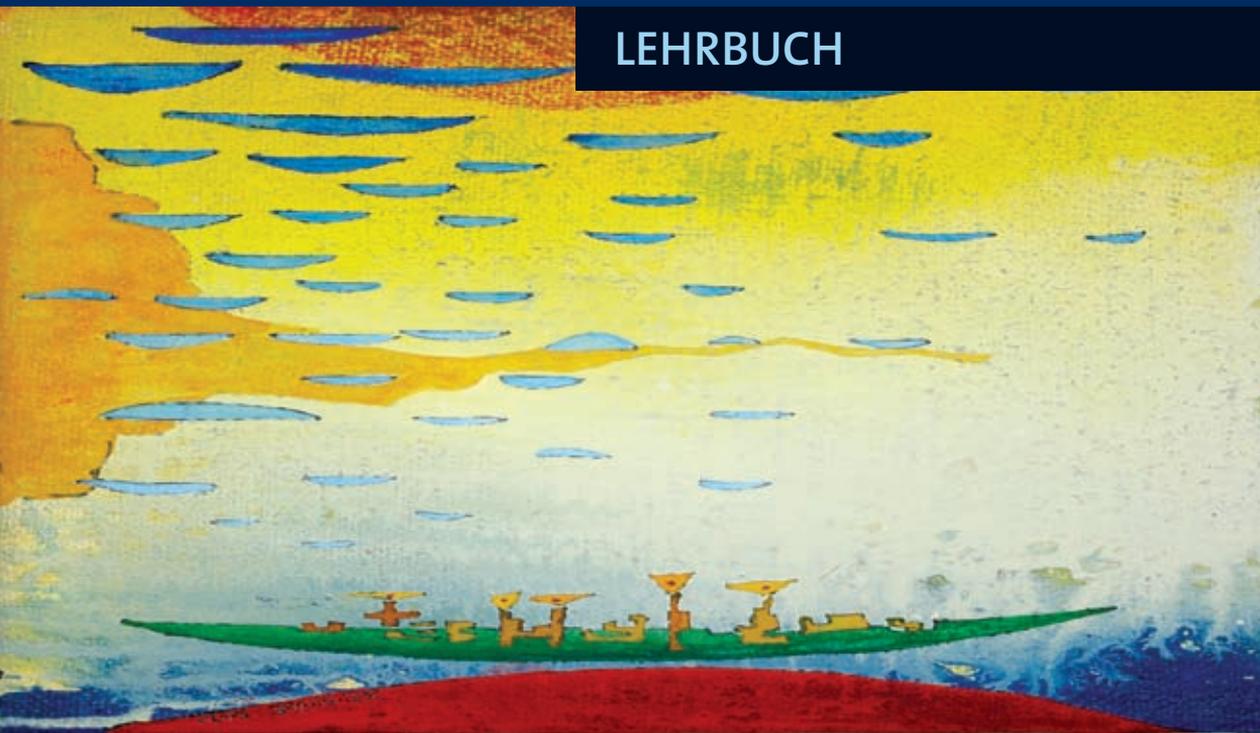


Klaus D. Kubinger · Dieter Rasch  
Takuya Yanagida

# Statistik in der Psychologie

Vom Einführungskurs bis zur Dissertation

LEHRBUCH



# Statistik in der Psychologie



# Statistik in der Psychologie

Vom Einführungskurs bis zur Dissertation

von

Klaus D. Kubinger, Dieter Rasch  
und Takuya Yanagida

HOGREFE 

GÖTTINGEN · BERN · WIEN · PARIS · OXFORD · PRAG · TORONTO  
CAMBRIDGE, MA · AMSTERDAM · KOPENHAGEN · STOCKHOLM

*Prof. Dr. Klaus D. Kubinger*, geb. 1949. Studium der Psychologie und Statistik in Wien. 1973 Promotion. 1985 Habilitation. Gastprofessuren in Klagenfurt, Graz, Berlin und Potsdam. Seit 1985 Ausbildungsleiter im Prüfungsfach „Psychologische Diagnostik“ an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien. Seit 1998 Professur für Psychologische Diagnostik und Leiter des Arbeitsbereichs Psychologische Diagnostik samt Test- und Beratungsstelle an der Universität Wien. Klinischer und Gesundheitspsychologe sowie Psychotherapeut (Systemische Familientherapie).

*Prof. Dr. Dr. Dieter Rasch*, geb. 1935. Studium der Mathematik an den Universitäten Jena und Leipzig. 1961 Promotion zum Dr. rer. nat. 1965 Habilitation. 1961–1991 Leitung der biometrischen Abteilung am Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere in Dummerstorf-Rostock. 1978–1991 Professur für Wahrscheinlichkeitstheorie und Mathematische Statistik an der Universität Rostock. 1991–2000 Professur für Mathematische Statistik an der Universität Wageningen, Niederlande. 2001 Promotion zum Dr. h.c. 2000–2009 Gastprofessuren an den Universitäten Wien und Klagenfurt. Seit 2010 Wissenschaftlicher Berater des Methodenzentrums Versuchsplanung der Universität für Bodenkultur, Wien.

*Mag. Takuya Yanagida*, geb. 1980. Studium der Psychologie in Wien. Seit 2010 Psychometriker am Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens (BIFIE). Seit 2009 IT-Trainer für R und SPSS am Zentralen Informatikdienst (ZID) der Universität Wien. Seit 2010 Lektor an der Fakultät für Psychologie an der Universität Wien.



Informationen und Zusatzmaterialien zu diesem Buch finden Sie unter  
[www.hogrefe.de/buecher/lehrbuecher/psychlehrbuchplus](http://www.hogrefe.de/buecher/lehrbuecher/psychlehrbuchplus)

© 2011 Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG  
Göttingen · Bern · Wien · Paris · Oxford · Prag · Toronto  
Cambridge, MA · Amsterdam · Kopenhagen · Stockholm  
Rohnsweg 25, 37085 Göttingen

<http://www.hogrefe.de>

Aktuelle Informationen · Weitere Titel zum Thema · Ergänzende Materialien

### **Copyright-Hinweis:**

Das E-Book einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.

Der Nutzer verpflichtet sich, die Urheberrechte anzuerkennen und einzuhalten.

---

Umschlagabbildung: © Klaus Brandner, Klagenfurt  
Satz: ARThür Grafik-Design & Kunst, Weimar  
Format: PDF

ISBN 978-3-8409-2356-2

## **Nutzungsbedingungen:**

Der Erwerber erhält ein einfaches und nicht übertragbares Nutzungsrecht, das ihn zum privaten Gebrauch des E-Books und all der dazugehörigen Dateien berechtigt.

Der Inhalt dieses E-Books darf von dem Kunden vorbehaltlich abweichender zwingender gesetzlicher Regeln weder inhaltlich noch redaktionell verändert werden. Insbesondere darf er Urheberrechtsvermerke, Markenzeichen, digitale Wasserzeichen und andere Rechtsvorbehalte im abgerufenen Inhalt nicht entfernen.

Der Nutzer ist nicht berechtigt, das E-Book – auch nicht auszugsweise – anderen Personen zugänglich zu machen, insbesondere es weiterzuleiten, zu verleihen oder zu vermieten.

Das entgeltliche oder unentgeltliche Einstellen des E-Books ins Internet oder in andere Netzwerke, der Weiterverkauf und/oder jede Art der Nutzung zu kommerziellen Zwecken sind nicht zulässig.

Das Anfertigen von Vervielfältigungen, das Ausdrucken oder Speichern auf anderen Wiedergabegeräten ist nur für den persönlichen Gebrauch gestattet. Dritten darf dadurch kein Zugang ermöglicht werden.

Die Übernahme des gesamten E-Books in eine eigene Print- und/oder Online-Publikation ist nicht gestattet. Die Inhalte des E-Books dürfen nur zu privaten Zwecken und nur auszugsweise kopiert werden.

Diese Bestimmungen gelten gegebenenfalls auch für zum E-Book gehörende Audiodateien.

# Vorwort

Dieses Buch enthält einerseits alles, was im Grundkurs Statistik für Psychologen<sup>1</sup> benötigt wird. Darüber hinaus kann es andererseits auch in weiterführenden Lehrveranstaltungen, vor allem aber in der Forschung eingesetzt werden. Wer als Psychologe in der Forschung arbeiten möchte, braucht das dafür erforderliche Handwerkzeug, wozu eben auch die Anwendung der Mathematischen Statistik zählt.

Psychologische Forschung ist vorwiegend empirisch; ihre Ergebnisse leiten sich aus wissenschaftlichen *Untersuchungen*, also aus *Erhebungen* und *Versuchen/Experimenten* ab. Spätestens beim Schreiben der Diplom- bzw. Master-Arbeit muss der Studierende in der Lage sein, die Fragestellung einer Forschungsarbeit exakt zu formulieren, ein statistisches Modell dafür zu finden, seine Untersuchung optimal zu planen, geeignet auszuwerten und die Ergebnisse sachgemäß zu interpretieren.

Wir versuchen, dieses Wissen möglichst einfach zu vermitteln. Dabei machen wir uns Computerprogramm Pakete zunutze, die Formelwissen eigentlich überflüssig machen. Um den an theoretischen Grundlagen zum besseren Verständnis interessierten Leser zufriedenzustellen, haben wir auf Formeln nicht völlig verzichtet – aber wichtiger als Formeln ist die Vermittlung der sachgerechten Anwendung und Interpretation der Methoden. Darauf liegt der Schwerpunkt dieses Buches.

Wir wenden uns damit genau genommen an zwei Lesergruppen. Das ist einmal die Gruppe derer, die Statistik lediglich kochrezeptartig anwenden möchten bzw. müssen. Für sie reichen wohl die jeweils kurzen Einführungen zu den einzelnen Methoden samt den exemplarisch vorgeführten Berechnungen inhaltlicher Beispiele mithilfe einschlägiger Computerprogramme aus. Zum anderen ist es die Gruppe derjenigen, welche auch verstehen wollen, was sie mit der Statistik machen.

In diesem Buch wird also mit vergleichsweise geringem mathematischen Formelapparat gezeigt, wie man mithilfe solcher Programmpakete psychologische Aufgabenstellungen lösen kann. Es handelt sich dabei immer um relevante Probleme, die vorwiegend aus der *Psychologischen Diagnostik*, dem Hauptarbeitsgebiet eines der Autoren stammen – davon abgesehen sind psychologisch-diagnostische Fragestellungen eben für die Psychologie typisch.

Wir haben darauf verzichtet, für praktisch alltägliche Methoden jeweils die genaue Quelle anzuführen, und letzteres nur für solche Methoden getan, die entsprechend neu oder selten sind.

---

<sup>1</sup> Verlag und Autoren haben sich redaktionell darüber geeinigt, bei Personenbezeichnungen immer nur die männliche Form anzuführen.

Das vorliegende Buch beruht im Wesentlichen auf Rasch und Kubinger (2006), einem Buch, das bei einem anderen Verlag erschienen ist. Abgesehen von Aktualisierungen ist nunmehr die Illustration der Methoden mit einem weiteren, aber frei zugänglichem Programmpaket vorgenommen worden. Insbesondere für die Berechnungen damit konnte nun ein dritter Autor hinzu gewonnen werden.

Dissertationen werden heutzutage häufig als Sammelpublikationen eingereicht. Dabei erscheinen wissenschaftliche Veröffentlichungen zunehmend in englischsprachigen Zeitschriften. Deshalb geben wir die wichtigsten statistischen Fachbegriffe dort, wo sie erstmalig auftauchen, auch in Englisch. Wir halten uns dabei weitgehend an *Elsevier's Dictionary of Biometry* (Rasch, Tiku & Sumpf, 1994).

Und wer als Erasmusstudent an deutschsprachigen Hochschulen studiert, aber lieber einen englischen Text liest, wird auf die englische Ausgabe dieses Buches (Rasch, Kubinger & Yanagida, 2011) verwiesen.

Bedanken möchten wir uns bei SPSS Deutschland in München (IBM-SPSS Statistics); von dort wurde uns die Version 19 zur Verfügung gestellt. Sehr wertvoll war die kritische Durchsicht des Manuskriptes durch Prof. Dr. Rob L. Verdooren, dem wir dafür herzlich danken. Dank gebührt Herrn Mag. Joachim Fritz Punter für die aufwendige Erstellung reprofähiger Abbildungen. Wir danken ferner: Herrn Dr. Albrecht Gebhardt für die Unterstützung bei der Programmierung der sequentiellen Dreieckstests, Herrn Dr. Maciej Rosolowski für die Erstellung der **R**-Programme zu den Hauptkomponententests, Herrn Dipl.-Math. Thomas Kiefer für die kritische Durchsicht sämtlicher **R**-Codes sowie für Entwürfe zu einigen Abbildungen und Herrn Bernhard Piskernik für etliche redaktionelle Arbeiten.

Wien und Rostock, im Herbst 2010

Klaus D. Kubinger  
Dieter Rasch  
Takuya Yanagida

# Inhalt

## I Einführung

<b>Kapitel 1</b>	
<b>Konzept des Buches</b> .....	15

<b>Kapitel 2</b>	
<b>Messen in der Psychologie</b> .....	27

2.1	Arten von psychologischen Messungen .....	29
2.2	Messmethoden in der Psychologischen Diagnostik .....	29
2.2.1	Psychologische Tests .....	29
2.2.2	Persönlichkeitsfragebogen .....	30
2.2.3	Projektive Verfahren .....	31
2.2.4	Verhaltensbeobachtung .....	32
2.3	Gütekriterien der Psychologischen Testtheorie .....	32
2.4	Weitere psychologische Messmethoden .....	33
2.4.1	Soziogramm .....	34
2.4.2	Erhebungsfragebogen .....	34
2.4.3	Einschätzungen .....	35
2.4.4	Q-Sortierung .....	35
2.4.5	Polaritätsprofil .....	35
2.4.6	Paarvergleichsmethode .....	36
2.4.7	Inhaltsanalyse .....	36
2.5	Statistische Messmodelle psychologischen Ursprungs .....	36

<b>Kapitel 3</b>	
<b>Psychologie: Eine empirische Wissenschaft</b> .....	39

3.1	Erkenntnisgewinnung in der Psychologie .....	40
3.2	Stufen der empirischen Forschungsarbeit .....	44

<b>Kapitel 4</b>	
<b>Begriffsklärung: Merkmal, Zufall, Versuch und Erhebung</b> .....	49

4.1	Nominalskala .....	55
4.2	Ordinalskala .....	56
4.3	Intervallskala .....	57
4.4	Verhältnisskala .....	59
4.5	Merkmale und Faktoren .....	61

## II Beschreibende Statistik

### Kapitel 5

<b>Numerische und grafische Datenaufbereitung</b> .....	65
5.1 Einführung in die Datenaufbereitung .....	66
5.2 Häufigkeiten und empirische Verteilungen .....	70
5.2.1 Nominalskalierte Merkmale .....	71
5.2.2 Rangskalierte Merkmale .....	76
5.2.3 Quantitative Merkmale .....	83
5.2.4 Grundsätze von Grafiken .....	94
5.2.5 Typische Anwendungsbeispiele von Tabellen und Grafiken .....	95
5.3 Statistische Kennzahlen .....	97
5.3.1 Mittelwert und Varianz .....	97
5.3.2 Andere Lage- und Streuungsmaße .....	101
5.3.3 Statistische Kennzahlen basierend auf höheren Momenten .....	112
5.4 Häufigkeitsverteilung für mehrere qualitative Merkmale .....	115

## III Schließende Statistik für ein Merkmal

### Kapitel 6

<b>Voraussetzung: Wahrscheinlichkeit und Verteilung</b> .....	121
6.1 Relative Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten .....	122
6.2 Zufallsvariable und theoretische Verteilungen .....	129
6.2.1 Binomialverteilung .....	130
6.2.2 Normalverteilung .....	137
6.3 Quantile von theoretischen Verteilungsfunktionen .....	145
6.4 Mittelwert und Varianz von theoretischen Verteilungen .....	148
6.5 Schätzung unbekannter Parameter .....	149

### Kapitel 7

<b>Voraussetzung: Zufallsauswahl und Randomisierung</b> .....	153
7.1 Einfache Zufallsauswahl bei Erhebungen .....	156
7.2 Grundsätze von Zufallsauswahl und Randomisierung .....	158
7.2.1 Stichprobenverfahren .....	158
7.2.2 Versuchsanlagen .....	164

**Kapitel 8****Eine Stichprobe aus einer Grundgesamtheit – ein Merkmal . . . . 173**

8.1	Einführung . . . . .	174
8.2	Der Parameter $\mu$ eines als normalverteilt modellierten Merkmals . . . . .	174
8.2.1	Schätzung des unbekanntem Parameters $\mu$ . . . . .	175
8.2.2	Konfidenzintervall für den unbekanntem Parameter $\mu$ . . . . .	177
8.2.3	Test einer Hypothese über den unbekanntem Parameter $\mu$ . . . . .	183
8.2.4	Test einer Hypothese über den unbekanntem Parameter $\mu$ bei ursprünglich einander zugeordneten Beobachtungswerten . . . . .	193
8.3	Untersuchungsplanung zur Hypothesentestung von $\mu$ . . . . .	196
8.4	Sequentielles Testen betreffs des unbekanntem Parameters $\mu$ . . . . .	207
8.5	Schätzung, Hypothesentestung, Untersuchungsplanung und sequentielles Testen betreffs anderer Parameter . . . . .	211
8.5.1	Der unbekanntem Parameter $\sigma^2$ . . . . .	211
8.5.2	Der unbekanntem Parameter $p$ eines Alternativmerkmals . . . . .	212
8.5.3	Der unbekanntem Parameter $p$ eines Alternativmerkmals bei ursprünglich einander zugeordneten Beobachtungswerten . . . . .	217
8.5.4	Die unbekanntem Parameter $p_j$ eines mehrkategoriiellen nominalskalierten Merkmals . . . . .	220
8.5.5	Test einer Hypothese betreffs des Medians eines quantitativen Merkmals . . . . .	224
8.5.6	Test einer Hypothese betreffs des Medians eines quantitativen Merkmals bei ursprünglich einander zugeordneten Beobachtungswerten . . . . .	225

**Kapitel 9****Zwei Stichproben aus zwei Grundgesamtheiten – ein Merkmal . . . . . 229**

9.1	Hypothesentestung, Untersuchungsplanung und sequentielles Testen betreffs der unbekanntem Parameter $\mu_1$ und $\mu_2$ . . . . .	230
9.2	Hypothesentestung, Untersuchungsplanung und sequentielles Testen bei anderen Parametern . . . . .	245
9.2.1	Die unbekanntem Lageparameter bei einem rangskalierten Merkmal . . . . .	245
9.2.2	Die unbekanntem Parameter $\sigma_1^2$ und $\sigma_2^2$ . . . . .	249
9.2.3	Die unbekanntem Parameter $p_1$ und $p_2$ eines Alternativmerkmals . . . . .	251
9.2.4	Die unbekanntem Parameter $p_i$ eines mehrkategoriiellen nominalskalierten Merkmals . . . . .	259
9.3	Äquivalenztests . . . . .	261

<b>Kapitel 10</b>		
<b>Stichproben aus mehr als zwei Grundgesamtheiten – ein Merkmal</b>		265
10.1	Die verschiedenen Problemsituationen	266
10.2	Auswahlverfahren	270
10.3	Multiple Mittelwertvergleiche	270
10.4	Varianzanalyse	273
10.4.1	Einfache Varianzanalyse	273
10.4.1.1	Modell I	275
10.4.1.2	Post-hoc Tests	288
10.4.1.3	Modell II	291
10.4.2	Einfache Varianzanalyse für rangskalierte Merkmale	297
10.4.3	Vergleich von mehr als zwei Grundgesamtheiten bei einem nominalskalierten Merkmal	299
10.4.4	Zweifache Varianzanalyse	300
10.4.4.1	Modell I	304
10.4.4.2	Modell II	316
10.4.4.3	Gemischtes Modell	316
10.4.4.4	Hierarchische Klassifikation	317
10.4.5	Zweifache Varianzanalyse für rangskalierte Merkmale	324
10.4.6	Zweidimensionaler Vergleich zweier nominalskalierter Faktoren	324
10.4.7	Dreifache Varianzanalyse	324

## IV Beschreibende und Schließende Statistik für zwei Merkmale

<b>Kapitel 11</b>		
<b>Regression und Korrelation</b>		339
11.1	Einführung	340
11.2	Regressionsmodell	344
11.3	Korrelationskoeffizienten und Assoziationsmaße	356
11.3.1	Linearer Zusammenhang bei quantitativen Merkmalen	356
11.3.2	Monotoner Zusammenhang bei quantitativen Merkmalen und Zusammenhang zwischen rangskalierten Merkmalen	363
11.3.3	Zusammenhang eines quantitativen oder rangskalierten Merkmals mit einem Alternativmerkmal	365
11.3.4	Zusammenhang eines quantitativen Merkmals mit einem mehrkategoriiellen nominalskalierten Merkmal	369

11.3.5	Zusammenhang von zwei nominalskalierten Merkmalen . . . . .	374
11.3.6	Nicht linearer Zusammenhang bei quantitativen Merkmalen . . . . .	385
11.4	Hypothesentestung und Untersuchungsplanung betreffs Korrelationskoeffizienten . . . . .	388
11.5	Korrelationsanalyse bei zwei Stichproben . . . . .	397

## V Schließende Statistik für mehr als zwei Merkmale

### Kapitel 12

#### Eine Stichprobe aus einer Grundgesamtheit – mehr als zwei Merkmale . . . . . 403

12.1	Zusammenhänge von drei oder mehr Merkmalen . . . . .	404
12.1.1	Partieller Korrelationskoeffizient . . . . .	406
12.1.2	Vergleich des Zusammenhangs eines Merkmals mit je einem von zwei anderen . . . . .	413
12.1.3	Mehrfache lineare Regression . . . . .	413
12.1.4	Interkorrelationen . . . . .	415
12.1.5	Kanonischer Korrelationskoeffizient . . . . .	418
12.1.6	Log-lineare Modelle . . . . .	419
12.2	Hypothesentestung betreffs eines Mittelwertsvektors $\mu$ . . . . .	426
12.3	Mittelwertvergleiche und „homologe“ Verfahren bei einander zugeordneten Beobachtungswerten . . . . .	429
12.3.1	Hypothesentestung betreffs Mittelwerte . . . . .	429
12.3.2	Hypothesentestung betreffs Lage von rangskalierten Merkmalen . . . . .	439

### Kapitel 13

#### Stichproben aus mehr als einer Grundgesamtheit – mehr als zwei Merkmale . . . . . 443

13.1	Allgemeines lineares Modell . . . . .	444
13.2	Kovarianzanalyse . . . . .	445
13.3	Mehrdimensionale Varianzanalyse . . . . .	457
13.4	Diskriminanzanalyse . . . . .	471

## VI Modellbildung und theoriebildende Verfahren

### Kapitel 14

<b>Modellbildung</b> .....	493
14.1 Theoretische Grundlagen der Modellbildung .....	494
14.1.1 Verallgemeinertes lineares Modell .....	495
14.1.2 Modell mit latenten Variablen .....	498
14.2 Methoden der Bestimmung der Modellgüte .....	499
14.2.1 Anpassungstests .....	499
14.2.2 Koeffizienten der Anpassungsgüte .....	503
14.2.3 Kreuzvalidierung .....	508
14.4 Simulation: Nicht analytische Lösung statistischer Probleme ...	510

### Kapitel 15

<b>Theoriebildende Verfahren</b> .....	517
15.1 Verfahren der Beschreibenden Statistik .....	518
15.1.1 Clusteranalyse .....	518
15.1.2 Faktorenanalyse .....	529
15.1.3 Pfadanalyse .....	540
15.2 Verfahren der Schließenden Statistik .....	542
15.2.1 Weitere Typenanalyseverfahren .....	542
15.2.1.1 Konfigurationsfrequenzanalyse .....	542
15.2.1.2 Latente-Klassen-Analyse .....	546
15.2.2 Konfirmatorische Faktorenanalyse .....	549
15.2.3 Modelle der Item-Response-Theorie .....	555
15.2.3.1 Rasch-Modell .....	555
15.2.3.2 Verallgemeinerungen des Rasch-Modells .....	563

<b>Literatur</b> .....	569
------------------------	-----

### Anhang

Anhang A .....	574
Anhang B – Tabellen .....	582
Stichwortregister .....	591

# I Einführung

Der Untertitel dieses Lehrbuchs erfordert eine mehrschichtige Betrachtung des Stoffs „Statistik in der Psychologie“. Innerhalb des Bachelor-Studiums kann nur das richtige Anwenden der wichtigsten Verfahren vermittelt werden. Für das Master-Studium ist dagegen schon auch ein gewisses Verständnis dieser Methoden erforderlich: Für die Master-Arbeit, mit der üblicherweise eine bestimmte Forschungsfrage eigenständig unter Anleitung bearbeitet werden soll, ist nämlich auf statistische Planung und Analysen in der Literatur zum jeweiligen Inhaltsthema Bezug zu nehmen und eventuell die Wahl der Auswertungsmethode zu verbessern. Für das Doktoratsstudium genügt dann ein Verstehen allein auch nicht mehr, sondern es muss eine kritische Reflexionsbereitschaft über die statistischen Methoden ausgebildet werden: Die Dissertation stellt nämlich den Einstieg in die Karriere eines Wissenschaftlers dar, so dass sich die dort eingesetzten statistischen Methoden am aktuellen Stand der statistischen Methodenentwicklung zu orientieren haben; diese Entwicklung verfolgen zu können, setzt aber tiefgehende Kenntnisse und die Kompetenz voraus, (neue) statistische Methoden in Hinblick auf ihre Grenzen beurteilen zu können.

Da jedoch auch für Dissertanten eine Wiederholung der Grundlagen der Statistik auf einem einfachen Niveau oft hilfreich ist, können sie mit diesem Buch individuell dort abgeholt werden, wo ihr Erinnerungsvermögen endet – notfalls eben am Beginn der Bachelor-Ausbildung. Andererseits interessiert es ja auch schon Bachelor-Studierende oft, wie es in einem Master-Studium weitergeht bzw. wohin das Lehrbuch überhaupt noch führt. Sie können also schon jetzt dort hineinschnuppern.

Schließlich finden selbst Dozenten in diesem Lehrbuch Neues – erfahrungsgemäß lehren „Statistik für Psychologen“ nicht Fachstatistiker, sondern Psychologen, oft genug solche, die am Beginn ihrer akademischen Laufbahn sind; zumindest Anekdotisches mag sie also dabei didaktisch unterstützen. Diese auflockernden Betrachtungen können freilich auch dem Studierenden selbst akademischen Spaß machen.

Dementsprechend werden die angesprochenen drei bis vier Zielgruppen mit prägnanten Gestaltungsmitteln durch das Buch geleitet.

Im Fließtext, ohne besondere Hervorhebung Geschriebenes ist für alle Zielgruppen gedacht. Es handelt sich dabei um Ausführungen, die für das weitere Studium des Lehrbuchs und seiner praktischen Handhabung nötig sind – wie eben diese Einführung vor Kapitel 1. Auch die im Buch gebräuchliche Terminologie muss auf diese Weise einheitlich vermittelt werden. Schließlich sind auch Inhalte für alle Zielgruppen gedacht, die zwar z. B. Doktoranden bekannt sein dürften, von uns aber doch so eingeschätzt werden, dass eine entsprechende Wiederholung zweckmäßig ist.

Darüber hinaus signalisieren besondere Symbole und Kennzeichnungen am Außenrand, für welche Zielgruppe die jeweiligen Ausführungen speziell gemeint sind. Andere Zielgruppen dieses Lehrbuchs als die damit indizierten können also solche Passagen überspringen, ohne Gefahr zu laufen, das betreffende Lehrziel zu versäumen. Die Symbolik **Bachelor** kennzeichnet, dass Bachelor-Studierende hier die für sie relevanten Informationen erhalten; dabei geht es also bloß ums *Anwenden Können*. Das Symbol **Master** am Außenrand zeigt an, dass hier dem Leser die zugrunde liegenden Methoden verständlich zu machen versucht wird, ohne allerdings eine zu ausführliche mathematische Herleitung zu benutzen; es geht also ums *Verstehen*. Das Symbol **Doktor** am Außenrand wiederum kündigt an, dass hier auch über die Grenzen einer Methode diskutiert wird, vor allem häufige Fehlanwendungen angezeigt werden; es geht also dabei um *Kritische Reflexion*. Schließlich signalisiert die Bemerkung **Für Dozenten**, dass hier didaktisch hilfreiche Betrachtungen gegeben werden, die zumeist auf besonders anschaulichem Weg zum Verständnis des jeweiligen Themas führen.

Um alle Zielgruppen immer wieder zusammenzuführen, wird gelegentlich eine *Zusammenfassung des Bisherigen* gegeben. Am Anfang jedes Kapitels findet sich jeweils eine kurze Beschreibung dessen, was alles behandelt wird.



# Kapitel 1

## Konzept des Buches