

Matthias Rudolf · Johannes Müller

Multivariate Verfahren

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

LEHRBUCH



Multivariate Verfahren

Multivariate Verfahren

**Eine praxisorientierte Einführung mit
Anwendungsbeispielen in SPSS**

von

Matthias Rudolf und Johannes Müller

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

HOGREFE



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

Dr. rer. nat. Matthias Rudolf, geb. 1959. 1978–1983 Studium der Mathematik an der TU Dresden. 1989 Promotion. 1983–1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Wissenschaftsbereich Physiologie bzw. am Institut für Humanbiologie und Biopsychologie der TU Dresden. Seit 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Psychologie, Biopsychologie und Methoden der Psychologie der TU Dresden. Forschungsschwerpunkte: Multivariate statistische Verfahren in der Psychologie, Analyse physiologischer Zeitreihen, Psychometrische Fragebogenentwicklung.

Dr. rer. nat. Johannes Müller, geb. 1973. 1994–2001 Studium der Psychologie an der TH Darmstadt und der TU Dresden. 2007 Promotion. 2002–2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Klinische, Diagnostische und Differentielle Psychologie der TU Dresden. Forschungsschwerpunkt: Molekulargenetische Einflussfaktoren auf individuelle Unterschiede. 2007–2011 Koordination und Betreuung internationaler Freiwilligendienste. Seit 2011 Ausbildung zum psychologischen Psychotherapeuten.



Informationen und Zusatzmaterialien zu diesem Buch finden Sie unter www.hogrefe.de/buecher/lehrbuecher/psychlehrbuchplus

© 2012 Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG
Göttingen · Bern · Wien · Paris · Oxford · Prag · Toronto
Cambridge, MA · Amsterdam · Kopenhagen · Stockholm
Merkelstraße 3, 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: © goodluz – Fotolia.com
Format: PDF

ISBN 978-3-8409-2403-3

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 zur zweiten Auflage

Mit der Weiterentwicklung der statistischen Programmpakete stehen immer komplexere multivariate Verfahren für die Auswertungen empirischer Untersuchungen zur Verfügung. Die Programme sind in Handbüchern und in Sekundärliteratur ausführlich beschrieben, wobei aber die Grundgedanken der umgesetzten Verfahren oft nur sehr knapp dargestellt werden. Gleichzeitig gibt es teilweise sehr umfangreiche Darstellungen zur Theorie der multivariaten Methoden, die keinen oder nur einen geringen Bezug zur Umsetzung der Methoden in Statistik-Programmen aufweisen.

In der vorliegenden zweiten Auflage dieses Lehrbuches haben wir das bewährte Konzept beibehalten, wichtige multivariate Verfahren nachvollziehbar, praxisorientiert und mit direktem Bezug zur Anwendung von Statistiksoftware (SPSS, AMOS) darzustellen. Damit wird der Leser unmittelbar zur praktischen Anwendung der behandelten Verfahren auf eigene Fragestellungen befähigt.

Neu aufgenommen wurden in der zweiten Auflage ein Kapitel zur Diskriminanzanalyse, ein Abschnitt zur Analyse von Moderator- und Mediatoreffekten auf der Grundlage der multiplen Regressionsanalyse sowie eine Einführung in die Arbeit mit der SPSS-Syntax. Die Abschnitte zur Arbeit mit der Statistiksoftware wurden komplett überarbeitet und basieren nun auf den Programmversionen SPSS 19 (IBM SPSS Statistics 19) sowie AMOS 19 (IBM SPSS Amos 19). Für die Neuauflage des Buches wurde eine Website auf der Internetplattform „psychlehrbuchplus“ des Hogrefe-Verlages eingerichtet.

Alle Kapitel können weitgehend unabhängig voneinander studiert werden. Die Verfahren jedes Kapitels werden an speziell konstruierten Datensätzen erläutert, anhand derer sich wesentliche Aspekte der behandelten Verfahren demonstrieren lassen. Reale Datensätze aus der psychologischen Forschungspraxis und Vorschläge für deren Auswertung sind auf der Website zum Buch enthalten.

Kapitel 1 wendet sich vor allem an diejenigen Leser, die bisher noch keine bzw. nur geringe Erfahrungen im Umgang mit SPSS gesammelt haben. Anhand eines kleinen Anwendungsbeispiels kann im Selbststudium ohne weitere Hilfe ein erster Einblick in die Arbeitsweise von SPSS gewonnen werden. Dabei wird auf wichtige Funktionen der Dateneingabe und auf die Durchführung einfacher Analysen eingegangen. Zusätzlich wird eine Einführung in die Arbeit mit der SPSS-Syntax gegeben. Nach dem Studium von Kapitel 1 kann die in den folgenden Kapiteln 2 bis 8 beschriebene Umsetzung der Verfahren in SPSS nachvollzogen werden.

Die Kapitel 2 bis 9 folgen einem einheitlichen Aufbau. Zu Beginn jedes Kapitels wird ein kleines Anwendungsbeispiel vorgestellt, anhand dessen dann die wesentlichen Ziele und Vorgehensweisen der jeweils behandelten Verfahren dargestellt werden. Auf mathematische Abhandlungen bzw. Beweise wird ebenso wie auf Darstellungen in Matrixschreibweise nahezu vollständig verzichtet. Im zweiten Teil der Kapitel wird die Umsetzung der Verfahren in SPSS beschrieben. Dabei werden sämtliche zuvor dargestellten Analyseschritte erneut unter Verwendung des Anwen-

dungsbeispiels mit SPSS nachvollzogen und erklärt. Durch diese Redundanz soll einerseits das Verständnis der Verfahren vertieft werden. Andererseits kann hierdurch die Umsetzung der Verfahren in SPSS auch unabhängig von der jeweils vorangehenden theoretischen Darstellung gelesen werden.

Auch in Kapitel 10 wird zunächst ein Überblick über die Theorie linearer Strukturgleichungsmodelle gegeben. Anschließend wird dem Leser eine grundlegende Einführung in die Arbeit mit AMOS gegeben. Die Arbeit mit der grafischen Oberfläche dieses Programms zur Analyse von linearen Strukturgleichungsmodellen unterscheidet sich deutlich von der Vorgehensweise in SPSS. Danach werden auch in diesem Kapitel die dargestellten Methoden anhand der Beispieldaten in AMOS umgesetzt und die Ergebnisausdrucke des Programms erläutert.

Auf der Website zum Buch sind alle Datenbeispiele enthalten. Daneben ist zu jedem der Kapitel 2 bis 10 ein Datensatz beigefügt, den uns Kollegen aus ihrer Forschungspraxis zur Verfügung gestellt haben. Die Themen reichen von arbeitspsychologischen bis zu epidemiologischen Untersuchungen. Die Auswertungen dieser Datensätze mit den jeweiligen multivariaten Verfahren bilden den zentralen Inhalt der Website zum Buch. Der Anwender der Methoden hat dadurch die Möglichkeit, seine Kenntnisse in der Arbeit mit SPSS bzw. AMOS anhand eines praktischen Beispiels zu vertiefen. Zusätzlich sind Syntaxdateien für die Umsetzung der behandelten Verfahren an Hand der Anwendungsbeispiele aus dem Buch sowie zur Bearbeitung der Praxisbeispiele enthalten.

Obwohl die Darstellungen zu den behandelten Verfahren so einfach wie möglich gehalten sind, sind zum Studium dieses Buches Grundkenntnisse in deskriptiver und in Inferenzstatistik notwendig. Für die praktische Umsetzung der Verfahren mit SPSS und AMOS werden Grundkenntnisse im Umgang mit Windows vorausgesetzt.

Auch bei der Arbeit an der zweiten Auflage des Lehrbuches sind wir in vielfältiger Weise unterstützt worden. Wir bedanken uns bei allen Kolleginnen und Kollegen, die uns ihre Daten zur Verfügung gestellt haben. Allen Kolleginnen und Kollegen sowie zahlreichen Studierenden, die die Mühe des Korrekturlesens auf sich genommen haben, uns inhaltliche Hinweise gaben oder uns bei der Erstellung von Grafiken geholfen haben, danken wir ebenfalls sehr herzlich. Ganz besonders danken wir Frau Dr. Heidi Clasen und Frau Dipl.-Psych. Caroline Gottschalk, die das Manuskript des Buches sorgfältig geprüft haben und uns zahlreiche Hinweise auf Fehler und Vorschläge zur Verbesserung der Darstellungen gegeben haben. Wir danken Frau stud. psych. Luisa Krause, Herrn stud. psych. Tobias Grage und Herrn stud. math. Sebastian Rudolf für ihre Mitarbeit an der Umstellung der Texte auf die aktuellen Versionen von SPSS und von AMOS sowie bei der Erstellung der Syntax-Dateien. Die Firma IBM Deutschland GmbH hat unser Vorhaben gefördert, indem sie uns Autorenlizenzen von SPSS 19 und von AMOS 19 zur Verfügung gestellt hat. Wir bedanken uns beim Hogrefe-Verlag, speziell bei Frau Dipl.-Psych. Kathrin Rothauge und bei Herrn Stefan Reins M. A., für die erneut stets angenehme und konstruktive Zusammenarbeit.

Dresden, Januar 2012

Matthias Rudolf
Johannes Müller

Inhalt

1	Einführung in die Arbeit mit SPSS	11
1.1	Dateneingabe	14
1.2	Beispiele einfacher Datenanalysen	20
1.3	Zur Arbeit mit der SPSS-Syntax	30
2	Regressionsanalyse	37
2.1	Einfache lineare Regression	40
2.1.1	Methode der kleinsten Quadrate	40
2.1.2	Voraussetzungen	44
2.1.3	Varianzzerlegung und Bestimmtheitsmaß	45
2.1.4	Tests und Vorhersage	46
2.2	Multiple lineare Regression	48
2.2.1	Modell und prinzipielle Vorgehensweise	49
2.2.2	Interpretation der Ergebnisse	50
2.2.3	Merkmalsselektionsverfahren und hierarchische Regression	55
2.2.4	Moderator- und Mediatoranalyse	60
2.3	Anwendungsbeispiel in SPSS	68
2.3.1	Einfache lineare Regression	68
2.3.2	Multiple lineare Regression	72
2.3.3	Redundanz und Suppression	74
2.3.4	Merkmalsselektionsverfahren	79
2.3.5	Hierarchische Regression	88
2.3.6	Moderator- und Mediatoranalyse	89
3	Varianzanalyse	95
3.1	Einfaktorielle Varianzanalyse	98
3.1.1	Modell	98
3.1.2	Voraussetzungen	100
3.1.3	Statistische Hypothesen	102
3.1.4	Quadratsummenzerlegung und Signifikanzprüfung	102
3.1.5	Vorgehensweise nach dem Allgemeinen linearen Modell	105
3.1.6	Multiple Vergleiche	108
3.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse	109
3.2.1	Modell, Voraussetzungen und statistische Hypothesen	109
3.2.2	Quadratsummenzerlegung und Signifikanzprüfung	110
3.2.3	Vorgehensweise nach dem Allgemeinen linearen Modell	115

3.3	Kovarianzanalyse	116
3.4	Multivariate Varianzanalyse	118
3.5	Varianzanalyse mit Messwiederholungen	120
3.5.1	Typische Anwendungssituationen	121
3.5.2	Verwendung linearer Kontraste	121
3.5.3	Signifikanzprüfung	124
3.6	Anwendungsbeispiel in SPSS	125
3.6.1	Einfaktorielle Varianzanalyse	125
3.6.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse	131
3.6.3	Kovarianzanalyse	134
3.6.4	Multivariate Varianzanalyse	135
3.6.5	Varianzanalyse mit Messwiederholungen	138
4	Diskriminanzanalyse	149
4.1	Lineare Diskriminanzanalyse bei zwei Gruppen	152
4.1.1	Grundprinzip	152
4.1.2	Schätzung der Diskriminanzfunktion	155
4.1.3	Kenngrößen und statistische Tests	158
4.1.4	Voraussetzungen und Anwendungsempfehlungen	160
4.1.5	Klassifikation: Zuordnung neuer Probanden	161
4.2	Lineare Diskriminanzanalyse bei mehr als zwei Gruppen	164
4.2.1	Grundprinzip und Vorgehensweise	165
4.2.2	Klassifikation im Mehr-Gruppen-Fall	168
4.3	Anwendungsbeispiel in SPSS	170
4.3.1	Diskriminanzanalyse bei zwei gegebenen Gruppen	171
4.3.2	Diskriminanzanalyse bei mehr als zwei gegebenen Gruppen	174
5	Logistische Regression	183
5.1	Odds Ratio	186
5.2	Modell der logistischen Regression	188
5.2.1	Modellgleichung	189
5.2.2	Voraussetzungen	191
5.3	Schätzungen, Tests und Modellgüte	191
5.3.1	Parameterschätzungen	191
5.3.2	Statistische Tests	195
5.3.3	Beurteilung der Modellgüte	196
5.4	Anwendungsbeispiel in SPSS	197
5.4.1	Berechnung des Odds Ratio	197
5.4.2	Logistische Regression mit einem Prädiktor	200
5.4.3	Logistische Regression mit mehreren Prädiktoren	209

6	Analyse mehrdimensionaler Häufigkeitstabellen	215
6.1	Häufigkeitsanalyse in zweidimensionalen Kreuztabellen	217
6.2	Loglineare Modelle	222
6.2.1	Prinzip der loglinearen Modellierung	222
6.2.2	Hierarchische loglineare Modelle	224
6.3	Anwendungsbeispiel in SPSS	226
6.3.1	Kreuztabellen	226
6.3.2	Loglineare Modelle	230
7	Zeitreihenanalyse	239
7.1	Zeitreihendarstellung und Stationarität	242
7.1.1	Zeitreihendarstellung	242
7.1.2	Stationarität von Zeitreihen	244
7.2	Trendanalyse	245
7.2.1	Nichtparametrische Glättungsverfahren	245
7.2.2	Parametrische Trendanalyse	247
7.3	Schwingungsanalyse	249
7.3.1	Autokorrelationsanalyse	249
7.3.2	Spektralanalyse	252
7.4	Überblick über weitere Methoden der Zeitreihenanalyse	256
7.5	Anwendungsbeispiel in SPSS	258
7.5.1	Darstellung der Zeitreihe	258
7.5.2	Trendanalyse	261
7.5.3	Schwingungsanalyse	266
7.5.4	Analysen nach Therapiebeginn	275
8	Clusteranalyse	279
8.1	Vorgehensweise	281
8.1.1	Distanz- und Ähnlichkeitsmaße	281
8.1.2	Clusterbildung: Average-Linkage-Methode	286
8.2	Interpretation einer hierarchischen Clusterlösung	290
8.3	Anwendungsbeispiel in SPSS	292
8.3.1	Clusteranalyse mit zwei Variablen und fünf Probanden	292
8.3.2	Clusteranalyse mit fünf Variablen und 20 Probanden	298
9	Faktorenanalyse	307
9.1	Modell und Voraussetzungen der Faktorenanalyse	310
9.2	Hauptkomponentenmethode	311
9.2.1	Prinzip der Faktorextraktion	311
9.2.2	Kennwerte der Faktorenanalyse	313
9.3	Bestimmung der Anzahl der Faktoren	315
9.4	Varimax-Rotation	318

9.5	Interpretation und Beurteilung der Güte der Faktorenlösung	321
9.5.1	Interpretation der Faktorenlösung	321
9.5.2	Analyse der Kommunalitäten	322
9.6	Anwendungsbeispiel in SPSS	324
9.6.1	Vollständiges Modell	324
9.6.2	Extraktion und Rotation der Faktoren des optimalen Modells	329
10	Lineare Strukturgleichungsmodelle	337
10.1	Korrelationen und Kausalität	340
10.2	Pfaddiagramme und lineare Strukturgleichungen	345
10.3	Struktur- und Messmodell	347
10.4	Modellspezifikationen	350
10.5	Schätzungen, Tests und Gütekriterien	353
10.5.1	Parameterschätzungen	354
10.5.2	Beurteilung der Schätzergebnisse	355
10.6	Anwendungsbeispiel in AMOS	359
10.6.1	Einführung in die grafische Oberfläche von AMOS	359
10.6.2	Pfaddiagramme mit beobachteten Variablen	366
10.6.3	Strukturgleichungsmodelle mit latenten Variablen	378
	Anhang	391
	Glossar	393
	Inhalt der Website	401
	Literatur	403
	Sachverzeichnis	409



Kapitel 1

Einführung in die Arbeit mit SPSS

Inhaltsübersicht

1.1	Dateneingabe.....	14
1.2	Beispiele einfacher Datenanalysen.....	20
1.3	Zur Arbeit mit der SPSS-Syntax.....	30

In diesem einführenden Kapitel wird anhand eines Datenbeispiels ein grundlegender Einblick in die Dateneingabe und -verwaltung mit SPSS für Windows gegeben. Am Beispiel einfacher Analysen wird exemplarisch die Funktionsweise von SPSS demonstriert. Damit sollen auch diejenigen Leser, die bisher noch nicht mit SPSS gearbeitet haben, in die Lage versetzt werden, die folgenden Kapitel problemlos durchzuarbeiten und die behandelten multivariaten Verfahren mit SPSS umzusetzen.

Die Darstellung wird dabei auf die wichtigsten und in fast allen Anwendungen notwendigen Funktionen der Dateneingabe und des Datenmanagements beschränkt. Ausführlichere Einführungen in die Arbeitsweise und die Funktionen von SPSS geben die teilweise sehr umfangreichen Bücher zu SPSS von Brosius (2011), Bühl (2010) oder Janssen und Laatz (2009). Alle weiteren notwendigen Analyseschritte für die Umsetzung der in diesem Buch beschriebenen multivariaten Verfahren in SPSS werden in den folgenden Kapiteln ausführlich dargestellt.

In Abschnitt 1.3 wird einführend die Arbeit mit der SPSS-Syntax vorgestellt, mit der SPSS-Befehle automatisiert abgearbeitet werden können. Auf der Website zum Buch werden die Syntax-Befehle von allen in diesem Buch behandelten Verfahren angegeben. Ausführliche Einführungen in die SPSS-Syntax geben Zöfel (2002) und Brosius (2005).

Anwendungsbeispiel: Konzentrationstest

In einem Konzentrationstest sollen in einer Vielzahl unterschiedlicher Zeichen möglichst schnell und fehlerfrei bestimmte Zeichen erkannt und durchgestrichen werden. Es liegen die Daten von zehn Probanden vor, die diesen Test bearbeitet haben. In Tabelle 1.1 sind die erhobenen Variablen dargestellt.

Die Variablen wurden zu Demonstrationszwecken in zwei Datenmengen aufgeteilt. Die erste Datenmenge enthält die personenbezogenen Angaben Alter, Geschlecht, Gewicht und Größe. Die zweite Datenmenge beinhaltet die Ergebnisse des Konzentrationstests. Hierbei sind sowohl die Bearbeitungsgeschwindigkeit, die durch die Anzahl der bearbeiteten Zeichen pro Minute erfasst wird, als auch die Anzahl der insgesamt unterlaufenen Fehler von Bedeutung. Zusätzlich wurde nach dem Test ein Fragebogen zum aktuellen Befinden vorgelegt. In Tabelle 1.2 sind die Daten der ersten und in Tabelle 1.3 die Daten der zweiten Datenmenge abgebildet. Die erste Spalte enthält jeweils die fortlaufende Nummer des Probanden (Pb).

In den folgenden Abschnitten wird dargestellt, wie die Daten in SPSS einzugeben sind. Dabei werden unter anderem die wichtigsten Funktionen zur Definition der Variablen, zur Datenspeicherung sowie zum Zusammenfügen von Dateien vorgestellt. Außerdem werden exemplarisch einige deskriptive Analysen (Häufigkeitstabellen, statistische Maßzahlen) sowie die bivariate Korrelationsanalyse beschrieben.

Tabelle 1.1: Liste der Variablen zum Beispiel Konzentrationstest

Variablen	Label	Bemerkungen
Erste Datenmenge: Personenbezogene Daten		
nummer	Probandennummer	
alter	Alter	in Jahren
geschlecht	Geschlecht	0 = weiblich, 1 = männlich
gewicht	Gewicht	in Kilogramm
größe	Größe	in Zentimetern
Zweite Datenmenge: Testbezogene Daten		
nummer	Probandennummer	
geschw	Geschwindigkeit	Anzahl bearbeiteter Zeichen pro Minute
fehler	Fehler	Anzahl der unterlaufenen Fehler insgesamt
befinden	Befinden	Selbsteinschätzung nach dem Test (Skala von 0 bis 15)

Tabelle 1.2: Personenbezogene Daten

Tabelle 1.3: Testbezogene Daten

Pb	Alter	Geschlecht	Gewicht	Größe	Pb	Geschwindigkeit	Fehler	Befinden
1	17	0	50	157	1	169	20	15
2	34	0	65	165	2	153	15	12
3	35	0	62	160	3	169	30	9
4	36	0	57	156	4	168	23	11
5	18	0	78	170	5	171	26	14
6	22	1	70	170	6	164	20	7
7	27	1	75	185	7	158	23	10
8	228	1	80	180	8	166	26	7
9	24	1	95	190	9	173	20	12
10	21	1	80	195	10	152	5	8

Im Folgenden wird zunächst die Eingabe der ersten Datenmenge (personenbezogene Daten) in SPSS detailliert beschrieben. Neben der Eingabe der Daten wird unter anderem auf die Definition von Werte- und Variablenlabels und auf die Spezifikation von fehlenden Werten eingegangen. Danach ist die zweite Datenmenge einzugeben. Anschließend werden die Häufigkeitsverteilungen der Variablen Geschwindigkeit, Fehler und Befinden aus der zweiten Datenmenge berechnet und in einer Grafik mit der (theoretischen) Normalverteilungskurve verglichen. Außerdem werden verschiedene statistische Maßzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum) dieser Variablen ermittelt. Als Beispiel für einen inferenzstatistischen Test werden die linearen Beziehungen der Variablen Geschwindigkeit, Fehler, Befinden, Alter, Gewicht und Größe untersucht. Dazu müssen die getrennt eingegebenen Dateien der beiden Datenmengen zusammengefügt werden. Danach können die bivariaten Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten berechnet und statistisch geprüft werden.