

# HYPERSTAT\*: Eine interaktive Lehr- und Lernumgebung für die Varianzanalyse im World Wide Web

Rolf Plötzner, Nicola Kirchherr und Michael Stumpf

## Zusammenfassung

Um grundlegende Probleme der bisherigen Statistikausbildung im Diplomstudiengang Psychologie an der Universität Freiburg zu überwinden, wurde eine neue Ausbildungsform entwickelt, mit der sowohl theoretische als auch praktische Aspekte der Statistik integriert behandelt werden können. Diese neue Form der Statistikausbildung beruht auf der interaktiven Lehr- und Lernumgebung HYPERSTAT, die im World Wide Web (Internet) realisiert wurde. HYPERSTAT wurde im Sommersemester 1996 erstmals in der Lehre eingesetzt. Die Umgebung wurde in der Vorlesung durch den Dozenten als interaktives Präsentationsmedium sowie in Tutoraten und im Eigenstudium durch Tutoren und Studierende als Übungs- und Arbeitsmedium genutzt. Erste Bewertungen von HYPERSTAT durch die Studierenden lassen eine Weiterentwicklung der Umgebung als wünschenswert erscheinen.

*Schlüsselwörter:* Statistik, Statistikausbildung, Varianzanalyse, Interaktive Lernumgebung.

## Abstract

At the University of Freiburg, a new form of teaching statistics in Psychology has been developed. It allows one to better integrate theoretical as well as practical aspects of statistics. The new form of teaching relies on HYPERSTAT, an interactive learning environment realized on the World Wide Web (Internet). The first systematic application of HYPERSTAT took place during the summer semester 1996. The environment has been taken advantage of by the teacher as well as by the students. The teacher used the environment for interactive presentation during statistics classes. The students made use of the environment during tutorial sessions as well as during phases of self-guided learning. A first evaluation of HYPERSTAT by the students encourages its further development.

*Keywords:* Statistics, Teaching of Statistics, Analysis of Variance, Interactive Learning Environment.

## 1 Zwei Probleme der Statistikausbildung im Diplomstudiengang Psychologie

Die Lehrveranstaltungen zur Statistik stellen im Rahmen des Diplomstudienganges Psychologie Pflichtveranstaltungen dar. Sie werden an der Universität Freiburg in den ersten beiden Semestern des Grundstudiums als dreistündige Vorlesungen angeboten: im Wintersemester die Statistik I, im Sommersemester die Statistik II. Die

---

\*<http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/hyperstat.html>

Vorlesungen werden durch zwei verschiedene Tutorate begleitet. In einem Tutorat werden die theoretischen Konzepte, die in der Vorlesung behandelt wurden, nochmals aufgegriffen und besprochen. In einem zweiten Tutorat werden konkrete statistische Analysen unter Nutzung des kommerziell verfügbaren Statistikprogramms SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) auf dem Rechner durchgeführt.

Die bisherige Form der Statistikausbildung bringt zwei grundlegende, voneinander abhängige Probleme mit sich. Ein Problem betrifft die *Inhomogenität der verwendeten Lehrmaterialien*. In der Regel werden der Lehrveranstaltung Teile verschiedener Statistiklehrbücher zugrundegelegt. Darüber hinaus werden den Studierenden Skripte der Dozenten zur Verfügung gestellt. In den Tutoraten werden zum Teil von den Dozenten entwickelte, zum Teil von den Tutoren/-innen selbst entworfene Materialien verwendet. Hinzu kommt in einem der beiden Tutorate die Verwendung des Statistikprogramms SPSS. Die vielfältigen Lehrmaterialien, in denen zum Beispiel unterschiedliche Notationen Anwendung finden, sind für viele Studierende eher verwirrend als erhellend. Wünschenswert wären demgegenüber Lehrmaterialien, in denen die verschiedenen Aspekte der Statistik, wie zum Beispiel theoretische Konzepte, konkrete Beispiele, Übungsaufgaben und SPSS-Berechnungen, in einheitlicher und aufeinander bezogener Form präsentiert werden.

Das zweite, ernsthaftere Problem betrifft die *Beziehung zwischen theoretisch-konzeptuellen Inhalten der Statistik und angewandten Berechnungsverfahren*. In der Vorlesung stehen die theoretisch-konzeptuellen Inhalte im Vordergrund. Konkrete Berechnungen können hier nur in Ansätzen oder gar nicht demonstriert werden. In einem der Tutorate liegt der Schwerpunkt demgegenüber auf konkreten Berechnungen unter Nutzung des Statistikprogramms SPSS. Auf die theoretisch-konzeptuellen Inhalte der Statistik kann hier kaum eingegangen werden. Als Folge davon besteht die Statistik für viele Studierende aus zwei voneinander unabhängigen Welten: auf der einen Seite die theoretischen, abstrakten Konzepte, auf der anderen Seite die konkreten, numerischen Berechnungen.

Die Zusammenhänge zwischen diesen beiden Welten werden häufig nicht erkannt. Entsprechend oft kommt es dazu, daß einerseits nicht verstanden wird, welche Konzepte den Berechnungen zugrundeliegen. Andererseits werden in vielen Fällen unsinnige Berechnungen durchgeführt oder die Berechnungsergebnisse können nicht angemessen inhaltlich interpretiert werden. Derartige Probleme sind auch aus anderen Fächern bekannt, in denen sowohl theoretische Konzepte als auch konkrete Berechnungsverfahren vermittelt werden, wie zum Beispiel in der Mathematik oder der Physik. Wünschenswert wäre hier eine Lehr- und Lernumgebung, die es sowohl dem Dozenten als auch den Studierenden gestattet, beide Aspekte in ein und demselben Rahmen zu beleuchten und aufeinander bezogen zu präsentieren beziehungsweise zu studieren.

## 2 Das Konzept der Lehr- und Lernumgebung HYPERSTAT

Die beiden oben beschriebenen Probleme der bisherigen Statistikausbildung motivierten die Entwicklung von HYPERSTAT. Es wurde eine rechnergestützte, interaktive Lehr- und Lernumgebung im World Wide Web (Internet) geschaffen, die von den Dozenten in der Vorlesung als Präsentationsmedium, von den Tutoren in den Tutoraten als Übungsmedium und von den Studierenden als Lern- und Arbeitsmedium genutzt werden kann. In einer einheitlichen Arbeitsumgebung werden die folgenden Informationen angeboten:

- Informationen zu theoretischen Konzepten in Form von Texten<sup>1</sup> sowie in grafisch aufbereiteter Form<sup>2</sup>,
- konkrete Beispiele<sup>3</sup>, gegebenenfalls mit Versuchsplänen und Datensätzen,
- Übungsaufgaben<sup>4</sup> mit Musterlösungen<sup>5</sup>,
- Wissensfragen<sup>6</sup> mit sofortiger (anonymer) rechnergestützter Rückmeldung,
- SPSS-Berechnungen<sup>7</sup> und
- Hintergrundinformationen<sup>8</sup> zu den verschiedenen SPSS-Berechnungsverfahren und ihren Optionen.

Auf die Informationen kann wahlweise über ein Inhaltsverzeichnis<sup>9</sup>, einen Index<sup>10</sup> oder eine Klassifikationshierarchie<sup>11</sup> der betrachteten statistischen Modelle zugegriffen werden. Die Präsentation der verschiedenen Informationen orientiert sich an der Darstellung im Lehrbuch von Hays (1994), das Teilen der Lehrveranstaltung zugrundegelegt wird. HYPERSTAT ermöglicht verschiedene Aspekte der Statistik in einem einheitlichen Rahmen darzustellen und aufeinander zu beziehen. Es ersetzt sowohl Teile des bisher vom Dozenten verwendeten Skripts als auch verschiedene Materialien, die bisher von den Tutoren verwendet wurden.

HYPERSTAT selbst stellt zwar kein Werkzeug für die Analyse von Datensätzen dar, jedoch kann innerhalb von HYPERSTAT auf das Statistikprogramm SPSS zugegriffen werden. Im Rahmen eines solchen Zugriffs wird automatisch der Datensatz eines zuvor in HYPERSTAT besprochenen Beispiels geladen und für die Analyse zur Verfügung gestellt. HYPERSTAT beinhaltet über die oben genannten Informationen hinaus zahlreiche Zugriffsmöglichkeiten auf ergänzende, multimediale Skripten zur Statistik im World Wide Web<sup>12</sup>. Sie laden Lehrende und Studierende gleichermaßen ein, weitere Informationen, Visualisierungen und Animationen zur Statistik zu erkunden.

HYPERSTAT unterstützt den Informationsaustausch sowohl zwischen Studierenden und Dozent als auch innerhalb der Studierenden auf der Grundlage elektronischer Post. So können zum Beispiel "öffentliche" Fragen und Kommentare an den Dozenten/die Dozentin oder an alle anderen Studierenden<sup>13</sup> geschickt werden. Der Dozent/die Dozentin beziehungsweise die Studierenden können anschließend auf diese Fragen und Kommentare eingehen. Öffentliche Fragen und ihre Antworten werden gesammelt und rechnergestützt in einer übersichtlichen Form aufbereitet. Sie sind für alle einsehbar, wodurch ein Rahmen für Diskussionen geschaffen wird.

In Zukunft wird für Studierende darüber hinaus die Möglichkeit bestehen, einzelne in HYPERSTAT präsentierte Informationen zu kommentieren. Auch diese Kommentare sollen gesammelt, in übersichtlicher Form aufbereitet und jeweils am Ende der Informationen eingefügt werden, auf die sich die Kommentare beziehen.

Bisher sind die folgenden inhaltlichen Bereiche der weiterführenden Statistik in HYPERSTAT berücksichtigt:

<sup>1</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/einfak.1/struktur.html>

<sup>2</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/einfak.1/schaubild.html>

<sup>3</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/spss/einfak.1/einfak.1.bsp.html>

<sup>4</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/uebungen/einfak.1/einfak.1.uebung.html>

<sup>5</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/loesungen/einfak.1/einfak.1.loesung.html>

<sup>6</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/tests/einfak.1/einfak.1.test.html>

<sup>7</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/spss/einfak.1/einfak.1.bsp.html#spssbeispiel>

<sup>8</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/signatures/gondan/oneway.html>

<sup>9</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/inhalt.html>

<sup>10</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/index.html>

<sup>11</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/taxonomie.html>

<sup>12</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/verweise.html>

<sup>13</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/fragen.html>

- Einführung in die Matrizenalgebra<sup>14</sup>,
- Einführung in das Allgemeine Lineare Modell<sup>15</sup>,
- feste Effekte<sup>16</sup> und Zufallseffekte<sup>17</sup> und
- einfaktorielle Varianzanalyse<sup>18</sup>.

Diese Bereiche entsprechen den in 8 Vorlesungsstunden behandelten Inhalten und Methoden. Die in HYPERSTAT enthaltenen Beispiele, Übungsaufgaben mit Musterlösungen und Wissensfragen mit rechnergestützter Rückmeldung stellen darüber hinaus gehende Informationen bereit.

Auf HYPERSTAT kann von jedem Rechner aus, der einen Zugang zum Internet besitzt und über einen entsprechenden Browser, wie zum Beispiel Netscape, verfügt, zugegriffen werden. Da es sich bei dem Statistikprogramm SPSS um ein lizenziertes Programm handelt, kann innerhalb von HYPERSTAT nur von Rechnern des Psychologischen Instituts der Universität Freiburg aus auf dieses Programm zugegriffen werden. Wird versucht, von Rechnern außerhalb des Psychologischen Instituts der Universität Freiburg auf SPSS zuzugreifen, so können die den SPSS-Berechnungen zugrundeliegenden Datensätze mit Hilfe des verwendeten Browsers auf den zugreifenden Rechner kopiert und anschließend mit lokal zur Verfügung stehenden Programmen analysiert werden.

### 3 Der Einsatz von HYPERSTAT

HYPERSTAT wurde im Sommersemester 1996 an der Universität Freiburg erstmals sowohl in der Vorlesung durch den Dozenten als auch im Tutorat durch die Tutoren/-innen eingesetzt. Da in dem benutzten Vorlesungssaal noch kein Anschluß an das Internet zur Verfügung stand, wurde das komplette System auf einen Rechner kopiert, so daß HYPERSTAT in diesem Fall ohne Anschluß an das Internet demonstriert werden konnte. Informationen im World Wide Web, die nicht Teil von HYPERSTAT selbst waren, konnten unter diesen Bedingungen allerdings nicht genutzt werden.

Statt auf die Tafel blickten die Studierenden auf ein an die Wand projiziertes Bild des Rechnerbildschirms. Die Projektion wurde mit Hilfe eines entsprechenden Datendisplays und einem Tageslichtprojektor realisiert. Das System wurde vom Dozenten vorwiegend mit der Maus des Rechners bedient. Es wurden nicht nur verschiedene Konzepte theoretisch behandelt, sondern auch konkrete Berechnungen mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS interaktiv durchgeführt und besprochen. Gegen Ende einer Vorlesung wurden in HYPERSTAT formulierte Fragen zu den zuvor behandelten Inhalten und Methoden gemeinsam beantwortet. Abschließend wurde die vom Rechner gegebene Rückmeldung diskutiert.

Im Rahmen der Tutorate sammelten die Studierenden in Rechnerräumen, die im Rahmen des Computerinfrastrukturprogramms (CIP) eingerichtet wurden, eigene Erfahrungen mit HYPERSTAT. Hierzu stand den Studierenden die gesamte Funktionalität des Systems zur Verfügung. Die in HYPERSTAT enthaltenen Informationen konnten auch ausgedruckt und in das persönliche Vorlesungsskript eingefügt werden. Während der Tutorate wurden die Studierenden durch Tutoren/-innen betreut.

<sup>14</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/matrizen/matrizen.html>

<sup>15</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/alm/alm.html>

<sup>16</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/feste.effekte.html>

<sup>17</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/allgemein/zufallseffekte.html>

<sup>18</sup><http://www.psychologie.uni-freiburg.de/hyperstat/html/einfak.1/einfak.html>

Darüber hinaus konnten die Studierenden über Rechner des Psychologischen Instituts oder des Rechenzentrums auf HYPERSTAT zugreifen. Verfügten die Studierenden über einen eigenen Rechner mit Zugang zum Internet, so konnte HYPERSTAT auch zu Hause genutzt werden. Derartige Zugänge werden vom Rechenzentrum der Universität Freiburg kostenlos zur Verfügung gestellt.

## 4 Erste Bewertungen von HYPERSTAT durch die Studierenden

Am Ende des Einsatzes von HYPERSTAT wurde eine Befragung durchgeführt, an der 47 Studierende teilnahmen. 74% der Studierenden hielt HYPERSTAT für eine sinnvolle Ergänzung des derzeitigen Lehrangebots in der Statistik, 21% der Studierenden war unentschieden und 4% der Studierenden hielt HYPERSTAT für keine sinnvolle Ergänzung. 77% der Studierenden wünschte sich eine Weiterentwicklung und einen breiteren Einsatz von HYPERSTAT, 21% der Studierenden war unentschieden und 2% der Studierenden wünschte sich keine entsprechende Weiterentwicklung. 62% der Studierenden gab an, daß sie regelmäßig mit HYPERSTAT arbeiten würden, wenn die entsprechenden Nutzungsvoraussetzungen vorhanden wären, 32% der Studierenden war unentschieden und 6% der Studierenden würden auch bei verbesserten Nutzungsvoraussetzungen nicht regelmäßig mit HYPERSTAT arbeiten.

Besonders positiv wurde von den Studierenden bewertet, daß durch die Nutzung von HYPERSTAT die Zusammenhänge zwischen den theoretischen Konzepten und den konkreten Berechnungen deutlicher werden. Daß in der Vorlesung konkrete SPSS-Berechnungen interaktiv bearbeitet und zu den zuvor behandelten Konzepten und Inhalten in Beziehung gesetzt werden, war für viele Studierende eine neue, motivierende und, aus Sicht der Studierenden, auch lernförderliche Erfahrung.

Negativ wurde von den Studierenden die bisher eingeschränkte Zugänglichkeit von HYPERSTAT bewertet. Diese Einschränkung ist eine Folge der bisherigen Gegebenheiten in den Philosophischen Fakultäten der Universität Freiburg. In Zukunft wird das System allerdings zugänglicher sein, als dies bisher der Fall war. So stehen zum Beispiel inzwischen weitere Räume mit modernen, leistungsfähigen Rechnern mit Anbindung an das Internet zur Verfügung. Diese Rechner können in Zukunft im Rahmen der Tutorate und freien Nutzungszeiten mitbenutzt werden.

HYPERSTAT stößt aber nicht nur bei den Studierenden des Psychologischen Instituts der Universität Freiburg auf reges Interesse. Vielmehr wurden innerhalb des letzten halben Jahres in jedem Monat zwischen 1100 und 2000 Zugriffe auf in HYPERSTAT zur Verfügung stehende Informationen von Rechnern registriert, die außerhalb der Universität Freiburg angesiedelt sind.

## 5 Mögliche Weiterentwicklungen von HYPERSTAT

Mit HYPERSTAT wurde ein erster Versuch unternommen, im World Wide Web eine Lehr- und Lernumgebung zu realisieren, in der sowohl theoretische als auch praktische Aspekte der Statistik integriert behandelt werden können. Zwei Vorteile, die sich mit einer derartigen Umgebung verbinden, sind, daß (1) eine homogene und aufeinander bezogene Darstellung verschiedenster Informationen möglich wird und (2) eine derartige Umgebung von Dozenten/-innen, Tutoren/-innen und Studierenden gleichermaßen auf unterschiedliche Art und Weise genutzt werden kann.

Die Möglichkeiten, die das World Wide Web für die Realisierung einer derartigen Lehr- und Lernumgebung bietet, sind in HYPERSTAT aber nur teilweise ausgenutzt worden. Bisher stehen in HYPERSTAT Informationen im Vordergrund, die in Form

von Texten präsentiert werden. Für viele Aspekte der Statistik sind aber auch Präsentationen in Form von Grafiken, Animationen sowie interaktiven Simulationen vorstellbar. Man denke etwa an interaktive grafische Simulationen zur elementaren Wahrscheinlichkeitstheorie, wie sie in der einführenden Statistik vermittelt wird.

Aber auch in der weiterführenden Statistik sind entsprechende interaktive Simulationen vorstellbar: angefangen von grafischen Simulationen zur Matrizenalgebra, insbesondere der Matrizenmultiplikation, über grafische Animationen verschiedener statistischer Konzepte, wie zum Beispiel die Quadratsummenzerlegung und das Kriterium der kleinsten Quadrate (vgl. das Vorhaben "Seeing Statistics"<sup>19</sup>), bis hin zur Möglichkeit, Datensätze interaktiv und grafisch zu verändern und die Auswirkungen solcher Veränderungen auf bestimmte statistische Kennwerte beobachten zu können.

Derartige Formen der Informationspräsentation könnten geeignet sein, die weite Kluft zwischen den theoretischen und gewöhnlich statisch präsentierten Konzepten der Statistik auf der einen Seite und konkreten numerischen Datenanalysen auf der anderen Seite zu überbrücken oder zumindest zu schmälern. Die Technologien zur Realisierung einer in diesem Sinne interaktiven Lehr- und Lernumgebung im World Wide Web stehen seit einiger Zeit zur Verfügung. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die objektorientierte Programmiersprache Java zu nennen, mit deren Hilfe Animationen und interaktive Simulationen für das World Wide Web programmiert werden können. Allerdings darf der Arbeitsaufwand, der mit der Nutzung dieser Technologien verbunden ist, nicht unterschätzt werden. Komfortable Programmierumgebungen für die Programmiersprache Java sind erst im Entstehen. Eine Weiterentwicklung von HYPERSTAT in der zuvor angedeuteten Art und Weise wird daher mit viel mühevoller Arbeit verbunden sein.

## Danksagung

Wir bedanken uns bei Philipp Bachmann und Oliver Müller, die die Realisierung von HYPERSTAT in vielfältiger Weise unterstützten, sowie bei Matthias Gondan und Michael Preier, die den Einsatz von HYPERSTAT in der Statistikausbildung an der Universität Freiburg begleiteten.

## Literatur

- [1] Hays, W. L. (1994). *Statistics* (5th ed.). Fort Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers.

Submitted December 12, 1996

Accepted May 5, 1997

---

<sup>19</sup><http://psych.colorado.edu/~mcclella/applets/statbook.html>