



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung**  
**S1 „eLearning & eTeaching – Lernen und Lehren mit**  
**Neuen Medien“**

---

**„Ist das möglich?“ –**  
**Schätzen und Testen in Experiment, Theorie**  
**und Anwendung.**  
**Eine Unterrichtssequenz erstellt mit dem**  
**CAS-System Mathcad**  
**für die Umsetzung in Laptopklassen**

**Mag. Paul Schwaiger**

HTBLA - Salzburg – Abteilung Elektronik – Technische Informatik

Salzburg, Juni 2006

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1    AUSGANGSSITUATION</b> .....	<b>5</b>
<b>2    ZIEL UND INHALT DES PROJEKTS</b> .....	<b>7</b>
2.1 Formale Aspekte des Notebookeinsatzes.....	7
2.2 Inhaltliche Aspekte des Projekts .....	9
2.3 Fragestellungen .....	12
<b>3    UMSETZUNG</b> .....	<b>14</b>
3.1 Einstieg .....	14
3.2 Entwicklung einer Lösungsstrategie.....	14
3.3 Der mathematische Hintergrund .....	17
3.4 Die vorläufige Lösung .....	18
3.5 Das Problem der „Fehldiagnosen“ .....	19
<b>4    EVALUATION</b> .....	<b>22</b>
4.1 Vorbemerkung .....	22
4.2 Leistungskontrolle .....	22
4.2.1 Schriftliche Mitarbeitskontrolle .....	22
4.2.2 Schularbeit .....	23
4.2.3 Schriftliche Diplom- und Reifeprüfung.....	24
4.3 Schülerdiskussion .....	24
4.4 Evaluationsfragebogen .....	25
<b>5    RESÜMEE</b> .....	<b>27</b>
<b>6    LITERATUR</b> .....	<b>28</b>
<b>7    ANHANG</b> .....	<b>30</b>
7.1 Aufgabenstellungen .....	30
7.1.1 Schularbeit .....	30
7.1.2 Schriftliche Diplom- und Reifeprüfung.....	31
7.2 Inhaltsverzeichnis des Projekts .....	32
7.3 Evaluationsfragebogen .....	35



# ABSTRACT

*Das Projekt beschreibt den Einsatz des CAS-Systems Mathcad in einer Notebook-Klasse. Inhaltlich werden Probleme des statistischen Testens behandelt, wobei ausgiebig mit Simulationen gearbeitet wird.*

Schulstufe: 13

Fächer: Angewandte Mathematik

Kontaktperson: Mag. Paul Schwaiger

Kontaktadresse: HTBL-Salzburg, Itzlinger Hauptstraße 30, 5022 Salzburg

Email: [Paul.Schwaiger@htl-salzburg.ac.at](mailto:Paul.Schwaiger@htl-salzburg.ac.at)

# 1 AUSGANGSSITUATION

Die Abteilung Elektronik – Technische Informatik - der HTBL-Salzburg begann im Schuljahr 2000/01 mit dem Aufbau von Laptopklassen. Heute sind von 11 Klassen der Stufen 10-13 10 mit Notebooks und dem entsprechenden Equipment (Beamer, Netzwerk- bzw. Internetanschluss, Netzwerkdrucker) ausgerüstet.

Die technische Aufrüstung hat mit der pädagogischen Umstellung auf die neuen Möglichkeiten nicht wirklich Schritt gehalten. Die Schule wurde zwar Mitglied im so genannten „eLearning-Cluster“, einer Ministerialinitiative, die dieses Problem beheben sollte, und setzte auch einige Initiativen im Bereich der schulinternen Weiterbildung, doch aus sehr unterschiedlichen Gründen, die ich hier nicht ausbreiten möchte, blieb diesen Anstrengungen ein nennenswerter und vor allem bleibender Erfolg versagt.

Tatsache ist, dass der adäquate Einsatz der Notebooks im Schulunterricht außerhalb der Fächer, die schon vor ihrer Einführung intensiv mit dem Computer arbeiteten, weit hinter den Möglichkeiten liegt. Dies ist nicht nur Folge mangelnder technischer Kompetenz, die sukzessive reduziert wurde, sondern eher darauf zurückzuführen, dass Vorstellungen fehlen, wie notebookbasierter Unterricht überhaupt organisiert werden soll und wie der damit verbundene Aufwand für Nachhaltigkeit bei Ergebnissen und Vorbereitungen sorgen soll.

Auf besondere Skepsis – auch von meiner Seite – stößt dabei nach wie vor das Konzept der „fertigen“ Unterrichtssequenzen, die – so die Theorie – einfach und ohne großen Aufwand via Internet in den eigenen Unterricht integriert werden können. Meist ist man gezwungen ein inhaltliches und oft auch ein technisches Konzept zu übernehmen, das sich, wenn überhaupt, dann nur unter großen Mühen adaptieren lässt und das den einzelnen Lehrenden in eine passive Moderatorenrolle drängt, die kaum jemand, der diesen Beruf ernst nimmt, akzeptieren kann.

Da ich selbst seit 2001 in Laptop-Klassen unterrichte – vor allem Angewandte Mathematik – und dabei auf das Programmpaket Mathcad zurückgreifen kann – habe ich gewissermaßen auf experimentellem Weg an einer Methode gearbeitet, die den pädagogisch sinnvollen Einsatz des Notebooks im Mathematikunterricht ermöglichen soll. Dabei war es aufgrund der ziemlich neuen Situation nicht möglich auf Erfahrungen und Reflexionen aus anderen Schulen zurückzugreifen, zumal außerhalb der HTL auch das von mir verwendete Programm leider nicht zur Verfügung steht.

Ausgangspunkt war für mich die Überlegung, dass es nicht akzeptabel ist, dass den Eltern die Anschaffung eines nach wie vor teuren Geräts zugemutet wird, das dann nur rudimentär wenn überhaupt im Unterricht Verwendung findet. Zudem zeigte sich gleich in der Anfangsphase welche verheerende Folgen der Nichteinsatz im Unterricht zeitigte. Die Schüler benutzten das Gerät vor allem um dem Unterricht zu entfliehen, die Leistungen sanken in den Keller und die zahlreichen Gegner dieser Neuerung sahen sich in ihrer Ablehnung bestätigt und taten das ihre, um diesen Eindruck möglichst zu verstärken.

Gerechterweise muss hier angemerkt werden, dass nach wie vor eine geradezu mysteriöse Unklarheit darüber besteht, was eLearning bzw. Notebookunterricht überhaupt sein soll. Bloßes Klicken und Surfen durch animierte Bildungsangebote – eine schöne neue Bildungswelt, die jeden Dilettanten ungemein beeindruckt, aber jeden technisch versierten Schüler schon nach kurzer Zeit gähnend langweilt? Oder soll das Notebook nur elektronisch aufgepöppelter Schreibmaschinen- und Taschen-

rechnerersatz sein? Folgt auf den von den SchülerInnen oft zu Recht wenig geschätzten Einsatz der Overheadfolien jetzt eine endlose Abfolge von Powerpointpräsentationen? Ist die kuriose Idee einer webbasierten Automatisierung des Unterrichts eine Zielvorgabe oder das Auffüllen von so genannten Bildungsservern mit Unterrichtssequenzen, die viel angeklickt und wenig verwendet werden?

Die euphorische Überschätzung des computerbasierten Unterrichts hat im Grunde die gleiche Basis wie seine strikte Ablehnung. Es ist die Verkennung der Tatsache, dass das Notebook nur ein technisches Gerät ist. Wer von diesem eine Revolution der Pädagogik oder in sozialwissenschaftlichem Neudeutsch einen „Paradigmenwechsel“ erwartet, wird über kurz oder lang genauso ernüchtert erwachen, wie nach der Einführung anderer technischer Neuerungen im Unterricht. Gleiches gilt für die zahlreichen Cassandras, für die der computerbasierte Unterricht der Weg in die Bildungskatastrophe ist, und die nicht müde werden den Verlust so genannter Kulturtechniken zu beklagen – ganz so, als wären diese nicht selbst Produkt historischer und vor allem technischer Entwicklungen.

Das Notebook bietet, so wie alle Neuerungen zuvor, neue und höchst interessante Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung und der Wissensvermittlung. Dabei ist es aber notwendig das Laptop auf Unterrichtstauglichkeit zu prüfen und nicht umgekehrt. Zudem ist die Bereitstellung und Entwicklung fachadäquater Software – wie sie mir in Form von Mathcad zur Verfügung steht - ein unbedingtes Muss und keineswegs die Ausbildung jedes einzelnen Lehrenden zum Webdesigner.

Dass sich die Wertigkeit von Bildungsinhalten dadurch verschiebt bzw. verändert muss nicht nur die Schule, sondern auch die Universität zur Kenntnis nehmen. Doch noch scheint es durchgehende Praxis zu sein, angehenden Technikern und Naturwissenschaftler mit Vorliebe höchst artifizielle Hürden aus dem Bereich der geschlossenen Lösungen auf die Startbahn stellen. Was davon zu halten ist, formuliert sehr treffend der amerikanische Mathematikprofessors Donald Estep: *„Die Studenten verbringen viel von ihrer Zeit damit, Fähigkeiten zu trainieren, die nur selten verwendet werden, niemals werden ihnen aber grundlegende Ideen näher gebracht, die immer wieder auftauchen.“* (Estep, 2005 S.9)

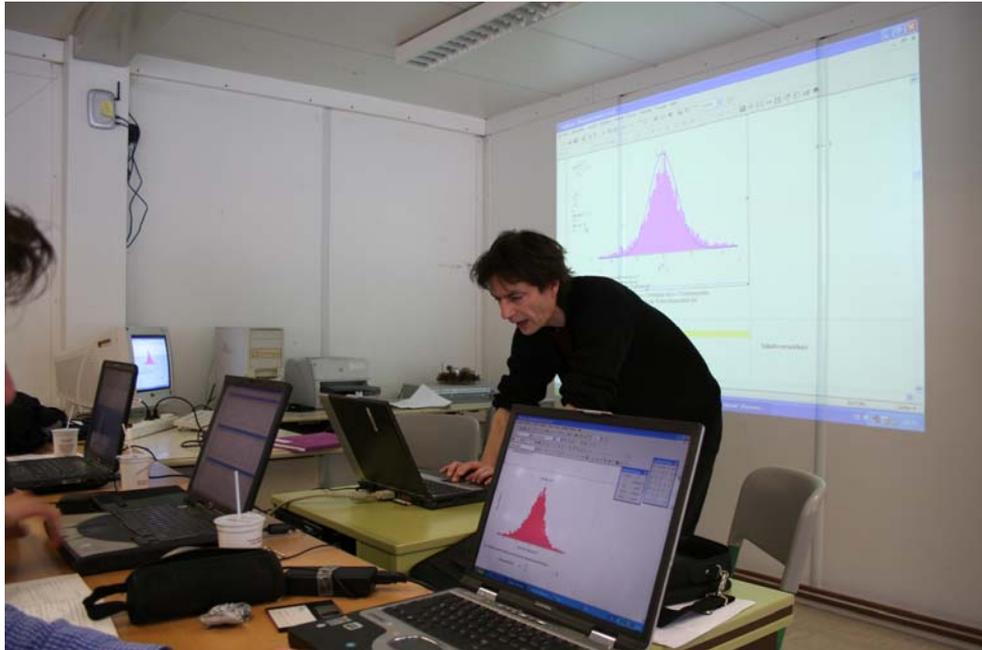
Klar ist weiters, dass dieses Gerät auf keinen Fall ein Ersatz für pädagogische Kompetenz sein kann und die Hoffnung, dass prall gefüllte Bildungsserver für sprunghafte Hebung der Unterrichtsqualität sorgen werden, ist illusorisch.

Aber der Einsatz und in gewissem Sinn schon die bloße Präsenz des Notebooks im Unterricht stellt eine, wenn auch von vielen Lehrenden noch ungeliebte Herausforderung dar und erzwingt in größerem Ausmaß den Anschluss des Schulbetriebs an die Zeitentwicklung. Der Einstieg in diese oder andere Formen des computerbasierten Unterrichts ist für entwickelte Gesellschaften nur noch eine Frage der Zeit. Schließlich zählt der innovative Umgang mit dem Computer bereits jetzt zu einer Kernkompetenz der Gesellschaft.

In dieser Situation sind vor allem praktikable und effektive Ideen für die Unterrichtsgestaltung und die Unterrichtsorganisation gefragt. Genauso wichtig wie die Bereitschaft zum Experiment ist der Austausch darüber mit denjenigen, die sich in der gleichen Situation befinden. Das hier dargestellte Projekt ist ein Beitrag dazu.

## 2 ZIEL UND INHALT DES PROJEKTS

Primäres Ziel des Projekts ist es, zu dokumentieren wie effizienter Unterricht im Fach Mathematik mit dem Notebook durchgeführt werden kann. In diesem Punkt unterscheidet sich der Projektunterricht praktisch nicht von meinem sonstigen Unterricht in der Klasse, was auch im Evaluationsfragebogen bestätigt wurde, wo 15 von 19 Schülern keinen nennenswerten Unterschied feststellen konnten.



### 2.1 Formale Aspekte des Notebookeinsatzes

Die Ausgangssituation ist natürlich ideal. Die Schüler<sup>1</sup> arbeiten das 3. Jahr mit der Software Mathcad, kennen den Aufbau und Ablauf des Unterrichts und seine Anforderungen. Organisatorische Probleme, sofern sie nicht durch äußere Einflüsse verursacht werden, sind damit so gut wie ausgeschlossen.

Die Schüler erhalten von mir mit Mathcad vorbereitete elektronische Unterlagen, die ihnen jeweils zu Unterrichtsbeginn via Class Server zur Verfügung gestellt werden. Diese Unterrichtsunterlagen erfordern bei der erstmaligen Erstellung einen großen Zeitaufwand für Lehrende und sind so etwas wie ein „work in progress“. Während und nach einer Einheit, sofern die entsprechende Zeit bleibt, können die Materialien angepasst und adaptiert werden. Meist liefern Diskussionen mit den Schülern über einzelne Aspekte Anregungen für eine fruchtbare Veränderung oder Ergänzung, die bei neuerlicher Verwendung dann umgesetzt werden können. Inhalte, die auf wenig Verständnis stoßen, können ohne großen Aufwand neu arrangiert werden, selbst die gedankliche Entwicklung also der eigentliche Aufbau lässt sich leicht modifizieren und diese Modifikation erfolgte auch während des Projektes.

Gerade darin liegt ein großer Vorteil dieser Unterrichtsmethode. Kaum eine Unterrichtseinheit erlebt eine 1:1 Wiederholung. Damit bleibt nicht nur den Lehrenden die

---

<sup>1</sup> Wenn in der Folge „nur“ von Schülern und nicht auch von Schülerinnen die Rede ist, so liegt das daran, dass es in dieser Klasse lediglich Schüler gibt.

gähnende Langeweile der Wiederkehr des immer Gleichen erspart, der Unterricht bleibt auch ein lebendiger Kommunikationsprozess und neue Aspekte oder Schwerpunktsetzungen können integriert werden, ohne die Gesamtheit des bislang Entwickelten entsorgen zu müssen.

Eingebettet sind diese einzelnen Files in ein Gesamtkonzept, das den Schülern am Beginn des Abschnitts in Form eines Inhaltsverzeichnisses zur Verfügung gestellt wird. Dieses Inhaltsverzeichnis (s. Anhang) legen die Schüler wie auch die verteilten Files sowie die Hausübungen in einen eigenen Ordner. Dieses verlinkte Inhaltsverzeichnis ist individuell adaptierbar und die Schüler verfügen über die entsprechenden Fertigkeiten, ihnen notwendig erscheinende Adaptionen durchzuführen. Das Inhaltsverzeichnis dient zwar auch dem Zugriff auf ausgewählte Inhalte während des Unterrichts und des selbstständigen Lernens zu Hause, ist aber vor allem als Gedächtnisstütze für sehr viel spätere Zugriffe gedacht, wenn man die entsprechenden Inhalte in ihrer Abfolge nicht mehr so deutlich in Erinnerung hat.

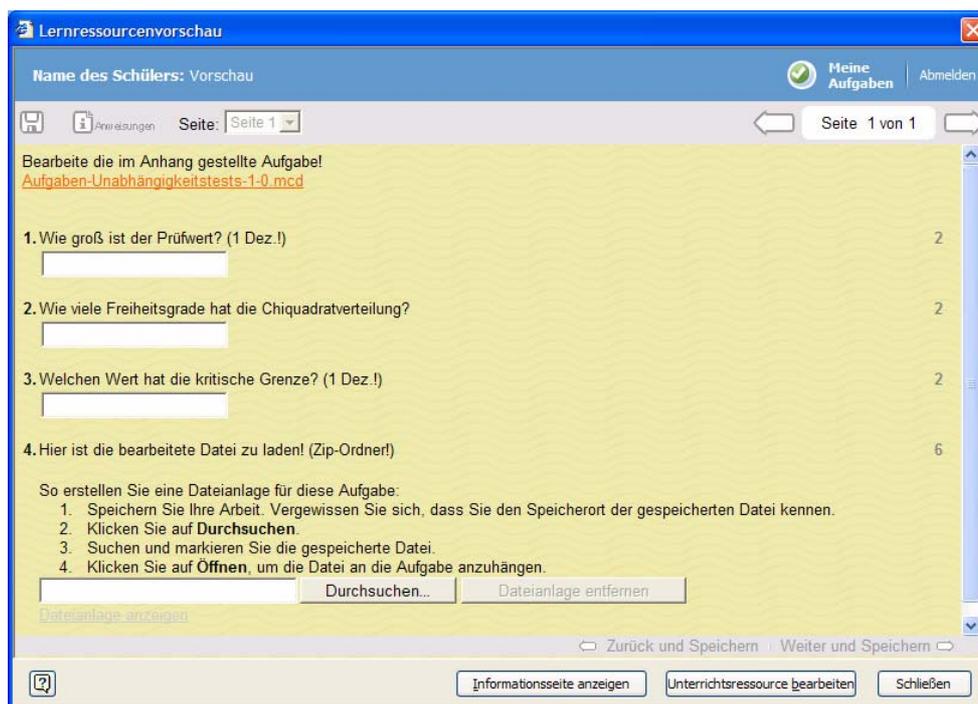
Während der Lehrer/die Lehrerin über die Gesamtheit des erstellten Unterrichtsmaterials verfügt, erhalten die Schüler eine modifizierte Form. Diese Modifikation entsteht durch einfaches Löschen vorhandener Inhalte oder durch Anwendung einer mathcadspezifischen Technik, die das Anlegen von so genannten Regionen ermöglicht. Diese Regionen sind nichts anderes als versteckte Bereiche des entsprechenden Files, die, sofern sie nicht gesperrt wurden, jederzeit durch Anklicken wieder zur Verfügung stehen. Diese im Grunde sehr simple Struktur ist die Basis des eigentlichen Unterrichts, der in unterschiedlichem Ausmaß Platz für Aktivitäten der Schüler lässt, dabei aber gleichzeitig die Verschwendung von Unterrichtszeit für inhaltlich irrelevante Tätigkeiten wie das Tippen erklärender Texte o. ä. vermeidet.

Die Palette der möglichen Schüleraktivitäten reicht von einfachen verbalen Schlussfolgerungen über die Ausarbeitung von Beispielen, die Erstellung von Simulationen bis zur gemeinsamen Erarbeitung theoretischer Überlegungen. Grundsätzlich folgt das Konzept der Idee, dass nur eine ausreichende Aktivität der Schüler ein Garant dafür ist, dass die inhaltlichen Ziele des Unterrichts erreicht werden können.

Die vor der Verteilung vorgenommenen Adaptierungen können individuell auf die Klasse, den zur Verfügung stehenden Zeitrahmen, die zugrunde liegenden pädagogischen Absichten und den erwünschten Schwierigkeitsgrad bezüglich der Schüleraktivität abgestimmt werden.

Wichtig ist es, hier anzumerken, dass Schüleraktivität in diesem Unterricht sich nur in den seltensten Fällen darauf beschränkt, die Schüler durch bloßes Klicken zu beschäftigen – etwa beim Experimentieren mit einer Simulation. Es bessere Vorstellung liefert das elektronische Heft. Die Schüler müssen selbstständig oder unter Anleitung Probleme sauber formulieren und richtig lösen, d.h. sie erzeugen eine eigene „Mitschrift“, die durchaus individuelle Züge trägt, wenn auch die Basis durch das zur Verfügung gestellte Material gebildet wird, das gewissermaßen als Raster interpretiert werden kann.

Neben den konkreten Unterrichtsmaterialien, wird den Schülern in jeder Einheit/Woche eine Hausübung zugewiesen, die bis zur nächsten Einheit via Class Server abgegeben werden muss. Diese Hausübung dient der Lernzielkontrolle und wird den Schülern korrigiert (betrifft jedoch nur die Ergebnisse) während der darauf folgenden Woche zurückgestellt. Da die Ergebniskorrektur jedoch nur Detailfehler, nicht jedoch grundsätzlichere Probleme beheben kann, erhalten die Schüler auch eine Referenzlösung, die noch einmal verdeutlicht, wie die Ausarbeitung im Detail aussehen soll.



**Schüleransicht einer Hausübung**

Im Unterschied zu den Hausübungen wird bei den schriftlichen Leistungskontrollen (Schularbeiten und andere Überprüfungen) auch ein Ausdruck angefertigt. Die Erstellung dieses Ausdrucks ist zwar aufgrund der geringen Leistungsfähigkeit der Drucker bzw. der Druckerspeicher nach wie vor das Nadelöhr des Laptopunterrichts, sie ist aber unumgänglich, da es für eine elektronische Korrektur der Dateien kein praktikables Verfahren gibt. Die Aufgabenstellung wird den Schülern elektronisch (geteilt nach Gruppen und nur die eigentlichen Fragestellungen umfassend) und als Gesamttext in Form einer Kopie zur Verfügung gestellt. Dies hat sich vor allem deshalb als zweckmäßig erwiesen, da es den Schülern das unnötige Scrollen zwischen Aufgabenstellung und Lösungsausarbeitung erspart.

## 2.2 Inhaltliche Aspekte des Projekts

Der zweite, aber nicht weniger wichtige Aspekt ist der inhaltliche. Ich habe als Projektthema, wie aus dem etwas plakativ formulierten Projekttitel ersichtlich ist, den Bereich der beurteilenden Statistik gewählt. Die dahinter stehende Überlegung war, an einem theoretisch eher komplexen Teil des Lehrplans, der üblicherweise etwas vernachlässigt wird, zu demonstrieren, dass dieses Gebiet nicht nur mit Hilfe eines CAS-Systems ausgezeichnet bearbeitet werden kann, sondern zugleich zu zeigen, dass gewisse Einsichten in die Materie zumindest innerhalb des Schulbetriebs auf andere Art und Weise eigentlich nicht zu haben sind.

Mathematik hat in der HTL einen relativ hohen Stellenwert – zumindest theoretisch und ich bin in engem Kontakt mit Technikern, die am liebsten Themen der Hochschulmathematik vermittelt hätten – was klarerweise nicht realistisch ist. Die Stundenzahl (15 in 5 Jahren) macht allerdings deutlich, dass natürlich einiges an Inhalten vermittelt werden kann. Der Lehrplan ist grundsätzlich sehr innovationsfreundlich

formuliert. Dies ist in einer technischen Schule auch notwendig, da die Entwicklung der Informationstechnik den Einbau neuerer Verfahren notwendig macht und auch ständig neue Schwerpunktsetzungen erfolgen. Zur Zeit ist ein langsamer Prozess der Abschwächung der bislang überragenden Bedeutung der stetigen Analysis im Gang und eine Entwicklung hin zu Problemen der diskreten Mathematik.

Der analytischen Statistik habe ich aus eigenem Antrieb die Bedeutung gegeben, die sie jetzt in meinem Unterricht hat – Unterstützung habe ich dabei allerdings von Technikern, die in vielen Bereichen – etwa Bildbearbeitung – ohne Wahrscheinlichkeitsrechnung bzw. Statistik kaum mehr auskommen, während in ihrer eigenen Ausbildung das Thema noch wenig Bedeutung hatte.

Im Lehrplan taucht die (beschreibende) Statistik mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung zum ersten Mal in der 2. Klasse auf („Häufigkeitsverteilung; Kenngrößen; Wahrscheinlichkeit (Additions- und Multiplikationsregel“), um dann 2 Jahre hauptsächlich von der Analysis verdrängt zu werden. Typische Lehrplanformulierungen, die ich wirklich liebe, sind dabei einfach einzelne Wörter wie etwa „Integraltransformationen“. D.h. in welchem Ausmaß ich das Thema behandle – so schaut zumindest meine Interpretation aus – ist mir überlassen.

Im 5. Jahrgang heißt es dann wortwörtlich und ausschließlich:

*„Diskrete und stetige Verteilungen, induktive Statistik (Parameterschätzung, Signifikanzprüfung); Zusammenhangsanalysen (Korrelation, Regression). Statistische Qualitätssicherung. Anwendungen.*

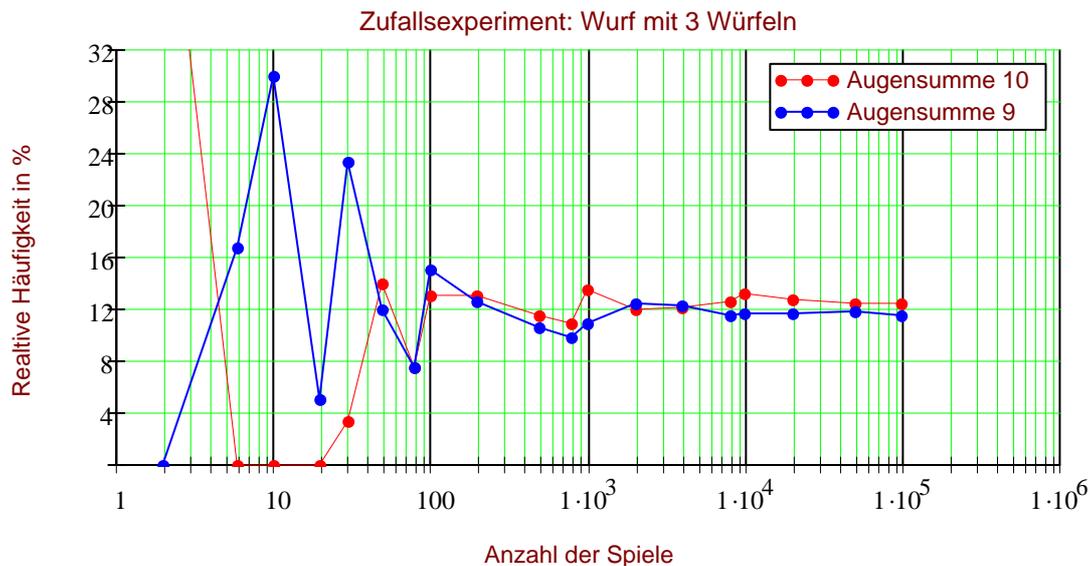
*Aktuelle Themen der angewandten Mathematik mit besonderer Berücksichtigung der Fachrichtung.“*

D.h. alles, was im Projekt durchgeführt wurde, ist im ersten „Satz“ inkludiert und sollte daran jemand zweifeln, so findet der Rest in der Interpretation des zweiten Platz.

Im Nachhinein bin ich mit der inhaltlichen Schwerpunktsetzung nicht mehr besonders glücklich. Nicht weil das oben formulierte Ziel etwa nicht erreicht werden konnte, sondern weil die Wahl des Themas suggeriert, dass das vorgestellte Verfahren und seine Methoden nur im Rahmen einer komplexen und relativ anspruchsvollen Thematik sinnvoll eingesetzt werden können. Das dem nicht so ist und das beliebige Thematiken aus dem Lehrplan von Stufe 10-13 nach dem gleichen Verfahren unterrichtet werden können und von mir auch werden sei deshalb nur noch einmal angemerkt.

An diesem Punkt ist es notwendig, kurz die inhaltlichen Voraussetzungen zu besprechen. Vor Projektbeginn müssen die Schüler ein ausreichendes Verständnis folgender Punkte haben:

- 1) Zufallsprozesse unterliegen Gesetzmäßigkeiten, die mathematisch formalisierbar sind. Diese Erkenntnis wird auch anschaulich mittels teilweise von den Schülern selbst erstellten Simulationen gefestigt. Von besonderer Bedeutung ist dabei das so fundamentale „Gesetz der großen Zahlen“, dessen Inhalt mittels verschiedenster Fragestellungen verdeutlicht und via Simulationen veranschaulicht wird.



- 2) Zufallsgrößen besitzen Kennzahlen, für die je nach zugrunde liegendem Experiment unterschiedliche Gesetzmäßigkeiten gelten.
- 3) Die wesentlichen diskreten und stetigen Verteilungen müssen bekannt sein. Der Begriff der Dichte- und Verteilungsfunktion muss klar sein.
- 4) Zufallsgrößen, die mathematischen Operationen unterworfen werden, liefern wieder Zufallsgrößen, deren Verteilung überlegt werden muss.

Die hier gerafft dargestellten Punkte wurden in der Zeit vor Beginn des Projekts mit ziemlich analogen Methoden wie im Projekt selbst erarbeitet und so weit als möglich gefestigt.

Ein Problem ist natürlich die zeitliche Beschränkung auf eine relativ begrenzte Anzahl von Unterrichtseinheiten. Aus dem großen Bereich des gesamten Kapitels mussten deshalb als wesentlich erscheinende Teile ausgewählt werden. Der ursprünglich sehr breit angelegte Plan sollte in fast klassischer Weise ausgehend von Punktschätzungen über verschiedenste Intervallschätzungen zu den eigentlichen statistischen Prüfverfahren – den Parametertests – führen, in diesem Rahmen die Problematik und die Fehlerquellen der Einstichproben tests erörtern und über Differenzentests zu den parameterfreien Tests – Anpassungs-, Unabhängigkeits- und Homogenitätstests - führen. Das dabei angehäufte Material hatte allerdings bereits begonnen jeden sinnvollen Rahmen zu sprengen. Da das eigentliche Klassenziel – die erfolgreiche Matura – in keiner Weise gefährdet werden durfte, musste in der Phase der Feinabstimmung der Zeitrahmen für das Projekt auf magere 6 Wochen oder 12 Unterrichtseinheiten beschränkt werden. Damit war eine völlige Umstellung des ursprünglichen Plans notwendig. Ich entschied mich dafür, die Sache gewissermaßen von hinten aufzurollen. Den Ausgangspunkt bildeten jetzt Anpassungs- und Unabhängigkeitstests, deren Testverteilung über den Weg der Simulation motiviert werden sollte. Das eigentliche Testprinzip – die Formulierung einer Entscheidungsregel und das Problem der damit untrennbar verbundenen Fehlerquellen, sollte den Schülern via simulierter Auswertung von großen Testserien von Beginn an bewusst sein. Von den parameterfreien Tests führte der Weg zu konkreten Parametertests

und zum Problem der kleinen Stichproben. Den Schlusspunkt bildete die mathematische Modellierung und Entwicklung von Tests, nachdem der Begriff der Gütefunktion bzw. der Operationscharakteristik motiviert worden war. Damit wurde eine gewisse inhaltliche Abrundung des ganzen Projekts erreicht und wenn auch viele Punkte nicht einmal berührt werden konnten, so schien mir auf diesem Weg doch gewährleistet zu sein, dass die Schüler ein Grundverständnis der komplexen Problematik entwickeln konnten.



## 2.3 Fragestellungen

Aufbau, Struktur und die organisatorischen Elemente des vorgestellten mathcadbasierten Unterrichts sind, wie ausgeführt, das Resultat eines sich über mehrere Jahre erstreckenden Experimentierens und funktionieren praktisch reibungslos. Die Effektivität dieses Unterrichts zu messen ist nicht einfach – Versuche in die Richtung finden sich im Kapitel Evaluation. Interessant sind in diesem Zusammenhang sicherlich folgende Fragen:

- 1) Wie sehen die Schüler die Struktur dieses elektronischen Unterrichts und seiner Elemente.
- 2) Welche Schwierigkeiten bereitet die Arbeit mit dem CAS-System Mathcad ?
- 3) Wie wird die Arbeit mit der Lernplattform ClassServer angenommen?
- 4) Welchen Stellenwert hat bei dieser Unterrichtsform die Eigenaktivität der Schüler?

Bezüglich des zweiten (inhaltlichen) Aspekts ergeben sich folgende Fragestellungen:

- 1) Welchen Stellenwert haben Simulationen für das Verständnis des zugrunde liegenden Problems.

- 2) Ist es notwendig, dass die Schüler die Simulationen selbst erstellen (Zeitfrage!) und ist mit dieser Selbsterstellung ein über den programmiertechnischen Aspekt hinausgehendes Verständnis der Materie verbunden.
- 3) Ist die ebenfalls probierte Variante, dass die Schüler bei programmierten Simulationen lediglich den Programmcode interpretieren und verstehen, eine ausreichende Alternative?
- 4) Führt die Simulation ganzer Testserien und ihre programmierte Auswertung zu einem tieferen Verständnis der Testproblematik an sich.
- 5) Sind die Schüler am Ende in der Lage statistische Tests korrekt zu interpretieren und haben sie eine ausreichende und inhaltlich fundierte Skepsis gegenüber den Methoden der mathematischen Statistik erworben?

## 3 UMSETZUNG

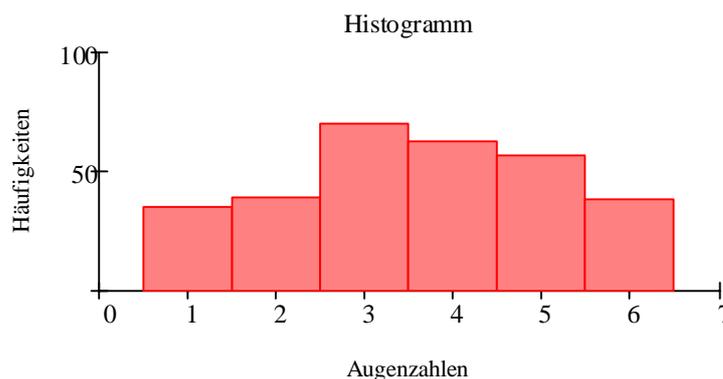
Die Umsetzung erfolgte in 6 Wochen, wobei pro Woche 2 Unterrichtseinheiten zur Verfügung standen. Der genaue Ablauf ist dem Inhaltsverzeichnis zu entnehmen. (s. Anhang: Inhaltsverzeichnis des Projekts). Das verwendete Material ist äußerst umfangreich. Die ausgearbeiteten Lehrerdateien umfassen über 70 Seiten und können klarerweise im Rahmen dieser Darstellung nicht ausgebreitet werden.

Um dennoch eine Vorstellung von Ablauf und Aufbau zu bekommen, soll in kompakter Form die Grundidee, soweit sie realisiert werden konnte, dargestellt werden.

### 3.1 Einstieg

Grundsätzlich erfolgt in jedem Abschnitt der Einstieg stets über eine motivierende Problemstellung. Diese ist der Ausgangspunkt für die Entfaltung der Thematik. Im Idealfall sollte der theoretische Hintergrund bzw. die Verallgemeinerung der Problemstellung gewissermaßen wie von selbst ins Spiel kommen.

Im konkreten Fall hat man das Ergebnis eines Würfelexperimentes vor Augen und soll darüber nachdenken, wie das Ergebnis dieses Experiments mit mathematischen Methoden analysiert werden könnte.



Die vorliegenden Daten lassen stark daran zweifeln, dass ein derartiges Ergebnis zustande kommt, wenn alle Seiten des Würfels mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten.

### 3.2 Entwicklung einer Lösungsstrategie

Die Untersuchungs idee ist zwar vorbereitet wird aber in einer Diskussion mit den Schülern entwickelt. Sie ist auch sehr einleuchtend. Man vergleicht einfach die tatsächlichen mit den erwarteten Ergebnissen, tabelliert das Ganze, quadriert die Differenzen, um negative Werte auszuschalten und gewichtet die Quadrate mit den Erwartungswerten. Zur Tabellierung wird aus Übersichtsgründen jeweils Excel eingesetzt. Mathcad und Excel können relativ problemlos miteinander kommunizieren, d.h. Daten ein- und auslesen.

Die Frage ist, wie der Zahlenwert in der gelben Tabellenzelle, der gewissermaßen ein Konzentrat der vorliegenden Stichprobendaten ist, bewertet werden soll. Klar ist, dass eine „kleine“ Zahl die Annahme der Gleichverteilung stützt und eine „große“

Zahl an dieser Annahme zweifeln lässt und ebenso klar ist, dass es sich um eine Zufallsgröße handelt, die aus einer Summe von Zufallsgrößen entsteht, die quadriert werden.

Prüfzahl<sub>a</sub> :=

Klasse	beobachtete Häufigkeit	theoretische Wahrscheinlichkeit	theoretischer Erwartungswert	Differenz Theorie Beobachtung	(Differenz) <sup>2</sup> / Erwartungswert
1	35	1/6	50.00	15.00	4.5
2	39	1/6	50.00	11.00	2.42
3	70	1/6	50.00	-20.00	8
4	62	1/6	50.00	-12.00	2.88
5	56	1/6	50.00	-6.00	0.72
6	38	1/6	50.00	12.00	2.88
	300	1	300.00	0.00	21.4

$W^{(1)}$

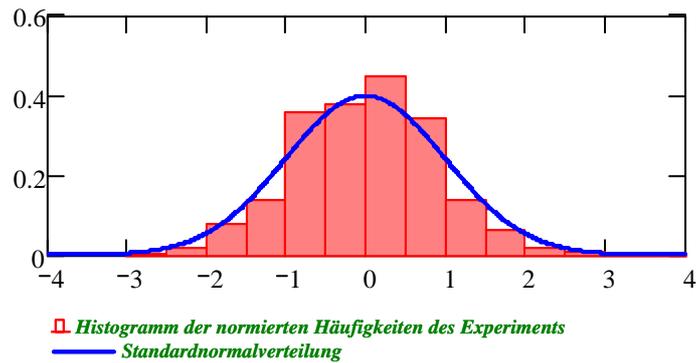
Diesen Zufallszahlen wird nun mittels Simulation auf den Leib gerückt. D.h. es wird ein kleines Programm geschrieben, das die eben besprochene Vorgangsweise einfach „sehr oft“ durchführt, die Ergebnisse protokolliert und vor allem grafisch veranschaulicht.

```

Expz :=
  for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 5
      B(j) ← hist(6, floor(runif(n, 1, 7)))
      Pj,i ←  $\frac{B_{j,i} - n \cdot \frac{1}{6}}{\sqrt{\frac{n}{6}}}$ 
    P
  
```

Dieses Programm kann, muss aber nicht von den Schülern selbst entwickelt werden. Zu allererst werden die Wurzeln der letzten Spalte – die entstehenden Zufallszahlen – analysiert.

Es werden  $n = 300$  Würfe durchgeführt. Das Experiment wird  $N = 100$  mal wiederholt und die Ergebnisse werden in Form eines Histogramm dargestellt.

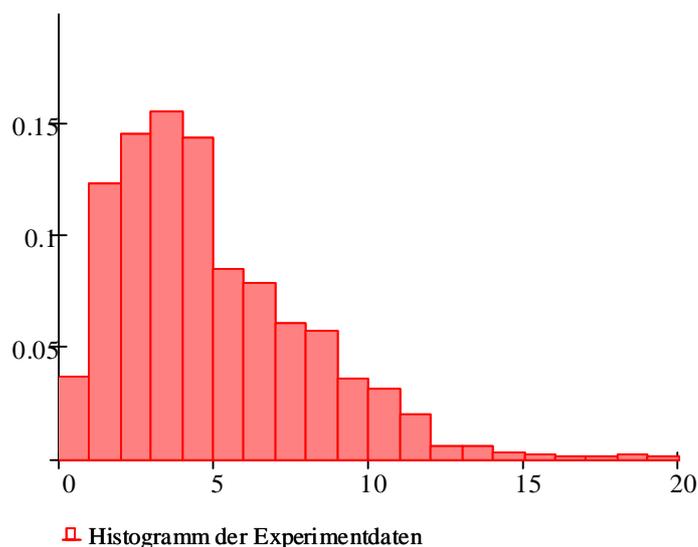


Als durchaus überraschendes Ergebnis zeigt sich, dass die entstehenden Zufallsgrößen approximativ standardnormalverteilt aussehen.

Nun wird mit der gleichen Methode die Testgröße – das ominöse Konzentrat der Tabelle - selbst einer Untersuchung unterzogen. Wieder kann die Programmierung den Schülern selbst überlassen werden oder man stellt ihnen das fertige Programm zur Verfügung.

Die entstehende Häufigkeitsverteilung liefert ein Bild, das von vornherein alle bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Dichtefunktionen als approximierende Verteilungen ausschließt.

Es werden  $n = 150$  gleichverteilte Pseudozufallszahlen von 1 bis 6 erzeugt. Das Experiment wird  $N = 1000$  mal wiederholt. Von den gewonnenen Daten werden die so genannten Chi-Quadratprüfwerte berechnet und ihre normierten Häufigkeiten in einem Histogramm dargestellt.



Was hier natürlich möglich wäre – im Projekt jedoch auch aus Zeitgründen nicht durchgeführt wurde – wäre das experimentelle Einpassen einer Kurvenform und ihre näherungsweise Normierung. Also ein rechnerunterstütztes Herantasten an die Lösung, die Karl Pearson 1900 für dieses Problem auf ähnliche Weise fand.

### 3.3 Der mathematische Hintergrund

Nun muss die Trickkiste der Mathematik geöffnet und die von Karl Pearson 1900 entwickelte Chiquadrat-Verteilung eingeführt werden.

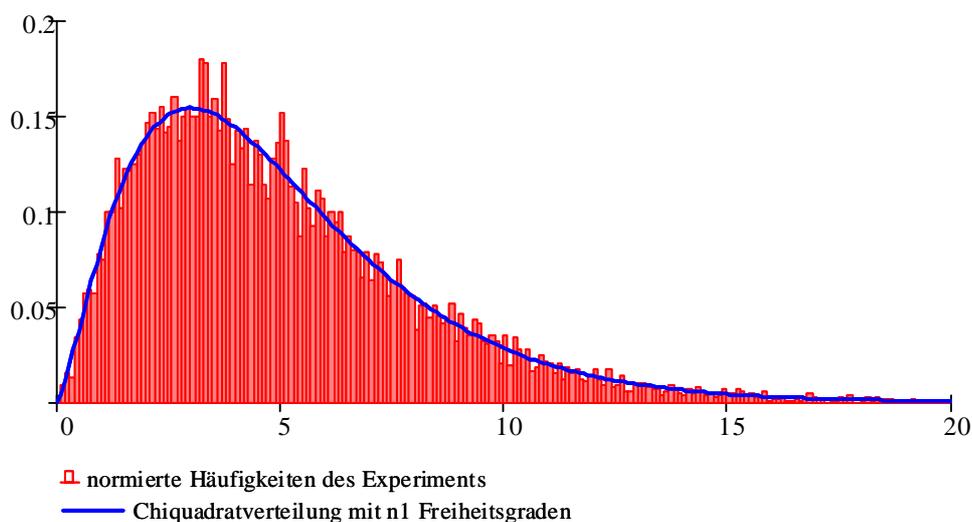
Doch auch hier lässt sich mittels Simulation ihre Definition veranschaulichen:

Aus  $n$  stochastisch unabhängigen Zufallsvariablen, die alle der **standardisierten** Normalverteilung genügen, wird durch Quadrieren und anschließendes Aufsummieren eine neue Zufallsvariable gebildet.

$$X^2 = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2$$

Anzahl der Zufallsgrößen:  $n_1 := 5$

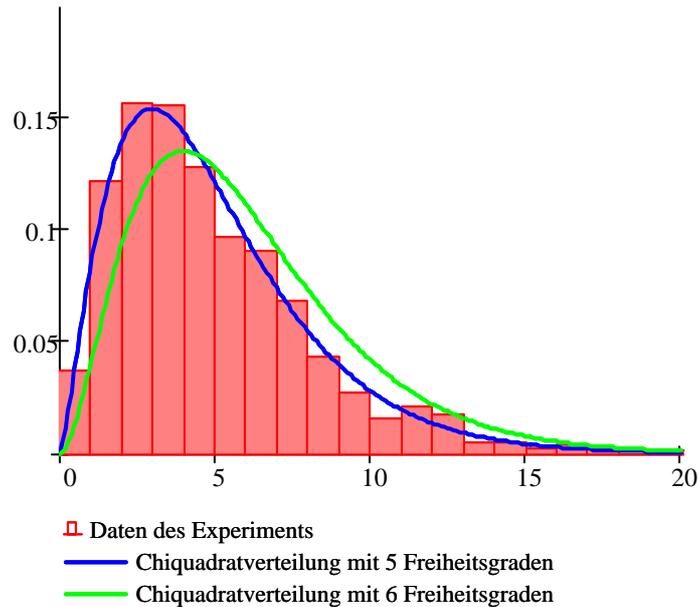
Anzahl der "Stichproben":  $N := 10000$



Das entscheidende ist, dass diese Prüfverteilung jetzt genauso auftritt, wie sie entwickelt wurde. Sie ist eine konstruierte Verteilung, die eben genau zur Beschreibung jener Zufallsgrößen entwickelt wurde, die dem Einstiegsproblem entsprechen. Neben den Eigenschaften der Verteilung und vor allem ihrem eigenartigen Parameter – den so genannten Freiheitsgraden – können mit Mathcad auch die Elemente dieser Konstruktion – d.h. das Aufsuchen der passenden Kurvenform und ihre mühsame Normierung – bei entsprechendem Zeitaufwand – nachvollzogen werden.

Überträgt man das Ergebnis auf das zugrunde liegende Zufallsexperiment bzw. auf den Test der Daten, so wird der Charakter des Verteilungsparameters deutlich. Hier ist zu bemerken, dass es zu keiner Diskussion von statischen Grafiken kommt, sondern dass die Schüler diese Simulationen selbst und zwar wiederholt auf den eigenen Rechnern durchführen und teilweise auch selbst programmieren, was für den Eindruck und das Verständnis der Ergebnisse von großer Bedeutung ist.

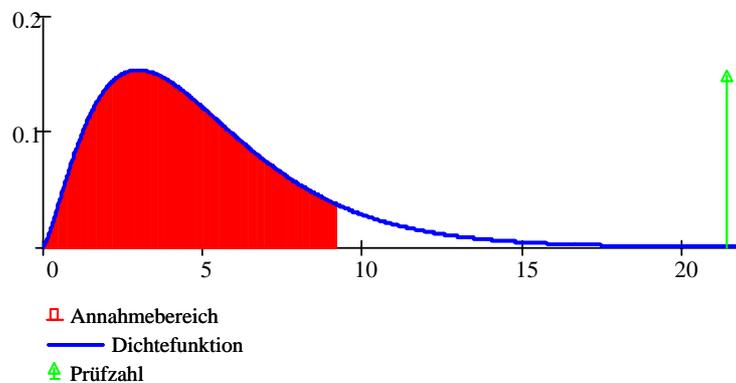
Es werden  $n = 250$  gleichverteilte Pseudozufallszahlen von 1 bis 6 erzeugt. Das Experiment wird  $N = 1000$  mal wiederholt. Von den gewonnenen Daten werden die Chiquadratprüfwerte berechnet und ihre relativen Häufigkeiten in einem Histogramm dargestellt.



In der Tabelle werden zwar 6 Zufallsgrößen addiert, doch die Simulation zeigt deutlich, dass nur die Chi-Quadrat-Verteilung mit 5 Freiheitsgraden zu einer passenden Approximation führt. Damit lässt sich auch der Begriff der Freiheitsgrade – dieser Wahlmöglichkeit mit Einschränkungen – mittels Diskussion und Experiment motivieren.

### 3.4 Die vorläufige Lösung

Nun kann das Ausgangsbeispiel einer relativ einfachen Lösung zugeführt werden. Es ist nur noch notwendig eine sinnvolle Entscheidungsregel anzugeben und man hält ein praktikables Instrument in der Hand, derartige Probleme einer Lösung zu zuführen. Für das Ausgangsbeispiel ergibt sich die grafisch veranschaulichte Lösung – d.h. man kann beim gegenwärtigen Stand des Wissens mit großer Sicherheit davon ausgehen, dass beim untersuchten Würfel die Annahme der Gleichwahrscheinlichkeit seiner Augenzahlen nicht gegeben ist. Der mathematische Formalismus der Lösungsstrategie, gewissermaßen das portierbare Rezept, fällt dabei als leicht motivierbares Nebenergebnis ab.



Die zuvor verwendeten Simulationen können auch noch für die Bestätigung des Ergebnisses verwendet werden und verdeutlichen zugleich den Begriff des Signifikanzniveaus.

Es werden  $n = 250$  gleichverteilte Pseudozufallszahlen von 1 bis 6 erzeugt. Das Experiment wird  $N = 1000$  mal wiederholt. Von den gewonnenen Daten werden die Chi-Quadratprüfwerte berechnet. Für jede Wiederholung wird ein Test auf dem Signifikanzniveau von  $\alpha = 10\%$  durchgeführt. Dabei liefert der Test folgende Entscheidung:  
Die Annahme, dass eine Gleichverteilung der Ergebnisse vorliegt, wird in  $E1 = 90.4\%$  der Fälle bestätigt.

In  $E2 = 9.6\%$  der Fälle wird das Vorliegen einer Gleichverteilung abgelehnt.

Ändert man das Signifikanzniveau, so kommt es zu einer entsprechenden Anpassung des Simulationsergebnisses.

Es werden  $n = 250$  gleichverteilte Pseudozufallszahlen von 1 bis 6 erzeugt. Das Experiment wird  $N = 1000$  mal wiederholt. Von den gewonnenen Daten werden die Chi-Quadratprüfwerte berechnet. Für jede Wiederholung wird ein Test auf dem Signifikanzniveau von  $\alpha = 5\%$  durchgeführt. Dabei liefert der Test folgende Entscheidung:  
Die Annahme, dass eine Gleichverteilung der Ergebnisse vorliegt, wird in  $E1 = 95.7\%$  der Fälle bestätigt.

In  $E2 = 4.3\%$  der Fälle wird das Vorliegen einer Gleichverteilung abgelehnt.

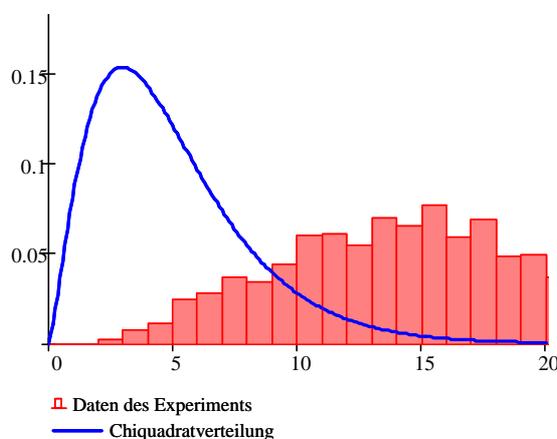
Damit ergibt sich eine wesentliche Schlussfolgerung bzgl. der Testinterpretation. Wenn die Grundannahme (die so genannte Nullhypothese) tatsächlich zutrifft, so gibt uns das Signifikanzniveau darüber Auskunft, wie häufig Fehlentscheidungen in der Einschätzung des Datenmaterials getätigt werden, d. h. in welchem Ausmaß zufällige Abweichungen fälschlicherweise als systematische bewertet werden.

### 3.5 Das Problem der „Fehldiagnosen“

Wie gut ist aber der Test, wenn diese Annahme nicht zutrifft – was im Allgemeinen dem Datenmaterial ja nicht ansehbar ist.

Dazu ist es jetzt lediglich notwendig die Simulation entsprechend zu manipulieren.

Die Augenzahl 6 wird manipuliert, es zeigt sich sofort, dass die normierten Häufigkeiten nicht mehr durch die entsprechende Chi-Quadrat-Verteilung approximiert werden.



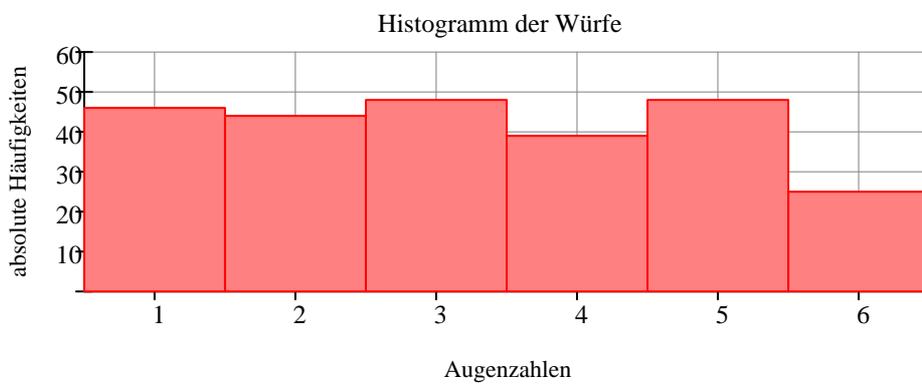
Nur – der Tester weiß das natürlich nicht und führt den Test entsprechend den entwickelten Formalismen durch. Für eine ganze Testserie unter diesen Bedingungen ergibt sich folgendes Resultat:

Es werden  $n = 250$  gleichverteilte Pseudozufallszahlen von 1 bis 6 erzeugt. Das Experiment wird  $N = 1000$  mal wiederholt. Von den gewonnenen Daten werden die Chi-Quadratprüfwerte berechnet. Für jede Wiederholung wird ein Test auf dem Signifikanzniveau von  $\alpha = 10\%$  durchgeführt. Dabei liefert der Test folgende Entscheidung:  
 Die Annahme, dass eine Gleichverteilung der Ergebnisse vorliegt, wird in  $E1 = 15.4\%$  der Fälle bestätigt.

In  $E2 = 84.6\%$  der Fälle wird das Vorliegen einer Gleichverteilung abgelehnt.

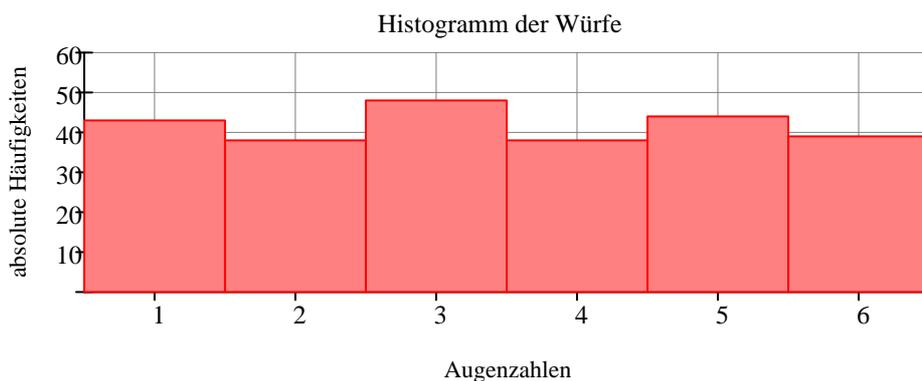
Das Ergebnis scheint relativ beruhigend zu sein. In ca. 85% der Fälle erkennt der Test den manipulierten Würfel. Die Simulationsergebnisse zeigen aber, dass die entstehenden Zustimmungs- bzw. Ablehnungsraten in keinem direkten Zusammenhang zum Signifikanzniveau stehen.

Zudem war die Manipulation „extrem“ – wie die Auswahl eines einzigen Wurfresultates zeigt.



Was passiert, wenn die Manipulation nicht so augenfällig ausfällt?

Wieder wird die Augenzahl 6 manipuliert, allerdings geringfügig. Mit freiem Auge ist diese Manipulation nicht zu erkennen. Wie reagiert der Test darauf?



Es werden  $n = 250$  gleichverteilte Pseudozufallszahlen von 1 bis 6 erzeugt. Das Experiment wird  $N = 1000$  mal wiederholt. Von den gewonnenen Daten werden die Chi-Quadratprüfwerte berechnet. Für jede Wiederholung wird ein Test auf dem Signifikanzniveau von  $\alpha = 10\%$  durchgeführt. Dabei liefert der Test folgende Entscheidung:

Die Annahme, dass eine Gleichverteilung der Ergebnisse vorliegt, wird in  $E1 = 79.6\%$  der Fälle bestätigt.

In  $E2 = 20.4\%$  der Fälle wird das Vorliegen einer Gleichverteilung abgelehnt.

Jetzt wird das Dilemma offensichtlich. Der Test führt bei einer geringfügigen Manipulation des Würfels in ca. 80% der Fälle zu einer Fehlentscheidung! Auch wenn die Experimente wiederholt und die Parameter variiert werden, ändert sich am Wesen der Ergebnisse nichts Entscheidendes.

Man hat etwas vor sich, was man gewissermaßen die Unschärferelation der beurteilenden Statistik nennen könnte. Sie liefert sehr zuverlässige Ergebnisse überall dort, wo sie fast den Charakter eines Sports hat, den man ausüben kann, aber glücklicherweise nicht muss. Immer dann, wenn die mathematische Entscheidung wichtig wird, weil die Entscheidung mit freiem Auge – also eine sinnvolle intuitive Entscheidung - nicht möglich ist, zeigt auch die mathematische Methode Schwächen, an denen zwar gearbeitet werden kann, die jedoch nicht endgültig beseitigt werden können.

Das Verständnis für dieses Problem in unterschiedlichen Anwendungszusammenhängen zu wecken ist das eigentliche Thema des Projekts. Den Schlusspunkt setzte denn auch die Auseinandersetzung mit der Gütefunktion bzw. der Operationscharakteristik und damit mit der Entwicklung von Testverfahren, die diese Aspekte berücksichtigen.

## 4 EVALUATION

### 4.1 Vorbemerkung

Die Evaluation zerfällt in mehrere getrennte Teile. Zuerst wird die Entwicklung der schriftlichen Leistungen über mehrere Etappen betrachtet.

In der Folge werden die Ergebnisse einer Schülerdiskussion am Ende des Projekts kurz vorgestellt und im Weiteren wird die Auswertung eines Fragebogens durchgeführt, dessen Fragestellungen im Anhang nachgelesen werden können.

Was ich im Nachhinein bedauere, ist, dass ich keinen neutralen Unterrichtsbeobachter eingebunden habe, der die Abläufe und Dynamiken während des Unterrichts hätte beobachten und dokumentieren können.

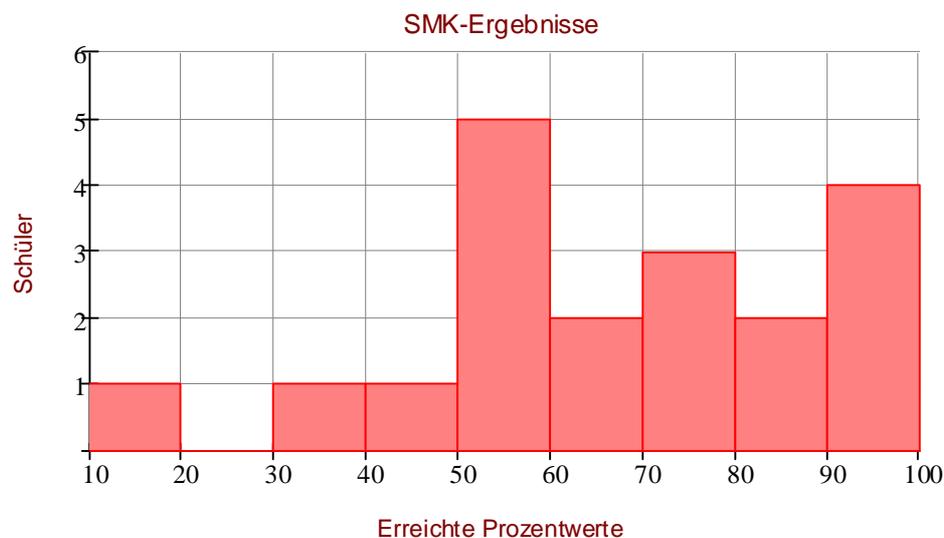
### 4.2 Leistungskontrolle

Die Leistungskontrolle ist m. E. ein wesentliches Kommunikationsmittel zwischen Lehrer und Schüler und zudem ein nicht zu unterschätzendes Unterrichtskorrektiv. Die Analyse von Leistungsergebnissen kann durch andere Evaluationsmethoden lediglich ergänzt, nicht aber ersetzt werden. Wissenstransfer ist nicht der einzige aber ein wesentlicher Sinn von Schule und ob dieser funktioniert oder nicht, kann durch Methoden, die wesentlich auf subjektive Befindlichkeitsanalysen und folgenlose Selbsteinschätzungen bauen, nicht festgestellt werden.

#### 4.2.1 Schriftliche Mitarbeitskontrolle

Diese schriftliche Überprüfung erfolgte im ersten Drittel des Projekts und erbrachte ein relativ schlechtes Ergebnis.

Die Schüler mussten vorgegebenes Datenmaterial in Mathcad einlesen, es grafisch veranschaulichen und mit einer vermuteten spezifischen Verteilung (Poissonverteilung) vergleichen und in der Folge einen spezifischen Anpassungstest durchführen.



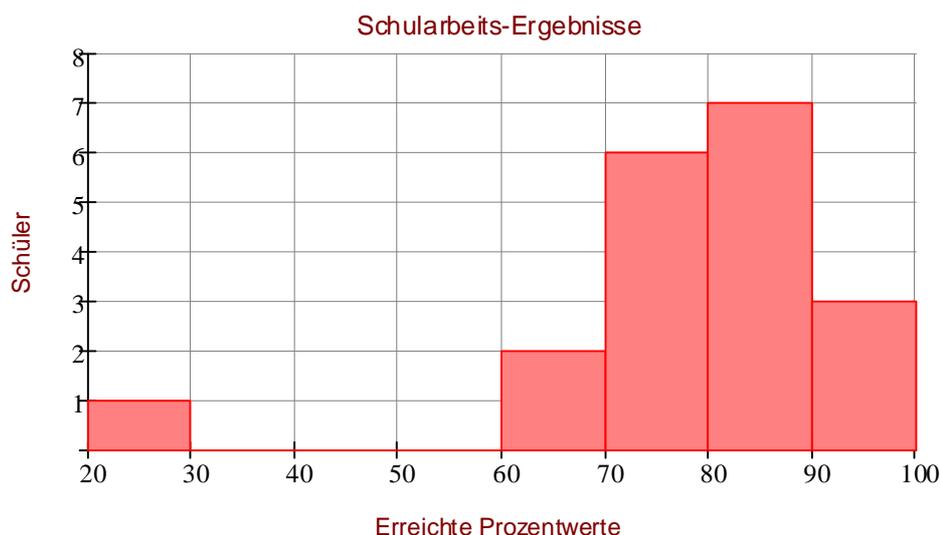
8 von 19 Schülern blieben unter 60%. Die Analyse der Ergebnisse zeigte schnell die Ursache des Desasters. Zwar war eigentlich allen klar, nach welchen Prinzipien ein Anpassungstest durchzuführen ist, doch waren viele versucht, die Lösung zu sche-

matisch an bereits behandelte Probleme anzupassen und auffällige Unterschiede zu ignorieren. Einige eher schlecht vorbereitete Schüler versuchten eine Aufgabe aus dem Bereich der Normalverteilung einfach mittels entsprechender Ausbesserungen („copy and paste“) zu adaptieren, was ziemlich misslang. Anderen war der Unterschied zwischen einem spezifischen und einem unspezifischen Anpassungstest einfach entgangen.

Das Ergebnis war die Basis einer ausführlichen Diskussion über die Herangehensweise an derartige Problemstellungen und in welchen Bereichen besondere Sorgfalt angebracht ist. Nicht zuletzt das Thema „Copy and Paste“ kam einmal mehr ausführlich zur Sprache. Es zeigte sich wieder, dass gerade schwächere bzw. schlecht vorbereitete Schüler, die sich von dieser scheinbar mühelosen Art der „Problemlösung“ fast magisch angezogen fühlen, de facto mit dieser „Lösungsstrategie“ einfach überfordert sind. Während ich ursprünglich die Verwendung des Unterrichtsmaterials bei Leistungskontrollen in Notebookklassen generell gestattet habe, haben mich gerade Ergebnisse dieser Art dazu bewogen, dies weitgehend einzuschränken. Ein striktes Unterbinden ist bei der Arbeit mit einem Laptop allerdings kaum möglich und auch nicht sinnvoll.

## 4.2.2 Schularbeit

Einige Wochen nach Beendigung des Projekts fand die letzte Schularbeit statt, deren Inhalt zu 2 Dritteln (2 von 3 Aufgabenstellungen) vom Stoff des Projekts geprägt war. Obwohl die Anforderungen die der SMK um vieles überstiegen, zeigte sich bereits eine deutliche Verbesserung. In dem hier verwerteten Aufgabenteil (Aufgabenstellungen s. Anhang) gab es nur noch einen Schüler, der ein (allerdings deutliches) Ergebnis unter 60% lieferte. Mehr als die Hälfte konnten Ergebnisse von über 80% vorweisen.

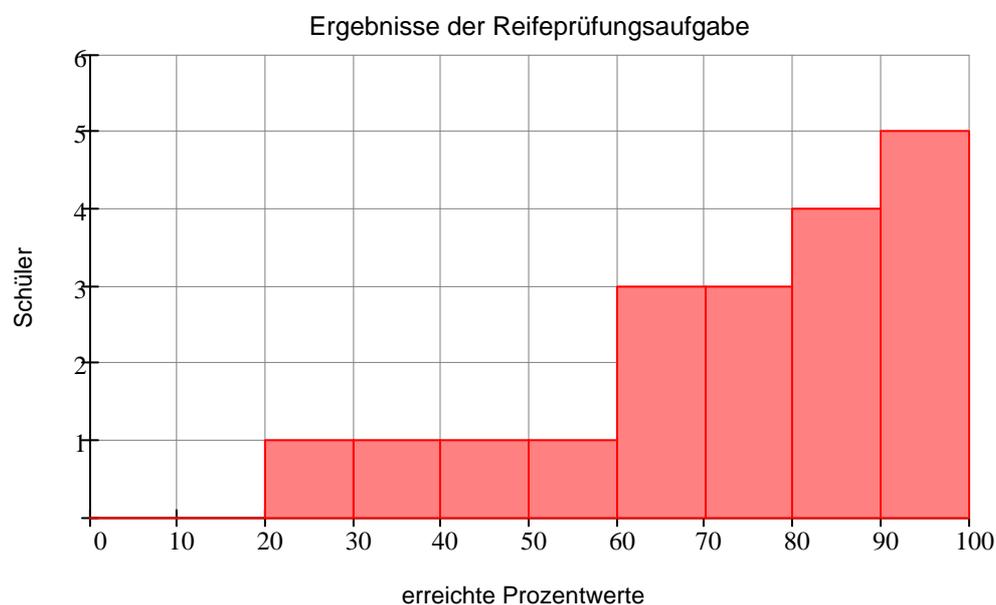


Trotzdem zeigte sich, dass es einige Unklarheiten gab, vor allem was den Unterschied zwischen Gütefunktion und Operationscharakteristik betraf. Es zeigte sich, dass der von mir gewählte Zugang zum Thema, der über mehrere unterschiedliche Wege führte und verschiedene Interpretationsansätze liefert, letztlich mehr Verwir-

rung als Klarheit brachte, auch wenn die Diskussionen im Unterricht das Gegenteil suggeriert hatten.

### 4.2.3 Schriftliche Diplom- und Reifeprüfung

Im Rahmen der schriftlichen Diplom- und Reifeprüfung im Fach „Angewandte Mathematik und Fachtheorie“ – im Unterschied zu einer AHS-Matura ein Gemeinschaftsprojekt zwischen Mathematikern und Fachtheoretikern – war eine Aufgabe mit einem Gesamtbewertungsumfang von 25% dem Inhalt des Projekts zuzuordnen. Der Text der Aufgabe ist dem Anhang zu entnehmen.



Die Grafik zeigt, dass 9 von 19 Schülern im Bereich dieser Aufgabenstellung mehr als 80% Prozent erreichten, obwohl die Anforderungen der Gesamtarbeit alles andere als einfach waren und von den Schülern ein sehr überlegter Umgang mit den Zeitressourcen gefordert war.

Die nach wie vor vorhandenen mangelhaften Leistungen könnten ihre Ursache - abgesehen von der schlechtesten Leistung - wohl in einem gewissen Versagen in der Stresssituation dieser Prüfung und in der zeitlichen Konzentration auf andere Aufgabenstellungen haben.

## 4.3 Schülerdiskussion

Die Schülerdiskussion über das Projekt unmittelbar nach Abschluss desselben brachte eigentlich nur wenig verwertbare Resultate. Ausschlaggebend dafür war meiner Meinung nach eine mangelnde Vorbereitung von meiner Seite. Die Vorstel-

lung, dass ohne klare Strukturvorgaben von Seiten des Lehrers gewissermaßen spontane Schüleräußerungen interessante Schlaglichter auf den Ablauf des Projekts werfen würden, erfüllte sich eigentlich nicht.

Zwar bestätigte sich meine Meinung, dass das Projekt als solches kaum besonders registriert wurde, da sich Ablauf und Organisation des Unterrichts nicht wesentlich vom sonstigen Unterricht unterschied. Außerdem gab es einige Äußerungen zum Inhalt, die durchaus Interesse zum Ausdruck brachten. Ziemlich einhellig war die Meinung, dass eine Bearbeitung der Thematik ohne das CAS-System Mathcad bzw. ohne Verwendung von Simulationen für die meisten schwer vorstellbar sei, doch damit ist der Inhalt der Veranstaltung schon umrissen. Soweit sich Ansätze von Kritik zeigten, betraf dies die Fülle und die Komplexität der Materie, sowie das phasenweise zu hohe Tempo bei der Erarbeitung der Inhalte.

## 4.4 Evaluationsfragebogen

Dieser Fragebogen lieferte deutlich mehr verwertbare Ergebnisse als die Diskussion, auch wenn nicht jeder Schüler mit der notwendigen Ernsthaftigkeit an die Sache heranging.

Was den organisatorischen Aspekt des Unterrichts betrifft, wurde die Arbeit mit Mathcad von allen als relativ einfach bzw. gewöhnungsbedürftig eingestuft. Während die große Mehrheit der Meinung ist, dass das Arbeiten mit Mathcad das nachvollziehen mathematischer Zusammenhänge vereinfacht, bleibt doch Skepsis. Denn zugleich glaubt eine Mehrheit, dass Mathcad zwar Problemlösungen vereinfacht, doch dass dabei das Verständnis auf der Strecke bleibt. Ein wesentlicher Teil dieser Skepsis wurzelt meiner Meinung nach in der nach wie vor dominierenden Vorstellung, dass Mathematik vor allem als sicheres Operieren mit trainierten Algorithmen gesehen wird und dies ist beim Arbeiten mit einem CAS-System natürlich zweitrangig.

Die Arbeit mit der Lernplattform Class Server wurde ebenfalls als problemlos bzw. hilfreich bewertet. Nur ein einziger Schüler würde lieber Hausübungen ausdrucken, als sie über den Class Server abzuwickeln.

Die inhaltliche Struktur wurde von praktisch allen als übersichtlich, gut strukturiert bzw. nachvollziehbar eingestuft. Den Umfang der Files fanden fast alle passend, die Textpassagen wurden von einer deutlichen Mehrheit als hilfreich gesehen und die überwiegende Mehrheit sah keinen Grund an diesem Aspekt Veränderungen vorzunehmen. Das Inhaltsverzeichnis wird zwar von der Mehrheit als sinnvoll bzw. nützlich betrachtet, aber ebenfalls von einer Mehrheit selten oder nie verwendet.

Das Unterrichtstempo wurde als passend bis hoch bewertet, während fast die Hälfte für mehr Übungsaufgaben votierte. Die Zeit, die für eigene Aktivitäten zur Verfügung stand, wurde von einer deutlichen Mehrheit als ausreichend gesehen, die Diskussionen über Ergebnisse und Schlussfolgerungen wurden ähnlich gewertet.

Der prozentuelle Schätzwert für das Verhältnis von Lehrer- und Schüleraktivität gibt allerdings sehr zu denken. Denn hier gab es nicht nur kein einheitliches Ergebnis, die Werte streuten von 90%:10% bis 60%:40%. Es zeigt deutlich, dass der von mir praktizierte Unterricht noch sehr, teilweise wahrscheinlich noch zu sehr lehrerzentriert ist. Dies zeigte sich auch in den Änderungs- bzw. Verbesserungsvorschlägen, wo sich zwar nur eine kleine Minderheit äußerte, diese aber fast einhellig für mehr Schüleraktivität plädierte. Mit ein Grund für dieses Ergebnis ist der Zeitdruck unter dem das Projekt abgewickelt wurde. Aus verschiedensten Gründen wollte ich den einmal fest-

gelegten Zeitrahmen auf keinen Fall sprengen. Gerade diese Form des Unterrichts gibt dem Lehrer große Steuerungsmöglichkeiten bzw. fast jederzeit die Möglichkeit das Unterrichtsgeschehen zwecks Straffung in seiner Hand zu konzentrieren – was nicht unbedingt immer ein Vorteil ist.

Bezüglich der Simulationen war das Ergebnis eindeutig. Fast alle sahen in der Simulation der Zufallsprozesse eine entscheidende Verständnishilfe und das Selbsterstellen dieser Simulationen wurde als hilfreich für das Verständnis des mathematischen Hintergrunds gesehen.

Doch konnten sich auch mehr als die Hälfte vorstellen, mit fertigen Simulationen zu experimentieren. Ob das Programmieren der Simulationen vom eigentlichen Thema ablenkt teilt die Klasse. Während die eine Hälfte glaubt, dass dies der Fall sei, ist die andere Hälfte der gegenteiligen Meinung. Ähnlich verhält es sich mit der Frage, ob mehr Zeit für die Programmierung aufgewendet werden sollte. Diese Uneinheitlichkeit zeigt, dass die Frage, ob die Programmierung in den Mathematikunterricht verstärkt einfließen sollte oder nicht, auf diese Weise nicht entschieden werden kann. Programmiertechnisch versierte Schüler empfinden bloß rezeptive Einheiten als unbefriedigend und wollen die Problemstellungen selbst durchdringen. Für bloß ergebnisorientierte ist dieser Aufwand einfach lästig. Letztendlich muss der Lehrer die Entscheidung treffen, wie viel Zeit er für programmiertechnische Probleme erübrigen kann.

Die resümierenden Fragen zum Projekt sind teilweise ernüchternd. Das Interesse für Probleme des statistischen Testens wurde zwar lediglich bei vier Schülern kaum bzw. gar nicht geweckt, doch die überwiegende Mehrheit beurteilte das Interesse an der Thematik durchaus zurückhaltend. Dass die Aufgabenstellungen anwendungsorientiert waren, wurde von fast allen gesehen und ebenso klar war für fast alle, dass das Projekt das Verständnis der behandelten Materie gefördert hat.

Positiv würde ich werten, dass die überwiegende Mehrheit statistischen Tests einerseits mit mehr Skepsis andererseits aber auch mit mehr Verständnis begegnet.

## 5 RESÜMEE

Trotz der in der Evaluation angesprochenen Probleme ist für mich das Gesamtresümee durchaus positiv. Der Hauptzweck – die Demonstration eines ausschließlich auf einem CAS-System basierenden Mathematikunterrichts – kann als gelungen betrachtet werden. Dies betrifft die Unterrichtsorganisation, den Aufbau und den Ablauf.

Auch die Ergebnisse des Unterrichts sind durchaus akzeptabel. Klar ist, dass ein vergleichbares Resultat eventuell auch mit der sonst üblichen Abrakadabramethode und dem zur Verfügung Stellen von Verteilungstabellen erreicht werden kann. Abgesehen davon, dass dieser Unterricht nur zu oft bloßes Rezeptanwenden trainiert, muss festgestellt werden, dass die Schüler einer Notebookklasse neben dem fachspezifischen Aspekt noch eines lernen, was ihren Altersgenossen in anderen Schulen in diesem Ausmaß verwehrt bleibt – den nahezu perfekten Umgang mit einem Arbeitsinstrument, das in Berufen, für die sie vorbereitet werden, bereits heute unverzichtbar ist. Zudem beherrschen sie den Umgang mit einem CAS-System, das ja primär im Unternehmensbereich eingesetzt wird. Und wer sich an den Umgang mit einem CAS-System gewöhnt hat, hat grundsätzlich keine Schwierigkeiten sich einem anderen anzupassen, genauso wie jemand, der die Grundzüge der objektorientierten Programmierung anhand einer Sprache lernt, im Normalfall kein ernsthaftes Problem hat zu einer anderen zu wechseln. Im Bereich innovativer technischer Entwicklungen ist ein Arbeiten ohne derartige Systeme ohnehin nicht mehr vorstellbar.

Negativ hat sich vor allem der Zeitdruck ausgewirkt, den ich mir bis zu einem gewissen Grad selbst auferlegt habe. Doch nur so kann ein realistisches Projekt, das potentiell Teil eines Standardunterrichts werden könnte, durchgeführt werden. Der Zeitdruck führt natürlich verstärkt dazu, dass der Lehrer das Unterrichtsgeschehen in die Hand nimmt, und Experimentier-, Entdeckungs- und Übungsphasen zu kurz kommen, wie in der Evaluation zu Recht bemängelt.

Mein Verhältnis zum MNI-Fonds hat sich im Laufe des Projekts stark gewandelt. Nach dem Besuch des Innovationstags bzw. der Anfangsveranstaltung war – um es euphemistisch auszudrücken – meine Frustration riesig. Mit den teilweise antiquiert präsentierten Projekten des Vorjahres konnte ich wenig anfangen. Von den Inhalten der anderen eingereichten Projekte in der Schwerpunktgruppe hatte ich nichts gesehen und eine so vage Vorstellung, dass ich im Nachhinein so gut wie nichts darüber sagen konnte. Meinen Laptop, auf dem ich meine Vorstellungen schon relativ konkret vorbereitet hatte, hatte ich völlig umsonst mitgeschleppt, niemand war daran interessiert auch nur irgendetwas zu sehen.

Doch das Schwerpunkttreffen hat diesen Eindruck deutlich korrigiert. Hier gab es eine Menge anregender Diskussionen und teilweise wenigstens endlich den wirklich interessanten Einblick in die Arbeit der anderen.

Doch was ich heute am positivsten sehe, ist, dass die Teilnahme an einem solchen Projekt dazu zwingt, den eigenen Unterricht genau zu reflektieren und zu durchdenken. Auch wenn ich nicht ohne Grund glaube, dass diesen Bericht wahrscheinlich nur diejenigen lesen werden, die ihn lesen müssen – und bei denen will ich mich hier wirklich bedanken – hat sich deswegen die Arbeit gelohnt.

## 6 LITERATUR

Der im Folgenden angeführten Literatur verdanke ich in unterschiedlichem Ausmaß Anregungen was Aufbau und Inhalt des Projekts betrifft. Neben einer Fülle von interessanten Beispielen enthalten sie auch viel Hintergrundinformation, die auf die eine oder andere Weise in den Unterricht einfließt.

ANDERSON, Oskar u. a. (1997). Schätzen und Testen. Eine Einführung in Wahrscheinlichkeitsrechnung und schließende Statistik. 2.Auflage Berlin: Springer

BEICHELT, Frank (1995). Stochastik für Ingenieure. Stuttgart: B. G. Teubner

BEICHELT, Frank(1997). Stochastische Prozesse für Ingenieure. Stuttgart: B. G. Teubner

BENKER, Hans (2001). Statistik mit MATHCAD und MATLAB. Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Berlin: Springer

DUBBEN, Hans-Hermann, Hans-Peter Beck-Bornholdt (2005). Mit an Wahrscheinlichkeit grenzender Sicherheit. Logisches Denken und Zufall. Hamburg: Rowohlt

ENGEL, Arthur (1973). Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik (2 Bände). Stuttgart: Ernst Klett

ESTEP, Donald (2005). Angewandte Analysis in einer Unbekannten. Berlin: Springer

FAHRMEIR, Ludwig e. a. (2004). Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. 5. verbesserte Auflage. Berlin: Springer

FAHRMEIR, Ludwig e. a. (2005). Arbeitsbuch Statistik. 4.Auflage Berlin: Springer

FISCHER, Gerd (2005). Stochastik einmal anders. Stuttgart: Vieweg

GIGERENZER, Gerd u. a.(1999). Das Reich des Zufalls. Wissen zwischen Wahrscheinlichkeiten, Häufigkeiten und Unschärfen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

GIGERENZER, Gerd (2004). Das Einmaleins der Skepsis. Über den richtigen Umgang mit Zahlen und Risiken. Berlin: Berliner Taschenbuchverlag

GNEDENKO, B. W.(1997). Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitstheorie. 10.,korrigierte Auflage. Frankfurt : Verlag Harri Deutsch

HÄGGSTRÖM, Olle (2005). Streifzüge durch die Wahrscheinlichkeitstheorie. Berlin: Springer

HESSE, Christian; Alexander Meister(2005): Übungsbuch zur angewandten Wahrscheinlichkeitstheorie. Aufgaben und Lösungen. Stuttgart: Vieweg

KENNEDY, Gavin (1993). Einladung zur Statistik. 2. durchgesehene Auflage. Frankfurt/Main: Campus Verlag

KRÄMER, Walter (2001). So lügt man mit Statistik. 2.Auflage München: Piper

LEUPOLD, Wilhelm u. a. (1995). Mathematik – ein Studienbuch für Ingenieure. Band 2. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig Köln

MONKA, Michael; Werner VOß (2002). Statistik am PC. Lösungen mit Excel. (3.,überarbeitete und aktualisierte Auflage).Wien: Hanser Verlag

PAPULA, Lothar (1999). Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Band 3. 3.Auflage. Braunschweig: Vieweg

SACHS, Lothar (2002). Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. (10., überarbeitete und aktualisierte Auflage). Heidelberg: Springer

STOYAN, Dietrich (1993). Stochastik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Eine Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und die Mathematische Statistik. Berlin: Akademie Verlag

TARASSOW, Lew (1998). Wie der Zufall will? Vom Wesen der Wahrscheinlichkeit. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

TIMISCHL, Wolfgang; Gerald KAISER (2001): Ingenieurmathematik. Band 4. Wien: E. Dörner

# 7 ANHANG

## 7.1 Aufgabenstellungen

### 7.1.1 Schularbeit

1) Ein Unternehmen produziert elektronische Bauteile in großer Stückzahl. Die Bauteile unterliegen strengen Normvorschriften. Nichtkontrollierbare äußere und innere Einflüsse sorgen dafür, dass es bei laufender Produktion zu zufälligen Abweichungen von den Normvorgaben kommt. Die Bauteilwerte sind normalverteilt mit  $\mu=10$  und  $\sigma=0.08$ . Die zufälligen Veränderungen während der Produktion führen nur zu einer Verschiebung von  $\mu$ .

- a) Würde eine Stichprobe vom Umfang  $n=4$  bei einem zweiseitigen Test eine **tatsächliche** Veränderung von  $\mu$  auf 10.06 auf einem Signifikanzniveau von 10% registrieren oder sie als zufällige Abweichung einstufen?
- b) Ermittle Gütefunktion und Operationscharakteristik des Tests. Stelle beide Kurven grafisch dar und interpretiere die Werte beider Funktionen an den Stellen 10, 9.95 und 10.03 **verbal** !
- c) Entwickle einen Plan für die Qualitätskontrolle der Produktion! Das Management akzeptiert eine Fehlalarmrate von 5%, will aber auch mit einer Sicherheit von 90%, dass **tatsächliche** Abweichungen um 0.05 oder größer vom Sollwert durch die Stichprobenkontrollen erkannt werden. Da die Stichprobenkontrollen selbst den Produktionsprozess stören und Kosten verursachen, soll die kontrollierte Stückzahl möglichst klein gehalten werden.
- d) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei diesen Testvorgaben eine zufällig zustande gekommener Stichprobenmittelwert von 10.06 einen unnötigen Produktionsstopp auslöst?

2) In einer Stadt, die von der Partei A regiert wird, ist eine einschneidende Infrastrukturmaßnahme in Planung. Von dieser Maßnahme sind vor allem 3 Stadtteile X, Y und Z betroffen. Die Partei A ist vom Sinn der Maßnahme überzeugt, da ihrer Meinung nach alle davon profitieren. Sie möchte allerdings mittels einer Umfrage klären, ob dies die betroffene Bevölkerung ebenfalls so sieht. Dabei interessiert sie vor allem, ob die Zustimmung/Ablehnung (positiv/negativ) innerhalb ihrer Anhänger sich von den Anhängern anderer Parteien unterscheidet.

Die Untersuchung lieferte folgende Daten:

A .....Personen, die sich zur Partei A bekennen		B.....Personen, die andere Parteipräferenzen haben			
Stadtteil X:		Stadtteil Y:		Stadtteil Z:	
positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
A :	50      19	A :	36      14	A :	23      67
B :	64      39	B :	25      19	B :	41      74

(1) Untersuche mit Hilfe eines passenden Testverfahrens, ob das Verhalten der Stadtteilbewohner in dieser Frage unabhängig von ihrer Parteipräferenz ist oder nicht! (Signifikanzniveau: 10%) Interpretiere für jeden Stadtteil das Ergebnis.

(2) Beurteile das Gesamtergebnis der Untersuchungen! Welche Schlussfolgerungen soll die Partei A aus diesem Ergebnis ziehen?

## 7.1.2 Schriftliche Diplom- und Reifeprüfung

### Aufgabe1- Beurteilende Statistik: Verteilungstest - Testentwicklung - Test auf Unabhängigkeit

Eine elektronische Verbrauchssteuerung für ein neues hochwertiges PKW-Modell wird 150 mal simulationsbasiert getestet und die Testergebnisse werden in Klassen unterteilt aufgezeichnet. Das Entwicklerteam vermutet, dass der simulierte Verbrauch normalverteilt ist.

Verbrauch in Liter/100km	$X \leq 5$	$5 < X \leq 5.5$	$5.5 < X \leq 6$	$6 < X \leq 6.5$
Anzahl	5	20	29	37
Verbrauch in Liter/100km	$6.5 < X \leq 7$	$7 < X \leq 7.5$	$X > 7.5$	
Anzahl	32	19	8	

a) Stellen Sie die Daten in einem Histogramm grafisch dar (Beschriftung!) und überprüfen Sie mittels eines geeigneten Testverfahrens, ob die vorliegenden Daten die Annahme der Normalverteilung rechtfertigen! (Signifikanzniveau: 10%)

b) Die mittels Simulation erhobenen Daten bestätigen das Vorliegen einer normalverteilten Zufallsgröße. Nun soll die Neuentwicklung im "Feldversuch" getestet werden. Da zu Testzwecken verwendete Autos nicht mehr neuwertig sind, ist das Management bestrebt, die Anzahl der Testwagen gering zu halten. Zugleich soll jedoch eine eventuell auftretende Erhöhung des mittleren Verbrauchs erkannt werden. Es geht also darum einen geeigneten Test nach klaren Vorgaben zu entwickeln.

(1) Die Entwickler gehen davon aus, dass der mittlere Verbrauch  $\mu_0=6,3$  Liter/100km beträgt. Testen Sie mit geeigneten Hypothesen bei einem theoretischen Stichprobenumfang von  $n=3$  und einer nichtbezweifelten Standardabweichung von  $\sigma_0=0.75$  Liter/100km, ob eine theoretische Stichprobe mit dem Mittelwert 7 Liter/100km zu Zweifeln an der Zulässigkeit der Grundannahme führt, wenn man ein Signifikanzniveau von 5% vorgibt.

(2) Stellen Sie Gütefunktion und Operationscharakteristik dieses Tests grafisch dar. Interpretieren Sie (verbal!) insbesondere die Werte beider Funktionen an den Stellen  $\mu=6.3$  und  $\mu=7$ ! Erläutern Sie was man bei einem statistischen Test unter einem Fehler 1.Art bzw. einem Fehler 2.Art zu verstehen hat.

(3) Ermitteln Sie wie viele Autos mindestens getestet werden müssen, damit bei einem Signifikanzniveau von 5% eine Erhöhung des mittleren Benzinverbrauchs auf 7Liter/100km mit 90%iger Wahrscheinlichkeit bestätigt wird. Kontrollieren Sie das Ergebnis mit der Operationscharakteristik.

c) Neben dem geringen Verbrauch bei hoher Leistung soll das neue Modell ein besonderes Design erhalten. Die Vorgabe des Managements war, dass dieses Design Frauen und Männer gleichermaßen ansprechen soll. Um dies zu evaluieren, wird in drei großen Absatzmärkten eine Untersuchung innerhalb des potentiellen Käufersegments in Auftrag gegeben.

Den an der Erhebung Teilnehmenden wurde ein kurzer aber prägnanter optischer Eindruck des neuen Modells präsentiert. Die spontane Reaktion konnte nur mit positiv oder negativ angegeben werden.

Die Untersuchung lieferte folgende Daten:

M .....teilnehmende Männer

F.....teilnehmende Frauen

	Absatzmarkt A:		Absatzmarkt B:		Absatzmarkt C:			
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
M :	88	12	M :	64	16	M :	113	10
F :	102	23	F :	53	6	F :	87	15

(1) Untersuchen Sie mit Hilfe eines passenden Testverfahrens, ob die Vorgaben des Managements in den einzelnen Absatzmärkten erfüllt werden! (Signifikanzniveau: 10%) Interpretieren Sie für jeden Absatzmarkt das Ergebnis.

(2) Beurteilen Sie das Gesamtergebnis der Untersuchungen! Welche Schlussfolgerungen soll das Management aus diesem Ergebnis ziehen?

## 7.2 Inhaltsverzeichnis des Projekts

### Beurteilende Statistik

#### Statistische Prüfverfahren - Verteilungstests

$\chi^2$ - Anpassungstest - Problemstellung

Simulation der erzeugten Zufallsgrößen

Simulation der Testgröße

#### Exkurs - Eine geeignete Prüfverteilung

Die Chiquadrat-Verteilung

#### Testentwicklung - Testbeurteilung

Simulation der Approximation - Freiheitsgrade

Simulation der ursprünglichen Aufgabenstellung

Entwicklung des Tests

Auswertung von Testserien

Test auf Vorliegen einer Gleichverteilung - Ausgangsbeispiel

#### Aufgaben-Verteilungstests

Test auf Vorliegen einer Normalverteilung

Test auf Vorliegen einer Poissonverteilung

Verteilung von Intelligenzquotienten

#### Statistische Prüfverfahren -Unabhängigkeitstests

$\chi^2$ -Test auf Unabhängigkeit zweier Merkmale

Geschlecht und Erfolg

Simulation der Prüfgröße einer Kontingenztabelle

Auswertung der Gesamtsimulation

Test von mehreren Stichproben auf Unabhängigkeit

Simulation der Summe zweier chisquadratverteilter Zufallsgrößen

#### Aufgaben -Unabhängigkeitstests

Parteipräferenz und Geschlecht

Bearbeitetes Material und Ausfallhäufigkeit von Maschinen

## **Statistische Prüfverfahren - Parametertests I**

Formulierung des Testproblems

Simulation des Stichprobenmittelwerts und seiner Varianz

Mittelwert und Varianz einer Stichprobe - theoretische Erklärung

Simulation der Verteilung eines Stichprobenmittelwerts

Test eines Erwartungswerts bei bekannter Varianz - Simulation

Simulation einer Testserie

Elektronische Bauteile

## **Aufgaben - Parametertests I**

Abfüllung von Wein

Qualitätsregelkarten

Ausstoß von Schadstoffen

Neueinstellung einer Anlage

Simulation eines Tests

## **Statistische Prüfverfahren - Parametertests II**

Test eines Erwartungswerts bei unbekannter Varianz

Verteilung der Testgröße

t-Verteilung von "Student"

Theoretische Begründung für die Testverteilung

Fortsetzung der Simulation

Zuckerraffinerie

Abfüllmenge von Marmelade

Lieferlos von Widerständen

Akkulaufzeiten von Notebooks

Reissfestigkeit von Drähten

Solldurchmesser von Zylinderscheiben

## **Fehlerquellen - Gütefunktion**

**Fehlerquellen bei Parametertests**

**Simulation eines einseitigen Tests für  $\mu$  bei bekannter Varianz**

**Gütefunktion eines einseitigen Tests**

**Operationscharakteristik - OC-Kurve**

**Streckgrenze eines Stahls - Test nach unten**

**Verschiebung eines Produktionsmittelwerts-Test nach oben**

**Druckfestigkeit von Stahlbetonträgern- beidseitiger Test**

## 7.3 Evaluationsfragebogen

19 Schüler waren beteiligt – Auswertungsergebnisse in Klammer

1) Was (in Schlagworten) ist dir vom Inhalt des Projekts in Erinnerung geblieben?

2) Wie bewertest du den inhaltlichen Aufbau? (Mehrfachnennungen möglich!)

übersichtlich  (11)      schwer verständlich  (1)    nachvollziehbar  (10)  
verwirrend  (1)      gut strukturiert  (12)    eher planlos

3) Ist das zur Verfügung Stellen eines Inhaltsverzeichnisses sinnvoll?

sehr sinnvoll  (3)    nützlich  (9)      kaum nützlich  (5)  
überflüssig  (2)

4) Verwendest du selbst dieses Inhaltsverzeichnis?

oft  (2)      zeitweise  (2)      selten  (7)    nie  (8)

5) Wie orientierst du dich, wenn du das Inhaltsverzeichnis nicht verwendest?

6) Beurteile den Umfang der einzelnen Files!

passend  (16)    eher zu umfangreich  (3)      viel zu umfangreich

7) Enthalten die einzelnen Abschnitte ausreichend Übungsaufgaben?

ja  (10)    mehr wäre wünschenswert  (9)      viel zu wenig

8) Zu welchem Themenbereich hättest du dir mehr Übungsaufgaben gewünscht?

9) Waren die Simulationen für das Verständnis der behandelten Zufallsprozesse hilfreich?

sehr  (15) etwas  (4) kaum  gar nicht

10) Simulationen wurden u. a. dazu verwendet, um das Vorliegen bestimmter Verteilungen von Zufallsgrößen zu veranschaulichen oder um Testergebnisse großer Versuchsserien zu überprüfen. Fördert das Selbsterstellen einer solchen Simulation das Verständnis dieses mathematischen Hintergrunds?

sehr  (9) etwas  (8) kaum  (2) gar nicht

11) Ist das Experimentieren mit einer bereits fertigen Simulation ausreichend, um den in Frage 10 angesprochenen mathematischen Hintergrund zu verstehen?

ja  (1) meistens  (10) eher nicht  (7) nein

12) Ist die Interpretation des fertigen Simulationscodes eine ausreichende Alternative, wenn es nur um das Verständnis des mathematischen Hintergrunds geht?

ja  (1) meistens  (10) eher nicht  (7) nein

13) Lenkt das Programmieren von Simulationen vom eigentlichen Thema ab?

sehr  (1) etwas  (8) kaum  (9) gar nicht  (1)

14) Sollte mehr Zeit für das Programmieren von Simulationen aufgewendet werden?

ja  (5) etwas mehr  (5) weniger  (4) nein  (5)

15) Wie viel Zeit stand für eigene Aktivitäten zur Verfügung (Berechnungen; Übungen; Simulationen; eigenständiges Entwerfen von Simulationen; etc.)

mehr als genügend  (2) ausreichend  (15) wenig  (2) viel zu wenig

16) Wurden Ergebnisse und wichtige Schlussfolgerungen ausreichend diskutiert?

mehr als ausreichend  (2) ausreichend  (15) wenig  (2) viel zu wenig

17) Gib einen Schätzwert in Prozent für das Verhältnis von Lehrer- und Schüleraktivität während des Projekts!

Schüleraktivität: (10-40)%    Lehreraktivität: (60-90)%

18) Das Arbeiten mit der Lernplattform Class Server war

problemlos  (6)    hilfreich  (8)    wenig hilfreich  (1)    mühsam

19) Sollten Hausübungen eher via Class Server oder über Ausdrucke abgegeben werden? (Begründe deine Meinung!)

Class Server  (16)    Ausdruck  (1)

20) Die zur Verfügung gestellten Files enthalten viel Text. Ist dieser Text für das Verständnis hilfreich?

sehr  (10)    etwas  (8)    kaum  (1)    gar nicht

21) Liest du diese Texte etwa bei der Erarbeitung von Hausübungen oder bei Prüfungsvorbereitungen?

oft  (9)    zeitweise  (8)    selten  (2)    nie

22) Wie sind die Texte formuliert?

einfach  (4)    sehr kompakt  (12)    umständlich  (1)

schwer verständlich  (1)

23) Sollten die Textpassagen gekürzt oder ausgebaut werden?

kürzen  (1)    gleich lassen  (15)    ausbauen  (3)

24) Nützt du die Möglichkeit eigene Notizen hinzuzufügen, um einzelne Überlegungen besser verstehen zu können?

oft  (5)    zeitweise  (8)    selten  (4)    nie  (1)

25) Das Unterrichtstempo im Verlauf des Projekts war

langsam     passend  (12)    hoch  (5)    etwas zu schnell  (2)

viel zu schnell

26) Hat sich der Projektunterricht vom restlichen Unterricht unterschieden?

sehr  (1) etwas  (2) kaum  (9) gar nicht  (6)

27) In welcher Hinsicht ist dir ein Unterschied aufgefallen?

28) Das Arbeiten mit Mathcad ist

relativ einfach  (9) gewöhnungsbedürftig  (10) schwer   
sehr komplex

29) Das Arbeiten mit Mathcad vereinfacht das Nachvollziehen mathematischer Zusammenhänge

sehr  (8) etwas  (5) kaum  (6) gar nicht

30) Mathcad vereinfacht zwar Problemlösungen, aber das Verständnis bleibt auf der Strecke.

stimmt  (3) stimmt teilweise  (9) stimmt eher nicht  (5) falsch  (1)

31) Das Projekt hat mein Interesse für Probleme des statistischen Testens geweckt

sehr  (1) etwas  (14) kaum  (2) gar nicht  (2)

32) Die behandelten Problemstellungen hatten einen deutlichen Anwendungsaspekt

stimmt  (11) stimmt teilweise  (7) stimmt eher nicht  (1) falsch

33) Hat das Projekt das Verständnis der behandelten Materie gefördert?

sehr  (10) etwas  (7) kaum  (1) gar nicht  (1)

34) Was müsste man ändern bzw. verbessern?

35) Wenn du mit einem Ergebnis eines statistischen Tests konfrontiert wirst – etwa in den Medien – wie reagierst du jetzt darauf?

unverändert  (6) skeptischer  (11) mit mehr Verständnis  (10)

gleichgültig

36) Abschließendes persönliches Resümee: