

## Kommentar zu den Beiträgen von Raphael Dieppen in Heft 3 (1992) und Heft 1 (1994)

von Dietmar Pfeifer, Oldenburg

**Kurzfassung:** Herr Dieppen hat in verschiedenen Beiträgen in *Stochastik in der Schule* zur Problematik der "Diskrepanz zwischen statistischem Überbau und statistischer Alltagspraxis in vielen Humanwissenschaften" Stellung genommen und in diesem Zusammenhang auf Mißbräuche im sauberen Umgang mit statistischen Methoden in den genannten Disziplinen hingewiesen. Als Konsequenz seiner Analysen fordert er einen "mathematikfreieren" Stochastikunterricht, wobei er sich von dem Grundsatz leiten läßt, die Stochastikdidaktik habe "kritisch zu prüfen, ob und inwieweit sich die statistischen Theorien in der Praxis widerspiegeln und erst dadurch als tatsächlich anwendungs- und dann vielleicht sogar bildungsrelevant erweisen." Als einer dem "partikulären Interesse ihrer Profession verpflichteten Statistikprofessoren" möchte ich hierzu kritisch Stellung nehmen und aufzeigen, daß

1. Statistik in den Humanwissenschaften nur einen kleinen Teil stochastischer Anwendungen in der Alltagspraxis ausmacht und damit nicht für das Methodenspektrum der Stochastik repräsentativ ist,
2. Herr Dieppen in seiner Analyse Ursache und Wirkung verkehrt,
3. die Bildungsrelevanz der Stochastik vor der Anwendungsrelevanz zu sehen ist und nicht umgekehrt.

### 1. Statistik ist nur ein Teil der Anwendungen von Stochastik

Herr Dieppen argumentiert aus der Position eines Geistes- bzw. Humanwissenschaftlers, erweckt aber den Eindruck, für die gesamte Stochastik zu sprechen. Die Problematik des Testens von Hypothesen, die im Bereich dieser Wissenschaften durchaus im Vordergrund stehen mag, stellt aber nur einen verschwindend kleinen Teil der möglichen - und auch tatsächlich erfolgenden Anwendungen von Stochastik in der Praxis dar. Ich arbeite selbst mit einer Projektgruppe seit über zwei Jahren intensiv in verschiedenen Forschungsvorhaben innerhalb der marinen Ökosystemforschung der Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein, ein Vorhaben, das durch BMFT, UBA, BMU und andere mit einem Gesamtvolumen von über 10 Mio. DM gefördert wird und mehr als 30 verschiedene Teilgruppen mit über 100 aktiven Wissenschaftern, darunter Ökologen, Biologen, Geologen, Chemiker und Physiker umfaßt; ich weiß also, wovon ich spreche.

Die hier eingesetzten stochastischen Methoden sind naturgemäß hochkomplex und stammen u.a. aus so verschiedenen Gebieten wie Geostatistik, Stochastische Geometrie, Mathematische Morphologie oder dem Gebiet der Stochastischen Dynamischen Systeme und Fraktale, wobei der Aspekt der Stochastischen Modellierung und des Schätzens von Modellparametern weit vor statistischen Testverfahren rangiert. Letztere sind zwar für die Monitoring-Programme der Küstenländer (einschließlich der Niederlande und Dänemarks) von Bedeutung, allerdings dürfte es kaum möglich und sinnvoll sein, hier vergleichsweise simple Testverfahren wie den Binomialtest - etwa zum Vergleich von Artenspektren oder Schadstoffeinträgen - einzusetzen. Ein kurzer Blick in die neuere Literatur zeigt, daß zur Bearbeitung solch hochkomplexer Probleme schon lange hochentwickelte Verfahren der Stochastik zur Verfügung stehen, die von Natur- und Ingenieurwissenschaftlern auch eingesetzt werden (z.B. Richter und Söndgerath (1990) oder Stoyan und Stoyan (1992)). Die Monographie von Haining (1991) möchte ich in diesem Zusammenhang gesondert erwähnen, da sie sich insbesondere auch an Sozialwissenschaftler wendet.

Im übrigen ist es unstrittig, daß Stochastik eine ganz erhebliche Rolle auch in völlig anderen Wissenschaftsdisziplinen spielt; ich nenne hier beispielhaft die statistische Physik (Quantenmechanik, Diffusionsprozesse, stochastische Differentialgleichungen) oder die Informatik (Informationstheorie, Bediensysteme, Bildverarbeitung, Neuronale Netze; vgl. Pflug (1986) und Ritter, Martinez und Schulten (1990)). In den genannten Bereichen spielen statistische Testverfahren ebenfalls so gut wie keine Rolle, wohl aber die - hochgradig mathematisierte und auf der axiomatischen Maßtheorie beruhende - Wahrscheinlichkeitstheorie sowie die Theorie der Stochastischen Prozesse.

## 2. Ursache und Wirkung

Die von Herrn Diepgen aufgedeckten Schwächen im Verständnis stochastischer Grundprinzipien selbst bei gestandenen Humanwissenschaftlern lassen sich wohl kaum der Stochastik als mathematischer Teildisziplin anlasten, sondern doch wohl eher der mangelhaften universitären "Berufsausbildung" dieser Klientel, in der einer soliden Statistikausbildung offensichtlich immer noch nicht der gebührende Stellenwert eingeräumt wird. Es ist für jeden mathematischen Statistiker völlig selbstverständlich, daß er seine Methoden nur da anwendet, wo sie auch - nach Prüfung aller Voraussetzungen - legitim

sind, oder wo sie zumindest in einem approximativen Sinn ihre Rechtfertigung haben - oder eben gar nicht.

Daß, wie schon oben bemerkt, simple Testverfahren wie der Binomialtest natürlich nicht in jedem Kontext eingesetzt werden können, bedarf eigentlich keiner Diskussion und muß *jedem* Wissenschaftler, der damit liebäugelt, klar sein - anderenfalls verdient er es nicht, als solcher bezeichnet zu werden. Die von Herrn Diepgen aufgegriffene "Skepsis ob des nur stark eingeschränkten und für Laien enttäuschenden Programms der mathematischen Statistik" ist in Anbetracht der mittlerweile extrem hohen Differenziertheit aller Teilgebiete der Stochastik für mich nur aus der Unkenntnis des Gesamtgebiets heraus erklärbar.

Im übrigen ist es heute mit der modernen Technik der PCs und Workstations problemlos möglich, Monte-Carlo-Testverfahren für praktisch alle denkbaren Situationen - auch solche mit partiellen Abhängigkeits- und Korrelationsstrukturen - zu entwickeln und anzuwenden; die früher naturgemäß bestehende Notwendigkeit zur Entwicklung exakter, aber eben manchmal nicht anwendbarer, einfacher Testverfahren entfällt damit zunehmend. Der von Herrn Diepgen beschriebene konkrete "Fall" ließe sich z.B. mit solchen Methoden leicht und vor allem korrekt behandeln.

Die Tatsache, daß manche Humanwissenschaftler Unfug mit statistischen Methoden treiben, führt Herr Diepgen in seiner Analyse darauf zurück, daß die mathematische Statistik einen "gänzlich von vorab formulierten Hypothesen entkoppelten" Überbau darstellt, mit anderen Worten: die - unterstellte - Unvollkommenheit und Praxisferne der mathematischen Statistik ist verantwortlich für das naive, nur die eigene Reputation vermehrende Vorgehen solcher Kollegen. Mit den obigen Ausführungen habe ich versucht, darzulegen, daß es sich in Wirklichkeit genau umgekehrt verhält: das Methodenspektrum der modernen Stochastik ist mehr als ausreichend entwickelt, es wird allerdings offensichtlich von einigen Humanwissenschaftlern (bewußt?) nicht zur Kenntnis genommen. Natürlich macht es Mühe, sich dieses Spektrum auch anzueignen: aber wer glaubt ernsthaft, eine komplizierte Wirklichkeit mit primitiven Theorien abbilden zu können?

Dies alles spricht dann doch eher *für* eine Mathematisierung des Stochastik-Unterrichts, allerdings nicht im Sinne einer Anhäufung von formelhaften, sinnentleerten Strukturen (ich denke da z.B. an die Begründung und Behandlung der "Kolmogoroffschen Axiome" in einigen einschlägigen Unterrichts-

werken), sondern im Sinne einer Diskussion auf ein Verständnis stochastischer (nicht nur statistischer) *Prinzipien*, auch und gerade im Hinblick auf ein verantwortungsbewußtes Umgehen mit Wissenschaft schlechthin. Stochastik in der Schule muß allgemeinbildenden Charakter haben und soll und darf weder in die Richtung einer vorweggenommenen Berufsausbildung gehen noch sonstwie spezialisiertes, auf die Bedürfnisse einer bestimmten Zielgruppe gerichtetes Wissen vermitteln. Die kann und muß den Universitäten und Fachhochschulen vorbehalten bleiben; *hier* ist der Hebel anzusetzen, mit dem eine Korrektur der aufgezeigten Mißstände überhaupt nur erfolgen kann.

### 3. Bildungsrelevanz der Stochastik geht vor ihre Anwendungsrelevanz

Ich komme damit zum letzten und für die Didaktik-Diskussion vielleicht entscheidenden Punkt. Ich teile mit Herrn Diepgen die Meinung, daß sich die Auswahl von dem, was in der Schule gelernt werden soll, in gewissem Maß an der gesellschaftlichen Realität messen lassen muß. Ich bezweifle allerdings, ob eine - wie auch immer definierte - unmittelbare "Anwendungsrelevanz" hierfür das geeignete Kriterium ist: industrielle Pharma-Forschung mit definierten Unternehmenszielen wie Umsatzsteigerung oder Gewinn von Marktanteilen kann hierfür genauso wenig Vorbild sein wie der Einsatz von Statistik etwa in der Psychologie zur "wissenschaftlichen" Abseignung von Theorien in einer der zahlreichen "Schulen". Im übrigen würde eine konsequente Anwendung dieses Gedankens in der Schule dazu führen müssen, den Mathematik-Unterricht ab der Mittelstufe einzustellen; denn wer kann schon eine unmittelbare Anwendungsrelevanz von Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Gruppen und Restklassenringen, komplexen Zahlen oder Stetigkeit von Funktionen nachweisen?

Es ist sicher unstrittig, daß Stochastik in der allgemeinen Klassifikation mathematischer Disziplinen als "angewandt" gilt, allerdings mehr in dem Sinn, wie ich es unter 1. ausgeführt habe. Insofern stellt sich das Problem einer gesellschaftlichen Begründung weniger. Engel schreibt hierzu im Vorwort seines immerhin schon 1973 in erster Auflage erschienenen Buchs:

"Wahrscheinlichkeit und Statistik sind heute [1972] ein unentbehrliches Rüstzeug für alle Natur- und Geisteswissenschaften geworden. Es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis sie in den regulären Schulunterricht eindringen. Die Integration der Wahrscheinlichkeit und Statistik in den Unterricht aller Stufen wird den Mathematikstoff entscheidend bereichern, d.h. interessanter und nützlicher machen."

In der Tat können die beiden - immerhin aus langjähriger Unterrichtserfahrung hervorgegangenen Bände von Engel auch heute noch als vorbildlich gelten, was die Breite des enthaltenen Methodenspektrums angeht. Die Behandlung beispielsweise des Binomialtests ist deshalb in diesem Zusammenhang eher exemplarisch für eine bestimmte stochastische Denkweise (nämlich das Testen von Hypothesen) zu sehen, denn als Empfehlung als Universalwerkzeug zum "Beweis" humanwissenschaftlicher Theorien.

Daß sich auch die von Herrn Diepgen so gescholtenen universitären Statistikprofessoren durchaus über die Anwendungsrelevanz ihres Faches Gedanken machen, möchte ich abschließend durch ein Zitat aus dem Vorwort eines einführenden Stochastikbuchs von Pfanzagl (1991) - das sich auch an Gymnasiallehrer wendet - belegen:

"Das Anliegen des Buches ist die Entwicklung eines anwendungsbezogenen stochastischen Denkens. Diesem Ziel dient eine verhältnismäßig große Anzahl von Beispielen, die - deutlicher als dies in den meisten anderen Lehrbüchern geschieht - zeigen sollen, daß es sich bei der Wahrscheinlichkeitsrechnung um ein Teilgebiet der Mathematik handelt, das durch Anwendungen immer wieder neue Facetten erhält. [...] Ein Teil der Beispiele in diesem Buch ist elementar und direkt für den Unterricht brauchbar. [...] Einige der Beispiele knüpfen Beziehungen zu anderen Fächern (wie Physik oder Biologie) und können als Anregungen für die Ausgestaltung von Leistungskursen dienen. Stochastik sollte kein lästiges Anhängsel des Mathematik-Unterrichts sein. Sie eignet sich in hervorragender Weise dazu, die Schüler - je nach Reifegrad - an einfacheren oder komplexeren Beispielen mit der Aufgabe vertraut zu machen, Ausschnitte der Wirklichkeit in mathematischen Modellen abzubilden. Stochastische Modelle sind vom mathematischen Standpunkt her interessanter als so manches Teilgebiet der Mathematik, das seinen festen Platz im Gymnasialunterricht hat. Außerdem bieten stochastische Modelle eine hervorragende Möglichkeit, mathematische Überlegungen durch Computersimulationen zu ergänzen.

Von Interesse ist dieses Buch auch für Naturwissenschaftler (inklusive Techniker und Mediziner), die um ein tiefergehendes Verständnis stochastischer Phänomene in ihrer Wissenschaft bemüht sind."

Im letzten Satz des Zitats geht es um das Bemühen um Verständnis. Dem habe ich nichts hinzuzufügen.

## Literatur

- Engel, A. (1973, 1976): *Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik*, Bd. 1 und 2, Stuttgart: Klett.
- Haining, R. (1990): *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Pfanzagl, J. (1991): *Elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung*, 2. Aufl., Berlin: de Gruyter.
- Pflug, G. (1986): *Stochastische Modelle in der Informatik*, Stuttgart: Teubner.
- Richter, O. Söndgerath, D. (1990): *Parameter Estimation in Ecology. The Link between Data and Models*, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.
- Ritter, H., Martinez, T. und Schulten, K. (1990): *Eine Einführung in die Neuroinformatik selbstorganisierender Netzwerke*, Bonn: Addison-Wesley.
- Stoyan, D. und Stoyan, H. (1992): *Fraktale - Formen - Punktfelder*. Methoden der Geometrie-Statistik, Berlin: Akademie-Verlag.

Prof. Dr. Dietmar Pfeifer, FB Mathematik, Universität Oldenburg, Postfach 2503, D-26015 Oldenburg

### *Taufe im Hause eines Statistikers*

Die Frau eines Statistikers hatte Zwillinge. Er war verzückt. Er rief den Pfarrer an. Der Pfarrer war verzückt. "Bring sie am Sonntag in die Kirche," sagte er, "und wir werden sie taufen." - "Nein," antwortete der Statistiker, "taufe einen. Wir werden den anderen als Kontrolle behalten."

\* \* \* \* \*

Zur Erklärung der Pointe: Der Effekt irgendeiner Behandlung könnte ganz anderen Ursachen als der eigentlichen Behandlung zuzuschreiben sein. So ist etwa der Placebo-Effekt bei Medikamenten bekannt, nach dem lediglich der Umstand einer (auch vorgetäuschten) Behandlung schon eine Wirkung zeigt. Um andere Ursachen auszuschließen, hat man in der Statistik das Begriffspaar "Versuchsgruppe - Kontrollgruppe" eingeführt. Die Personen der Kontrollgruppe erfahren rein äußerlich dieselben Einwirkungen wie die der Versuchsgruppe mit Ausnahme der eigentlichen Behandlung. Niemand weiß, ob er z.B. das neue Medikament oder die vorgetäuschte Medikation erhält. Klar ist, daß die Personen der Versuchs- und Kontrollgruppe so ähnlich wie möglich sein müssen, sonst könnten diese Unterschiede später einen Unterschied im Behandlungserfolg nach sich ziehen. Man nennt den Vorgang des Aussuchens von ähnlichen Paaren und der Zuordnung zu Versuchs- bzw. Kontrollgruppe im Fachjargon "Matchen", vom englischen "to match" (anpassen). Oft ersetzt man das Matchen auch durch die Zuordnung von Personen zu den Gruppen durch den reinen Zufall, das nennt man Randomisierung. Manchmal hat man das Glück, auf mehrere eineiige Zwillinge zurückgreifen zu können. Der Umstand ist besonders glücklich, weil dann viele Störfaktoren wegfallen, und die Wirkung allein auf die Behandlung zurückgeführt werden kann.