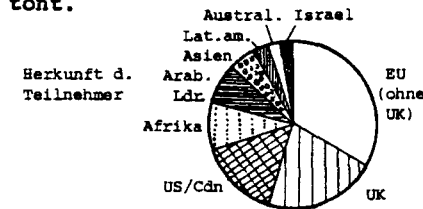


## BESTREBUNGEN ZUR VERBESSERUNG DES STATISTIK-UNTERRICHTS

- First International Conference on Teaching Statistics, Sheffield, 8-13. Aug. 1982

von M. Borovcnik

Zu den verschiedensten Gelegenheiten wurde die Notwendigkeit einer internationalen Tagung, auf der man sich mit den Problemen eines Unterrichts in Statistik in all seinen Ausprägungen auseinandersetzt, betont.



Der Anspruch der vom International Statistical Institute initiierten und seit 1978 intensiv vorbereiteten Tagung war allumfassend: Die Qualität der Ausbildung in Statistik auf allen Niveaus auf weltweiter Basis

zu verbessern; den Austausch von Ideen über Methoden und Inhalt sowie von Lehrmaterialien anzuregen. Entsprechend war der Teilnehmerkreis sehr breit gestreut: Professionelle Statistiker (aus öffentlichen Ämtern, aus der Qualitätskontrolle, statistische Berater, Universitätsmathematiker), Lehrer aller Stufen, Erziehungswissenschaftler, Psychologen, Fachdidaktiker etc. Neben Plenarvorträgen (4) gab es eingeladene Vorträge (69), "workshops", Kurzvorträge (38) und Posters (38).

#### Plenarvorträge

In seinem Eröffnungsvortrag verweist V. BARNETT auf die Notwendigkeit der Differenzierung als Leitlinie für die Tagung: Welche Art von Statistik, unter welchen Akzentsetzungen soll unterrichtet werden? Wer soll sie unterrichten? Welche Hilfsmittel sollen herangezogen werden? An wen richtet sich der Unterricht? Ein wichtiger Aspekt, der allzu leicht übersehen wird: Wo liegen die Schwierigkeiten, wieviel und was ist in einem bestimmten Stoffgebiet neu, welche Begriffsbildungen sind vonnöten, um das Neue zu begreifen?

Die Bedeutung von Statistik als integrierenden Bestandteil unserer Kultur streicht L. RÅDE heraus und illustriert den Computer als didaktisches Werkzeug. Simulation ermöglicht u.a.

- die Visualisierung der Konsequenzen eines mathematischen Modells,
- die Veranschaulichung der Bedeutung theoretischer Eigenschaften, etwa von Schätzfunktionen

Durch Verquickung der experimentellen Komponente mit theoretischen Überlegungen lassen sich wichtige Konzepte wie Stabilität und Variabilität visualisieren.

In ausführlichen Überlegungen über ein Curriculum für die Statistikausbildung erschließt C.R. RAO einiges von seinem Verständnis von Statistik. Über Beobachtungsdaten und Kenntnisse des Zufallsgeschehens hinaus kommt vorhandener Vorinformation einige Bedeutung zu. Das Anwendungsfach und seine Probleme bilden einen wichtigen Teil der Ausbildung. Man muß Studierende davon überzeugen, daß das Herangehen an die Probleme mittels statistischer Methoden nützlich sein kann. RAO regt an, Lehrende dazu zu ermutigen, selbst eine statistische Berater-tätigkeit aufzunehmen, damit sie sich über relevante Anwendungen besser orientieren können.

Die Relevanz der Ausbildung in Statistik untermauert J. GANI mittels einer "statistischen Analyse" der New York Times vom 22. Mai 1982: Ein Drittel der Zeitung (mit Ausnahme der Werbung) enthält Information statistischer Natur.

#### Zu den Sektionen

##### *Topic 1-3: Teaching Statistics in Schools (Altersstufen 8-11, 12-15, 16-18)*

Problemstellungen und Intentionen: Welche Kursinhalte, Lehrmethoden, Klassenexperimente? Deskriptive Statistik zur Ausbildung der Mündigkeit angehender Staatsbürger (12-15)? Erarbeitung grundlegender statistischer Konzepte mittels Fallstudien (16-18), Rolle des Taschenrechners (12-15, 16-18)?

Spiele werden vorgestellt, es wird untersucht, inwieweit mit ihrer Hilfe grundlegende statistische Ideen (etwa fair/unfair) erarbeitet werden können. Untersuchungen über das Verhalten der Kinder (6-11) geben Aufschluß über die Strategien, die Kinder in solchen Situationen verfolgen, über Intuitionen, die Kinder mit abstrakteren Begriffen (etwa mit Maßen der zentralen Tendenz) verbinden (T. VARGA). Andere Ansätze gehen über die Lösung "realer" Problemstellungen (etwa: C. HEIDEMA).

Die Bedeutung der beschreibenden Statistik einschließlich der Datenerhebung wird herausgearbeitet (6-11, 12-15, etwa H. WINTER) - der Modellbildungsprozeß selbst erscheint in diesem Licht wichtiger als wahrscheinlichkeitstheoretische Fragestellungen (16-18, F. EICKER). Als Lehrstrategien werden die Erarbeitung mittels Fallstudien, mittels Simulation bzw. in Projektform diskutiert. Allerdings werden die Grenzen solcher Arbeitsformen z.T. deutlich gesehen: Realistische Beispiele sind zu komplex - einfache Beispiele zu simplifiziert und künstlich (T. NEMETZ).

##### *Topic 5: Development of Teaching Material at School Level*

Intentionen: Überblick über Kursmaterialien; ihre Schwächen und Stärken; Probleme bei der Erstellung von Materialien

Es erscheint mir zweckmäßig, die Quellen anzugeben:

J. BIBBY e.a.: Statistics in Society, MDST 242, Open University, England, 1983

A.R. HOFFER: Materialien für die "middle school" (Altersstufen 10-13)

School Council Project on Statistical Education:

- Teaching Statistics 11-16
- Statistics in Your World, je 27 Broschüren für Schüler und Lehrer, Foulsham, Slough, 1981

##### *Topic 8: Teaching Statistics with the Help of Case Studies*

Intentionen: Rolle von Fallstudien bzw. Projektstudien beim Lehren von Statistik auf verschiedenen Niveaus. Einsatzmöglichkeiten und Beschränkungen einer entsprechenden Lehrstrategie.

Man scheint noch keine klar umrissenen Vorstellungen, weder vom Begriff Fallstudie noch von den Einsatzmöglichkeiten, zu haben.

Folgende Deutungen wurden vertreten:

- Einfache, aber reale Beispiele
- Komplexere reale Beispiele
- Reale Problemstellungen größeren Umfangs, Lösung über längere Zeit - Projektstudien
- Zum Teil gekünstelte, gelenkte Beispiele, die einen ganz bestimmten Lehrzweck verfolgen - Demonstration eines Sachverhalts, Offenlegung impliziter Annahmen etc.

Trotz gediegener theoretischer Ausbildung ergibt sich das Problem, daß Absolventen den Aufgabenstellungen in der Praxis in der Regel hilflos ausgeliefert sind, sie können den Bezug ihrer theoretischen Kenntnisse zu den tatsächlich auftretenden Problemen nicht herstellen. Zur Überbrückung erscheinen Projektstudien, in denen unter (vorsichtiger bzw. umsichtiger) Anleitung komplexere Probleme schrittweise modelliert werden, ausgezeichnet geeignet (H.S. SICHEL).

In einführenden Kursen hingegen hat man ein ausgewogenes Verständnis der Begriffe und Konzepte zu ermöglichen. Dazu scheinen zu umfangreiche, zu komplexe Beispiele nicht unbedingt geeignet. Traditionelle Kurse simplifizieren in dieser Hinsicht zu sehr und tendieren daher dazu, verzerrte Vorstellungen von zentralen Begriffen (etwa Irrtumswahrscheinlichkeit und deren empirische Bedeutsamkeit) zu vermitteln (M. BOROVČNIK). Mittels gelenkter Fallstudien könnte man die Grenzen statistischer Methoden besser ausloten - erst Zwecke, Beurteilungen, das Heranziehen von Information etc. ermöglichen die Festlegung der

Modellsituation, beeinflussen somit die Resultate, deren Interpretation ohne den gesamten Kontext und den Strukturierungsakt vage wird (M. BOROVCNIK) - eine Erkenntnis, die üblicherweise höchstens ein wenig vermittelt wird.

#### Topic 16: Principles of Learning Probability and Statistics

Intentionen: Entwicklung des Verständnisses von Konzepten bei Kindern.

In psychologischen Experimenten und empirischen Erhebungen zeigen sich zum Teil einander widersprechende Ergebnisse:

- Bereits im Alter von 6 Jahren aufwärts verfolgen Kinder teilweise Strategien in Situationen mit Unsicherheit (Chancenvergleich von Urnen), manchmal sogar die "richtige" Anteilsstrategie, ohne dies allerdings verbalisieren zu können (R. FALK).
- Unterricht in Stochastik (11-13) zeigt zweierlei Effekte: Kinder werden sich der Zufallsphänomene bewusst, sie reagieren mehr analytisch als intuitiv bei der Lösung - das kann so weit führen, daß sie die Situation durch Einbezug irrelevanter Information verkomplizieren (E. FISCHBEIN).
- Werden Kinder zu früh (10) unterrichtet, so können (allenfalls) richtige Intuitionen durch unverständene Routinen ersetzt werden (E. FISCHBEIN).
- Mit zunehmendem Alter zeigen Kinder eine bessere Bewältigung von Zufallssituationen - den Haupteinflussfaktor scheint die Intelligenz darzustellen (D.R. GREEN).
- Die meisten Sechzehnjährigen erreichen ein formales Stadium des Verständnisses nicht (D.R. GREEN).
- Die Analyse von Fehlerprotokollen deutet die Abhängigkeit des Verständnisses von der Art der Darbietung an (mehr formal - mehr Erklärungstext intuitiver Art, J.L. MYERS).

Üblicher Unterricht in Stochastik kann gängige Fehlvorstellungen nicht abbauen. Als Ursachen für systematische Fehlvorstellungen werden der inadäquate Einsatz zweier Strategien (representativeness, availability\*) herausgestrichen. Unsystematische Fehlvorstellungen sind teilweise auf deterministische Verhaltensweisen (etwa auch auf Vernachlässigung von relevanten Informationen) sowie auf persönliche Überzeugungen (auch Aberglaube) zurückzuführen. Zur Überwindung solcher Fehlvorstellungen werden vorgeschlagen (J.M. SHAUGHNESSY):

- Einbezug von Aktivitäten, experimentelle Erfahrungen, Simulation,
- Aufgreifen von Mißbrauch von Stochastik, von statistischen Paradoxa,
- Stellen von herausfordernden Problemen, die auch der Sammlung von Daten zu ihrer Lösung bedürfen,
- Durchführen klinischer Interviews mit den Studenten.

\* Was repräsentativer erscheint, wird mit höherer Wahrscheinlichkeit bewertet; das Ereignis, für das man sich leichter Versuchsgänge vorstellen kann, wird für wahrscheinlicher gehalten.

Ein Zugang zur Stochastik von H.J. BENTZ ist durch Aktivitäten/Simulation geprägt. Die Möglichkeiten der Bayesschen Position für den Unterricht von Stochastik werden von einer theoretischen Warte aus untersucht (H. STEINBRING).

#### Wichtige Problemkreise, die angesprochen wurden

Im weiteren sollen mir wichtig erscheinende Problemkreise durch weitere Kommentare hervorgehoben bzw. ergänzt werden.

#### *Bedeutung realer Beispiele und des Anwendungsfaches*

Statistik wird u.a. als Methode gesehen, die dazu beitragen kann, anstehende Probleme und Fragestellungen zu lösen. Dazu genügt es nicht, allein die Methode zu studieren. Man muß Studenten von der Nützlichkeit der Methode überzeugen, man muß zeigen, wo die Probleme des Anwendungsfaches liegen, die mit Hilfe statistischer Methoden bewältigt werden können. Unterrichtet man Mathematikstudenten, so wird Wert darauf zu legen sein, daß sie den Prozeß des Anwendens wenigstens exemplarisch im Studium vorwegnehmen. Abgesehen davon, daß sie durch ein intensives Studium des mathematischen Modells allein ein einseitiges Verständnis von der Anwendbarkeit und den Möglichkeiten statistischer Denkweisen aufbauen, sind sie in der Regel für reale Probleme in der Praxis kaum gerüstet. Die Einschätzungen laufen schon darauf hinaus, daß es aussichtsreicher ist, Techniker und andere Anwender in Statistik fortzubilden, als Statistiker in das entsprechende Anwendungsfach einzuführen. Für komplexere Probleme wird eine Zusammenarbeit von Anwendern und Statistikern im Team notwendig sein, die Ausbildung breiter Kommunikationsfähigkeiten wird hierfür unerlässlich sein. Damit Statistiklehrende selbst um relevante Anwendungen und den Prozeß des Anwendens Bescheid wissen, wird es notwendig sein, die Zusammenarbeit von Hochschulinstituten mit den Bereichen, die Statistiker anstellen, zu forcieren.

Dem Modellbildungsprozeß ist gegenüber wahrnehmungstheoretischen Überlegungen Priorität einzuräumen, erst in einer weiteren Phase des Studiums sind wahrnehmungstheoretische Überlegungen zur Rechtfertigung der Methoden heranzuziehen. Ausgangsproblemstellungen werden durch Zwecke und Intentionen, willkürlicher wie sub-

jektiver Prägung, in einem "Modellbildungsprozeß" in eine Modellsituation übergeführt, darin werden einige Fragen beantwortet, andere Fragen werden aufgeworfen. Diese Erfahrungen sind bereits im Studium teilweise vorwegzunehmen.

Es werden verschiedene Stufen der Komplexität von realen Beispielen gesehen: einfache, reale Beispiele/case studies/Projektstudien. Die Problematik wirklich realer Beispiele wird zum Teil erörtert: sind sie zu einfach, dann sind sie meist auch unzulässig simplifiziert, ihr Bildungswert ist gering - sind sie zu komplex, kann man von den nichtmathematischen Problemen "erschlagen" sein.

#### *Statistik*

Auf allen Niveaus (Sekundarstufen I und II, Universität, sowohl die Ausbildung von Anwendern als auch Mathematikern betreffend) widmete man sich hauptsächlich den Problemen des Unterrichts von Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung stand eher im Hintergrund, als theoretischer Überbau zur Rechtfertigung für die Methoden. Der Bedeutung von statistischen Methoden und statistischer Information für unsere Kultur entsprechend ist es notwendig, Schüler und Studenten zu mündigen Bürgern heranzubilden, die der täglichen Auseinandersetzung mit (pseudo-)statistischen Argumenten gewachsen sind.

Für den Sekundarstufenbereich sieht man große Chancen in der beschreibenden Statistik, die breite Möglichkeiten zur Übung von Modellbildung und den dazu notwendigen Qualifikationen bietet, die darüber hinaus die Subjektivität jedweder Mathematisierung der Umwelt deutlich machen kann. Der zu schwierigen Mathematik in der beurteilenden Statistik, die ein Erfassen der Bedeutung der dadurch ermöglichten Ergebnisse behindern kann, versucht man etwa durch die Simulationsmethode zu begegnen. Ein methodologisch andersartiger Weg wird mit der explorativen Datenanalyse beschritten.

#### *Simulation*

Lehrspiele bzw. Spielsituationen werden vorgestellt, aus denen sich zwanglos statistische Fragestellungen ergeben, die mittels der Simulation von Ergebnissen studiert und "gelöst" werden. Die Möglichkeiten der Simulationsmethode für den Unterricht sind vielfältig:

- Visualisierung der Konsequenzen eines mathematischen Modells/bestimmter theoretischer Eigenschaften,
- Behandlung mathematisch zu schwieriger Probleme.

Simulation ist eine vielversprechende Lehrstrategie, man kann zu schwieriger Mathematik verkürzen, die Verbindung zwischen theoretischer Komponente und experimenteller Erfahrung scheint möglich. Man muß allerdings sorgfältig darauf achten, daß nicht eine einseitige Bindung an "long run"-Vorstellungen erfolgt; es ist sorgfältig zwischen Simulationssituationen und realer Ausgangsproblemstellung zu differenzieren, erstere ist eine Modellsituation (der Mathematik einverleibt), erst durch einen durch Zwecke geprägten Strukturierungsakt wird die Verbindung zur Realsituation hergestellt. Das wird leicht übersehen, weil man die simulierten Ergebnisse "real" miterlebt, ihr Charakter als Modellergebnisse und die impliziten Annahmen sind nach und nach aufzudecken.

#### *Elektronische Hilfsmittel*

##### Der Einsatz elektronischer Hilfsmittel

- ermöglicht die Verwirklichung der Simulationsmethode,
- ermöglicht vielfältige graphische Bearbeitung von Daten (hiebei reicht der Taschenrechner nicht aus),
- reduziert den Kalkül.

Taschenrechner, Mikro-Computer und Programmpakete können bei der Begriffsbildung direkt (durch oben genannte Visualisierungen) einen Beitrag leisten und schaffen Kapazität an Zeit und Denkvermögen (durch Reduktion des Kalküls), sodaß man sich mit wichtigen Problemen des Umfeldes der zu behandelnden Problemstellungen und der Interpretation der Ergebnisse befassen kann. Es besteht ein deutlicher Trend zum Einsatz von eigens für die Lehre von Statistik konzipierten Programmpaketen.

#### *Experimentelle Datenanalyse*

Diese neue Technik, an statistische Probleme heranzugehen, scheint tief in das traditionelle Verständnis von Statistik einzugreifen. Es handelt sich dabei um eine Fortentwicklung der beschreibenden Statistik, die dieser selbst neue Impulse verleihen kann. Typisch für experimentelle Datenanalyse ist im Gegensatz zur klassischen beurteilenden Statistik (die Einzelanalysen vorzieht, die nach bestimmten Kriterien optimale Ergebnisse liefern) die mehrfache Analyse, simplifiziert könnte man sagen, daß es sich um graphische und numerische Detektivarbeit handelt, der Akzent liegt dabei auf graphischen Methoden, teils naiver Art, teils durch den Computer unterstützt. Experimentelle Datenanalyse wird mehrfach als Chance angesprochen (siehe auch den Kurs von J. BIBBY).

### *Projektorientierter Unterricht*

Im Zusammenhang mit der größeren Wertschätzung von realen Beispielen steigt auch das Interesse an innovativen Lehrstrategien: Projektunterricht bzw. case studies. Dem anwendungsorientierten Charakter von Statistik dürfte man mit dieser Unterrichtsform am ehesten entsprechen. Ausgehend von realen Situationen ist man hierbei gezwungen, Fragestellungen erst festzulegen, der Realsituation ein Modell aufzuprägen; man erlebt die im Modellbildungsprozeß vorhandenen subjektiven Bewertungen und den Einfluß von Zwecken mit. Die selbständige Erhebung von Daten und die Prüfung der Datenqualität, auf die besonderer Wert zu legen ist, erscheint gerade in dieser Lehrform selbstverständlich. Auf die Schwierigkeiten, die entstehen, wenn die realen Probleme zu komplex sind, wurde schon hingewiesen.

### *Interpretation von statistischen Aussagen*

Allenthalben wird versucht, technische Schwierigkeiten etwa durch den Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln zu reduzieren, damit man sich intensiver mit dem wichtigen Problemkomplex der Interpretation statistischer Aussagen beschäftigen kann. Die Bedeutung der Ausgangsfragestellung, des Umfeldes, des Anwendungsfaches für die Interpretation des Ergebnisses wird hervorgehoben, losgelöst von diesem Kontext sind statistische Aussagen jeder Interpretation fähig, oder überhaupt nicht sinnvoll zu interpretieren.

Der Bayessche Ansatz erscheint statistischen Aussagen mehr Sinn zu verleihen (D. WICKMANN), zumindest kann man mit ihm - auf einer Ebene der Modellerweiterung, noch ohne Fragen um die Natur des Wahrscheinlichkeitsbegriffes aufzugreifen - den Charakter klassischer statistischer Verfahren und ihrer Ergebnisse besser ausloten und implizite Annahmen, die zugrunde liegen, offen legen.

### *"Strategien" in indeterministischen Situationen*

Primärintuitionen, die das Verhalten in indeterministischen Situationen beeinflussen, sind für einen Unterricht in Stochastik von zweierlei Bedeutung:

- Sind sie falsch, so soll ein guter Unterricht in der Lage sein, sie zu verändern,
- sind sie adäquat, so können sie eventuell im Unterricht ausgebaut werden (Motivation), etwa indem sie als Ausgangspunkt für das Vorantreiben der mathematischen Erfassung des Zufallsgeschehens dienen.

Empirische Untersuchungen zeigen, daß Kinder vorhandene Intuitionen (seien sie richtig oder falsch) durch unverstandene Routinen ersetzen,

wenn sie intellektuell noch nicht reif dafür sind (etwa im Alter von 10 Jahren). Der übliche Unterricht geht an solchen Intuitionen vorbei, bestimmte Strategien werden auch nach Unterweisung in Statistik (unbewußt) inadäquat angewendet. Es erscheint notwendig, derartige Fehlvorstellungen im Unterricht direkt zu thematisieren, damit er wirksam werden kann.

### *Curriculare Tendenzen*

Eine Neugewichtung von Inhalten erscheint in vieler Hinsicht notwendig, einige Gründe seien in knapper Form festgehalten:

- **Notwendigkeit:** Es besteht eine Diskrepanz zwischen dem, was gelehrt wird, und dem, was in der Praxis tatsächlich verwendet wird.
- **Einbezug von vernachlässigten Ideen:** Nicht-parametrischen Ideen - Bayessche Ideen
- **Einbezug von neuen Ideen:** Experimentelle Datenanalyse in Kontrastierung zu Inferenz-Statistik.
- **Einbezug von neuen Hilfsmitteln:** Computer
- **Einbezug von Hintergrundwissen:** Statistische Methodologie, historische Entwicklung von Verfahren und Konzepten, Meta-Wissen über die Bedeutung und Interpretation statistischer Aussagen.
- **Einbezug von neuen Arbeitsformen:** Teamarbeit, Projekte, exemplarisches Vorwegnehmen des Transfers von theoretischem Wissen auf reale Probleme.

Für den an Problemen des Unterrichts in Statistik interessierten Leser wird der Tagungsband, der Anfang 1983 erscheinen soll, sicherlich interessante Anregungen bieten.

Themen der Sektionen, auf die hier nicht eingegangen werden konnte:

- Topic 4 Teaching statistics to non-statisticians
- Topic 6 Training of teachers in statistics
- Topic 7 Use of calculators and computers in teaching
- Topic 9 Training of statistical practitioners
- Topic 10 Education and training in statistics in developing countries
- Topic 11 Cooperation between academic and practising statisticians
- Topic 12 Teaching of survey sampling
- Topic 13 Teaching of the design and analysis of experiments
- Topic 14 Training of industrial practitioners