

santé et les usagers. Leurs possibilités d'action dans l'éducation à la santé et la prévention, pourraient être exploitées de façon plus systématique. Les fonctions très hétérogènes qu'ils remplissent constituent dans cette perspective un véritable avantage. Ils sont confrontés à une grande variété de questions relevant de la médecine sociale et ont souvent recours à des modèles d'intervention «originaux». Nous présentons ici un programme de formation en santé communautaire dont bénéficient les futurs assistants sociaux et animateurs étudiant à l'École d'Études Sociales et Pédagogiques de Lausanne. L'analyse critique de ce programme montrent les nombreuses difficultés rencontrées par cette expérience, mais aussi l'intérêt de former aux questions de santé communautaire des travailleurs engagés de plus en plus dans des interventions où les problèmes de santé sont au premier plan.

Summary

Programme of Training in Social and Preventive Medicine for Social Workers

Social workers may be an essential link between health professionals and patients. Their possibilities of action in health education and prevention could be used more systematically. From this viewpoint, the various functions they carry out are an absolute advantage. They are confronted with countless relevant matters of social and preventive medicine and often resort to "original" intervention models. This article presents a programme of training in social and preventive health developed in the Social and Educational School of

Lausanne for future social workers and animators. The critical analysis of this programme shows the numerous difficulties which are linked to this training, but also the necessity of such a training for the social workers who are more and more involved in interventions where health problems are in the front rank.

Zusammenfassung

Ausbildungsprogramm in Sozial- und Präventivmedizin für Sozialarbeiter

Sozialarbeiter können ein unentbehrliches Glied zwischen den Gesundheitsberufen und den Patienten bilden. Ihre Möglichkeiten in der direkten Gesundheitserziehung und der Prävention könnten systematisch ausgenutzt werden. Die sehr unterschiedlichen Funktionen, welche Sozialarbeiter erfüllen, sind in dieser Hinsicht von besonderem Vorteil. So sind sie mit einer grossen Vielfalt von relevanten Fragen der Sozial- und Präventivmedizin konfrontiert und haben häufig die Möglichkeit, «originelle» Interventionsmodelle einzusetzen. Der vorliegende Artikel stellt ein Ausbildungsprogramm in Sozial- und Präventivmedizin der Schule für Sozialarbeit in Lausanne vor, welches sich an die zukünftigen Sozialarbeiter und Animatoren richtet. Die kritische Analyse dieses Programmes zeigt die vielen Schwierigkeiten, die mit dieser Ausbildung verbunden sind, aber auch die Wichtigkeit der Ausbildung in solchen Fragen für diejenigen, die direkt mit den Interventionen oder den Gesundheitsproblemen an vorderster Front konfrontiert sind.

Zeitreihenanalyse eines Präventionseffektes am Beispiel des Unfallgeschehens in Zürich vor und nach Tempo 50

Ulrich Helfenstein

Biostatistisches Zentrum der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

Einleitung

Bei der Evaluation der Wirkung präventiver Massnahmen können Daten in bestimmten festen zeitlichen Abständen gesammelt werden. Als Beispiel seien nur die monatlichen Häufigkeiten von Neuerkrankungen vor und nach einem Impfprogramm erwähnt. Die dabei erzielten Effekte sind manchmal so gross, dass sich die Frage erübrigt, ob der Rückgang der Krankheit in der Bevölkerung auch durch Zufall erklärt werden könnte. Bei anderen präventiven Massnahmen sind die Effekte weniger evident, und es stellt sich das Problem der möglichen Zufälligkeit der beobachteten Ergebnisse und damit die Frage nach der adäquaten statistischen Methode zur Untersuchung der vermuteten Unterschiede. Bei den üblichen statistischen Verfahren wird angenommen, dass die beobachteten Daten Realisationen von unabhängigen (ein- oder mehrdimensionalen) Zufallsvariablen sind. Falls die Daten aber in zeitlicher Folge auftreten, kann die Unabhängigkeit der Zufallsvariablen nicht ohne weiteres angenommen werden. Die Interpretation solcher

Daten wird oft dadurch erschwert, dass saisonale Schwankungen und Trends (stochastisch oder deterministisch) vorliegen.

Obschon theoretische Untersuchungen zu dieser Problematik schon länger durchgeführt wurden, ist es erst seit dem Erscheinen des Werkes von *Box* und *Jenkins* [1] leicht möglich geworden, die entsprechenden statistischen Verfahren auch in der Praxis anzuwenden. Seither sind bereits viele Erfahrungen mit diesen Methoden in verschiedenen Bereichen der Industrie und Ökonomie, zum Beispiel in der Werbung, gewonnen worden. In den letzten Jahren haben sich auch bereits einige Anwendungen in der Epidemiologie ergeben [2–6].

Die vorliegende Arbeit verfolgt zwei Ziele: Einerseits sollen anhand einer Fallstudie einige Möglichkeiten der Zeitreihenanalyse etwas näher erläutert werden. Die Methode soll so beschrieben werden, dass einem statistisch weniger versierten Leser ein intuitives Verständnis möglich ist. Einige technische Details sind in einem Anhang zusammengestellt. Zum anderen schein-

nen aber die Ergebnisse selbst interessant. Verletzungen im Verkehr bedeuten nach wie vor ein wichtiges Problem im Bereich des öffentlichen Gesundheitswesens [7].

Im Juli 1980 wurde auf dem gesamten Stadtgebiet von Zürich «Tempo 50» eingeführt. Es soll die Frage abgeklärt werden, wie sich seit jenem Zeitpunkt das Unfallgeschehen geändert hat. Wichtige Aspekte dieses Problemkreises sind bereits untersucht worden [8–10]. Insbesondere fand Walz eine Abnahme der Verletzungen bei Fussgängern [10]. Die vorliegende Studie möchte jene Untersuchungen ergänzen und ausserdem das Problem von einem anderen Gesichtspunkt aus beleuchten: Das Unfallgeschehen wird als Realisation eines stochastischen Prozesses betrachtet, dessen Struktur man aus den Daten eruieren kann. Aus dem Verlauf der Reihe vor der Temporeduktion wird der erwartete weitere Verlauf berechnet (statistische Vorhersage). Der erwartete und der wirkliche Verlauf der Reihen werden verglichen. Ausserdem wird aus der ganzen Zeitreihe die Grösse des Präventionseffektes geschätzt und ein Mass für die Genauigkeit dieser Schätzung angegeben (Interventionsanalyse [11, 12]). Die untersuchten Daten stammen aus den Jahrbüchern der Stadt Zürich von 1976 bis 1985 [13]. Analysiert wurde ein Zeitraum von fünfeinhalb Jahren vor und viereinhalb Jahren nach Einführung der präventiven Massnahme. Folgende Daten wurden untersucht: vierteljährliche Anzahl von Verkehrsunfällen mit Verletzungen insgesamt, von Leicht- und Schwerverletzten und von Verkehrsunfalltoten.

Methodik

Das erste verwendete Verfahren besteht im Vergleich von Vorhersage und Wirklichkeit [12]. Zuerst wird ein Modell für die Zeit vor Einführung der präventiven Massnahme gewählt, welches die Wahrscheinlichkeitsstruktur der Reihe beschreibt. Dieses Modell wird benützt, um den weiteren Verlauf der Reihe so vorauszusagen, wie er ohne präventive Massnahme erwartet würde. Anschliessend wird in einem globalen Test geprüft, ob sich der vorausgesagte Verlauf mehr als zufällig von dem beobachteten Verlauf unterscheidet. Die zweite Methode lässt sich folgendermassen beschreiben: Wir bezeichnen die Anzahl Ereignisse (z. B. Todesfälle) im Quartal t mit y_t . Dann schreiben wir:

$$y_t = \beta x_t + z_t$$

Dabei hat x_t den Wert 0 vor Einführung der präventiven Massnahme (1. Juli 1980) und den Wert 1 nachher. z_t ist ein Zufallsprozess, der die Abhängigkeit zwischen den Daten beschreibt (siehe Anhang). β stellt den möglichen Präventionseffekt dar. Dieses Modell ist ein Beispiel der sogenannten Interventionsanalyse [11].

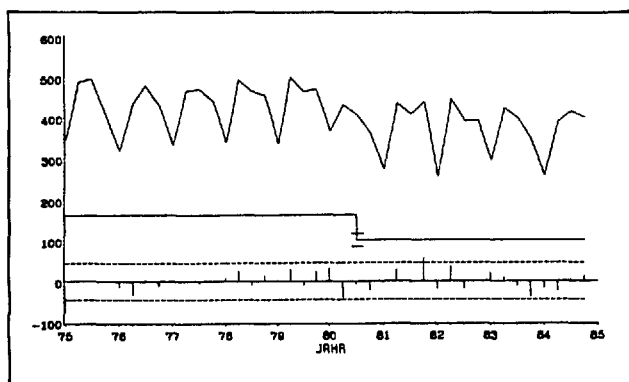
Um ein passendes Modell für den Zufallsprozess zu finden, haben Box und Jenkins [1] das folgende iterative Dreischrittverfahren vorgeschlagen: Im ersten

Schritt wird das Modell gewählt, im zweiten werden die Parameter geschätzt, und im dritten wird geprüft, ob das Modell adäquat ist. Das entscheidende Hilfsmittel bei der Modellwahl ist die Autokorrelationsfunktion (Akf). Sie errechnet die Korrelationskoeffizienten der Reihe mit einer um die Zeit k verschobenen Version derselben Reihe. Sie beschreibt also die Abhängigkeit der gegenwärtigen von den früheren Daten ($k = 0, 1, 2, \dots$). Es gibt typische Muster solcher Akf's, so dass man mit diesem Hilfsmittel auf ein vorläufiges Modell für die vorliegende Reihe geführt wird. Danach werden die Modellparameter geschätzt, und anschliessend wird geprüft, ob das vermutete Modell die Daten adäquat beschreibt. Zu diesem Zweck untersucht man (in Analogie zur gewöhnlichen Regression) die Residuen. Sie sollten die einfachste mögliche Struktur haben: Eine Folge von unabhängigen Zufallsvariablen. Die Prüfung auf Unabhängigkeit geschieht mit Hilfe der Akf der Residuen (alle Koeffizienten sollten nicht wesentlich von Null verschieden sein für eine Zeitverschiebung ungleich Null). Ein Anpassungstest gibt darüber Auskunft, ob man diese Hypothese für die Gruppe der ersten k Koeffizienten beibehalten kann (für Quartalsdaten z. B. $k=4, k=8, \dots$). Wird die Hypothese verworfen, kehrt man zum ersten Schritt zurück und sucht ein verbessertes Modell.

Resultate

In der *Abbildung 1* oben und in den *Abbildungen 3* und *4* sind die beobachteten Zeitreihen dargestellt. Bei den Reihen «Anzahl Unfälle» und «Anzahl Leicht- und Schwerverletzte» sieht man ausgeprägte saisonale Schwankungen. Diese saisonale Struktur spiegelt sich auch in den zugehörigen Autokorrelationsfunktionen. Für die Zeitverschiebungen (Lag's) $k = 0, 1, 2, \dots, 12$, finden sich folgende Koeffizienten: 1, 0.01, -0.11, -0.10, **0.73**, -0.06, -0.15, -0.08, **0.61**, -0.12, -0.19, -0.13, **0.49**. Sie zeigen deutliche positive Peaks bei Lag 4, 8, 12..., welche stetig abnehmen (fette Zahlen). Die Reihe «Anzahl Todesfälle» (*Abb. 3*) zeigt

Abb. 1. Oben: Anzahl Unfälle mit Verletzten. Mitte: Stufenfunktion. Unten: Reihe der Residuen (Erklärungen im Text).



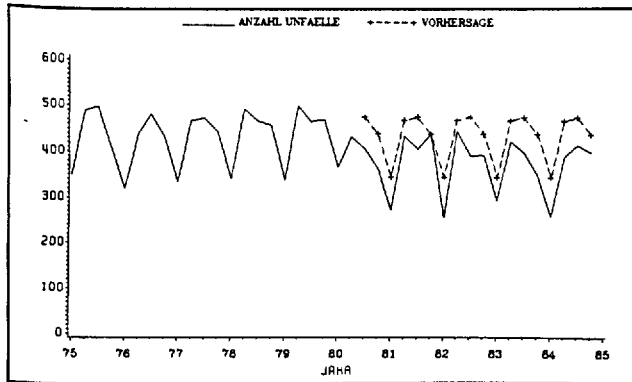


Abb. 2. Vergleich von Vorhersage und Wirklichkeit für die Reihe «Anzahl Unfälle mit Verletzten».

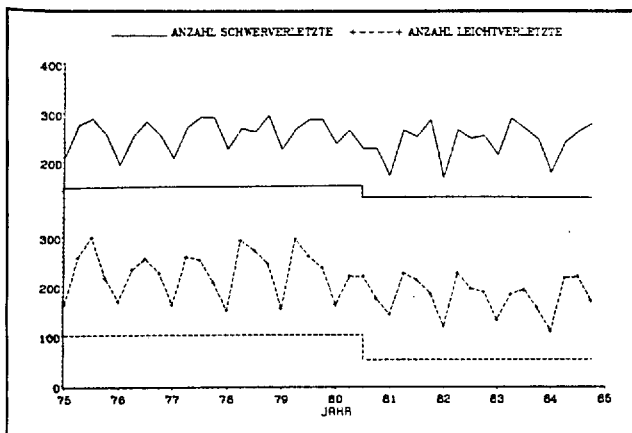


Abb. 3. Die beiden Reihen «Anzahl Schwerverletzte» und «Anzahl Leichtverletzte» mit den zugehörigen Stufenfunktionen.

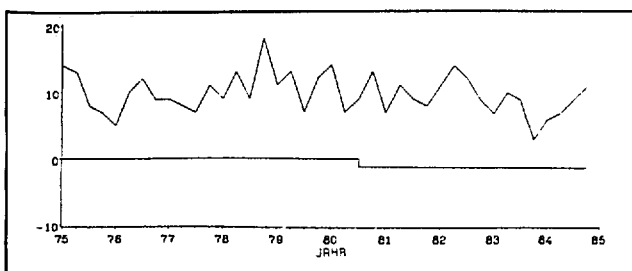


Abb. 4. Reihe «Anzahl Tote» und zugehörige Stufenfunktion.

eine deutlich andere Struktur. Es sind keine saisonalen Effekte erkennbar. Die Akf bestätigt diesen Befund. Sie hat die einfachste Struktur, die man finden kann: Alle Koeffizienten sind nicht wesentlich von Null verschieden.

Bei den Reihen in *Abbildung 1* oben und in *Abbildung 3* unten vermutet man einen Rückgang der Anzahl Schadensereignisse seit dem 1. Juli 1980. Bei den Reihen «Anzahl Schwerverletzte» und «Anzahl Tote» ist unklar, ob ein Rückgang stattfand.

Um die Grösse der vermuteten Rückgänge zu schät-

zen, wurde für jede Reihe das von *Box* und *Jenkins* vorgeschlagene Verfahren (iteratives Modellbestimmen, Schätzen und Überprüfen) durchgeführt [1]. Die wichtigsten gefundenen Modelle sind im Anhang angegeben. Die üblichen Methoden des Modellprüfens (graphische Darstellung der Residuen, Akf der Residuen und Anpassungstest) ergaben keine Hinweise auf Modellabweichungen. Zur Illustration ist in *Abbildung 1* unten die zugehörige Reihe der Residuen mit zwei Geraden im Abstand $\pm 2s$ dargestellt (s : geschätzte Standardabweichung der Residuen). Dass ein Residuum aus dem Streifen herausfällt, ist bei einer Reihe dieser Länge zu erwarten.

In *Tabelle 1* sind die wesentlichen Resultate zusammengestellt. Die Effekte sind nicht sehr gross, wenn man sie mit der Grösse der saisonalen Schwankungen vergleicht. Für die Reihe «Anzahl Unfälle» ist jedoch der Effekt über achtmal grösser als der zugehörige Standardfehler. Ein ähnliches Resultat ergibt sich für die Reihe «Anzahl Leichtverletzte». Der Effekt ist bei den Schwerverletzten deutlich weniger ausgeprägt. Die Schätzung ist jedoch immer noch relativ präzise. Bei der Reihe «Anzahl Tote» ist der Standardfehler ungefähr gleich gross wie der geschätzte Effekt selbst. Er ist also statistisch nicht gesichert. Um diese Effekte besser sichtbar zu machen, sind unterhalb der zugehörigen Reihen Stufenfunktionen abgebildet. Die Höhe der Stufe entspricht der geschätzten Effektgrösse β . In der *Abbildung 1* ist ausserdem der ± 2 SE-Bereich von β angegeben (SE: Standardfehler von β).

Die Frage, ob sich das Gurtenobligatorium vom 1. Juli 1981 zusätzlich ausgewirkt hat, wurde für die Reihe «Anzahl Unfälle mit Verletzten» mit einem Modell geprüft, welches im Anhang dargestellt ist [Modell (b)]. Es konnte für diese Reihe keine zusätzliche Reduktion aufgedeckt werden.

Für die Reihe «Anzahl Unfälle mit Verletzten» wurde ausserdem ein Modell bestimmt, welches nur die Daten bis zum Moment der Intervention benützt. Mit diesem Modell wurde der erwartete weitere Verlauf der Reihe vorausgesagt. In *Abbildung 2* ist die beobachtete Reihe «Anzahl Unfälle» zusammen mit der vom Interventionsmoment ab vorausgesagten Reihe dargestellt. Diese graphische Methode hilft, den vermuteten Effekt besser sichtbar zu machen. Die Hypothese, dass sich der vorausgesagte Verlauf nur zufällig vom beobachteten Verlauf unterscheidet, wurde in einem globalen Test verworfen [12].

Tab. 1. Geschätzte Effekte und zugehörige Standardfehler.

Reihe	Effekt β	Standard-Fehler	Prozentuale Änderung
Anzahl Unfälle	- 61,8	7,0	14,2 %
Anzahl Leichtverletzte	- 50,1	4,9	22,0 %
Anzahl Schwerverletzte	- 24,1	5,8	9,2 %
Anzahl Tote	- 1,11	0,93	10,8 %

mit Mittelwert 0, und Varianz s^2 . x_t (bzw. x_{1t} und x_{2t}) ist eine Stufenfunktion ($x_t = 0$ für $t < T$, $x_t = 1$ für $x_t \geq T$, T : Zeitpunkt der Intervention). Δ_4 ist die Anweisung zur Differenzenbildung für Quartalsdaten mit $\Delta_4 y_t = y_t - y_{t-4}$, und B ist die Anweisung zur Rückwärtsverschiebung mit $B y_t = y_{t-1}$ bzw. $B^4 y_t = y_{t-4}$.

Zusammenfassung

Bei der Evaluation der Wirksamkeit präventiver Massnahmen treten Daten häufig in festen zeitlichen Abständen auf und es kann nicht ohne weiteres angenommen werden, dass aufeinanderfolgende Beobachtungen stochastisch unabhängig sind. Die Interpretation solcher Daten wird oft dadurch erschwert, dass saisonale Schwankungen und Trends vorliegen.

Anhand des Beispiels «Reduktion der Verkehrsunfälle nach Einführung von Tempo 50 in Zürich» wird dargestellt, wie die Methode der Zeitreihenanalyse dazu beitragen kann, die Effektivität solcher Massnahmen zu beurteilen.

Man bestimmt für die Reihe vor Einführung der präventiven Massnahme ein statistisches Modell, welches die Wahrscheinlichkeitsstruktur der Reihe wiedergibt. Dieses Modell wird benützt, um den weiteren Verlauf der Reihe, den man ohne präventive Massnahme erwartet hätte, vorauszusagen. Der erwartete und der wirkliche Verlauf werden dann in der gleichen graphischen Darstellung abgebildet. Mit einem Test wird geprüft, ob sich der unterschiedliche Verlauf auch durch Zufall erklären lässt. In einem ergänzenden Verfahren (Interventionsanalyse) wird die Grösse des Effekts geschätzt und ein Mass für die Genauigkeit der Schätzung angegeben.

Für die Daten der Stadt Zürich ergab sich nach Einführung von Tempo 50 für die Reihe «Anzahl Unfälle mit Verletzten» eine jährliche Reduktion von ungefähr 250 Unfällen (14%) mit zugehörigem Standardfehler von 30. Die Reduktion ist deutlich weniger ausgeprägt bei der Reihe «Anzahl Schwerverletzte» als bei der Reihe «Anzahl Leichtverletzte».

Summary

An example of time series analysis to assess the efficiency of preventive measures: speed limitation and traffic injuries in Zurich

In the evaluation of the effect of preventive measures data often arise at fixed time intervals and it is likely that successive observations are stochastically dependent. By means of the example of the "possible reduction of traffic injuries after the introduction of a speed limitation (50 km/h) in Zurich" it is shown how time series methods can help to assess the efficiency of such measures.

For the series before the intervention a statistical model is identified which describes the probability structure of the series. This model is used to forecast the course of the series one would expect when no intervention takes place. The forecast and the actual series are then plotted in the same figure and the difference is analysed with a test. In addition to that the magnitude of the effect and its standard error are estimated (intervention analysis).

The series "numbers of accidents with injuries" showed after the intervention a yearly reduction of approximately 250 accidents (14%) with a corresponding standard error of 30. The reduction is markedly less pronounced in the series "number of seriously injured persons" than in the series "number of slightly injured persons".

Résumé

Un exemple d'analyse des séries chronologiques d'un effet préventif: limitation de vitesse et blessures de trafic à Zurich

Lors de l'évaluation de l'efficacité des mesures préventives les données se présentent souvent par intervalles fixes et on ne peut pas assumer que les observations sont indépendantes. Au moyen de l'exemple «réduction des accidents après l'introduction de la vitesse 50 à Zurich», on montre de quelle manière l'analyse des séries chronologiques peut aider à évaluer l'effet de cette mesure. Pour la part de la série avant l'intervention, on identifie un modèle statistique qui décrit la structure de la probabilité. Ce modèle sert à prédire le développement de la série attendu sans intervention. La série actuelle et la série prédite sont présentées dans la même figure et on analyse la différence avec un test. Dans une procédure additionnelle on indique l'estimation de l'effet et l'erreur-type correspondant (analyse d'intervention).

Pour les données de Zurich on observe, après la limitation de la vitesse, dans la série «nombre d'accidents avec des blessés» une réduction annuelle d'environ 250 accidents (14%) avec un erreur-type correspondant de 30. La réduction est moins forte dans la série «nombre de personnes gravement blessées» que dans la série «nombre de personnes légèrement blessées».

Literatur

- [1] Box G. E. P., Jenkins G. M., Time Series Analysis, Forecasting and Control, Revised Edition, San Francisco: Holden Day, 1976.
- [2] Bowie C., Prothero D., Finding causes of seasonal diseases using time series analysis. International Journal of Epidemiology 1981, 10: 87–92.
- [3] Choi K., Thacker S. B., An evaluation of influenza mortality surveillance, 1962–1979. I. Time series forecasts of expected pneumonia and influenza deaths. American Journal of Epidemiology 1981, 113: 215–226.
- [4] Choi K., Thacker S. B., An evaluation of influenza mortality surveillance, 1962–1979. II. Percentage of pneumonia and influenza deaths as an indicator of influenza activity. American Journal of Epidemiology 1981, 113: 227–235.
- [5] Helfenstein U., Box-Jenkins modelling of some viral infectious diseases. Statistics in Medicine 1986, 5: 37–47.
- [6] Lassare S., Tan S. H., Evaluation of safety measures on the frequency and gravity of traffic accidents in France by means of intervention analysis, in: Time Series Analysis, Theory and Practice 1, O. D. Anderson (editor), North-Holland Publishing Company 1982: 297–306.
- [7] Last J. M., Maxcy-Rosenau Public Health and Preventive Medicine, New York: Appleton-Century-Crofts, 1980.
- [8] Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit: Versuch Tempo 50, Schlussbericht. Bundesamt für Polizeiwesen, Bern, 1983.
- [9] Stadtpolizei Zürich: Versuch Tempo 50, Satellit Stadt Zürich, Schlussbericht, 1982.
- [10] Walz F., Fussgängererletzungen in Zürich bei Tempo 60 und während des Versuchs Tempo 50. Festschrift G. F. Götz-Stiftung, Med. Fak. Zürich 1982, 10: 101–140.
- [11] Box G. E. P., Tiao G. C., Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. Journal of the American Statistical Association 1975, 70: 70–79.
- [12] Box G. E. P., Tiao G. C., Comparison of forecast and actuality. Applied Statistics 1975, 70: 195–200.
- [13] Stadt Zürich: Statistische Jahrbücher 1976–1985.
- [14] Dixon W. J. et al., BMDP Statistical Software 1981. Berkeley: University of California Press, 1981.
- [15] Chatfield C., The Analysis of Time Series: An Introduction, 2nd Edition, London: Chapman and Hall, 1980.