

Untersuchungen über die Zufallsfolge der täglichen Straßenverkehrsunfälle in der Bundesrepublik Deutschland

VON DR.-ING. JOACHIM WESTPHAL, HANNOVER

1. Einführung

Erfahrungsgemäß schwanken die täglichen Zahlen der Straßenverkehrsunfälle und der Unfallopfer erheblich. Sie folgen aus vielen ständig wechselnden Einflüssen, so zum Beispiel aus der Art und Ortslage der Straßen, der Verkehrsbelastung und der Geschwindigkeit, den Jahreszeiten und den Witterungsbedingungen.

In einer mathematisch-statistischen Untersuchung der täglichen Straßenverkehrsunfälle und ihrer Opfer¹⁾ wurden ausgewählte Unfallmerkmale durch Zeitreihenanalysen in Trend-, Saison- und Zufallskomponenten zerlegt. Nach Ausschaltung der Saison- und Zufallskomponenten ergaben die Trendkomponenten Hinweise auf langfristige Veränderungen der Unfallmerkmale. Dabei beschrieben die Trendkomponenten jedoch keine Originaldaten, sondern die um die Saison- und Zufallskomponenten bereinigten Originaldaten.

In Ergänzung der o.g. Untersuchung²⁾ befaßt sich die vorliegende Studie ausschließlich mit den Originaldaten der täglichen Straßenverkehrsunfälle und ihrer Opfer. Dabei soll geklärt werden, ob diese Originaldaten zufallsmäßig aufeinander folgen oder nicht.

Die vorliegende Untersuchung bezieht sich

- sachlich auf die Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach Tagen,
- örtlich auf die Unfallorte innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften,
- räumlich auf die Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West),
- zeitlich auf den Gesamtzeitraum 1. 1. 1964 – 31. 12. 1974,
- methodisch auf den gesamten Zeitraum 1964 – 1974/die einzelnen Jahre 1964 – 1974.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Joachim Westphal
Baudirektor im Niedersächsischen
Ministerium für Wirtschaft und Verkehr
Friedrichswall 1
3000 Hannover 1

- 1) Westphal, J., Zeitreihenanalyse für die Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden nach Unfallorten in der Bundesrepublik Deutschland, in: Zentralblatt für Unfall-Untersuchung 1980 (erscheint im Herbst 1980).
- 2) Westphal, J., Zeitreihenanalyse für die Straßenverkehrsunfälle . . . , a.a.O.

Die in der Studie verwendeten täglichen Daten der Straßenverkehrsunfälle und ihrer Opfer stammen aus den amtlichen Statistiken des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden³⁾. Diese Ausgangsdaten können aus Platzgründen und wegen der besseren Übersichtlichkeit hier nicht wiedergegeben werden.

Das Datenmaterial für die Untersuchung bestand bei 6 Merkmalen, 3 Unfallorten und 4018 Tagen aus insgesamt $6 \cdot 3 \cdot 4018 = 72\,324$ Einzeldaten, die auf Lochkarten fixiert und durch Plausibilitätskontrollen geprüft wurden. Die Datenverarbeitung erfolgte auf einer Großrechenanlage IBM 370/158.

2. Prüfung der Zufallsfolge

Die in der Untersuchung behandelten Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften wurden als Zufallsvariablen aufgefaßt. Die diesen Variablen zugeordneten täglichen Daten konnten daher als Stichproben aus den entsprechenden Grundgesamtheiten angesehen werden. Da die Verteilung der insgesamt $6 \cdot 3 = 18$ Grundgesamtheiten unbekannt war, kamen für die Untersuchung der zugehörigen 18 Stichproben, d.h. der o.g. Merkmale nach den Unfallorten, auf Zufallsmäßigkeit der Datenfolge nur verteilungsunabhängige Tests in Frage. Diese Tests setzen nicht voraus, daß die Stichprobe aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammt.

Für die Prüfung der Zufallsfolge der täglichen Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften wurden daher der Iterationstest und der Phasenhäufigkeitstest von Wallis und Moore (Sachs⁴⁾) gewählt, die beide verteilungsfrei sind.

Die numerischen Berechnungen für beide Tests erfolgten mit EDV-Hilfe. Dazu wurden die beiden Rechenprogramme ITT für den Iterationstest und PHT für den Phasenhäufigkeitstest in der Programmiersprache FORTRAN IV entwickelt und ausgetestet. Diese Rechenprogramme führten mit dem vorliegenden Datenmaterial die beiden Tests sowohl für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 als auch für die einzelnen Jahre 1964 – 1974 durch. Die Ergebnisse der EDV-Läufe sind in den Tafeln 1 – 5 zusammengefaßt dargestellt.

- 3) Statistisches Bundesamt, Fachserie 8: Verkehr, Reihe 3.3: Straßenverkehrsunfälle 1964 – 1974 (Jahres- und Monatsberichte), Stuttgart und Mainz 1964 – 1975.
- 4) Sachs, L., Angewandte Statistik – Planung und Auswertung, Methoden und Modelle, 4. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin–Heidelberg–New York 1974.

2.1 Ergebnisse des Iterationstests

Der verteilungsunabhängige Iterationstest⁵⁾ setzt für seine Anwendung auf eine Stichprobe nicht voraus, daß die zugehörige Grundgesamtheit der Normalverteilung folgt. Dieser Test prüft die Unabhängigkeit, d.h. die zufällige Anordnung von Stichprobenwerten. Der Iterationstest untersucht Folgen von Alternativdaten oder Meßwerten auf Zufälligkeit. Meßwerte sind im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die täglichen Daten für die Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften, die in der Form zeitlicher Folgen als Ergebnisse der Beobachtung des Unfallgeschehens vorlagen.

Nach Sachs⁶⁾ bildet eine Iteration R eine Folge identischer Symbole, denen andere Symbole vorangehen oder folgen. Solche Iterationen gibt es nicht nur in der zeitlichen Folge von Alternativdaten, sondern auch von Meßwerten, die nach ihren Medianwerten in unterdurchschnittliche und überdurchschnittliche Gruppen eingeteilt werden können.

Beim zweiseitigen Test wird der Nullhypothese H_0 (die Reihenfolge der Stichprobenwerte ist zufällig, es liegt eine Zufallsstichprobe vor) die Alternativhypothese H_A (die Reihenfolge der Stichprobenwerte ist nicht zufällig, die Stichprobenwerte sind nicht unabhängig voneinander) gegenübergestellt. Beim einseitigen Test wird der o.g. Nullhypothese H_0 entweder die Alternativhypothese H_{A1} (Klumpung der Stichprobenwerte) oder die Alternativhypothese H_{A2} (regelmäßiger Wechsel der Stichprobenwerte) gegenübergestellt.

Für eine größere Anzahl von Stichprobenwerten errechnet sich die für den Iterationstest benötigte Prüfgröße Z_M wie folgt:

$$Z_M = \frac{|N \cdot (R - 1) - 2 \cdot N_1 \cdot N_2|}{\sqrt{\frac{2 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot (2 \cdot N_1 \cdot N_2 - N)}{N - 1}}}$$

$$N = N_1 + N_2.$$

5) Sachs, L., Angewandte Statistik . . . , a.a.O.; Stevens, W. L., Distribution of groups in a sequence of alternatives, in: Annals of Eugenics, Vol. 9 (1939), S. 10 - 17; Bateman, G., On the power function of the longest run as a test for randomness in a sequence of alternatives, in: Biometrika, Vol. 35 (1948), S. 97 - 112; Kruskal, W. H., A nonparametric test for the several sample problem, in: The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 23 (1952), S. 525 - 540; Levene, H., On the power function of tests of randomness based on runs up and down, in: The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 23 (1952), S. 34 - 36; Wallis, W. A., Rough-and-ready statistical tests, in: Industrial Quality Control, Vol. 8 (1952), S. 35 - 40; Ludwig, O., Über die stochastische Theorie der Merkmalsiterationen, in: Mitteilungsblatt für mathematische Statistik, 8. Jg. (1956), S. 49 - 82; Olmstead, P.S., Runs determined in a sample by an arbitrary cut, in: Bell Systems Technical Journal, Vol. 37 (1958), S. 55 - 82; Dunn, J. E., A compounded multiple runs distribution, in: Journal of the American Statistical Association, Vol. 64 (1969), S. 1415 - 1423.

6) Sachs, L., Angewandte Statistik . . . , a.a.O.

Darin bedeuten:

- Z_M : errechnete Prüfgröße,
- N : Zahl der Beobachtungen,
- N_1 : Zahl der Medianunterschreitungen,
- N_2 : Zahl der Medianüberschreitungen,
- R : Zahl der Iterationen.

Die Prüfgröße Z_M wird mit folgenden Tafelwerten verglichen:

- Z_2 : Tafelwert (statistische Sicherheit $S = 95\%$) im zweiseitigen Test,
- Z_1 : Tafelwert (statistische Sicherheit $S = 95\%$) im einseitigen Test.

Im zweiseitigen Test wird die Nullhypothese H_0 gegen die Alternativhypothese H_A abgelehnt bei $Z_M \geq Z_2$ und beibehalten bei $Z_M < Z_2$. Im einseitigen Test wird die Nullhypothese H_0 gegen die Alternativhypothese H_{A1}/H_{A2} abgelehnt bei $Z_M \geq Z_1$ und beibehalten bei $Z_M < Z_1$.

In Tafel 1 sind die Ergebnisse des Iterationstests für die Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften zusammengefaßt. Darin stellen die Zahlenangaben ohne Klammern die Ergebnisse des Iterationstests jeweils für den gesamten Zeitraum 1964 - 1974, die Zahlenangaben in Klammern die Eckwerte der Ergebnisse des Iterationstests jeweils für die einzelnen Jahre 1964 - 1974 dar. Bei 6 Merkmalen und 3 Unfallorten wurden zusammen $6 \cdot 3 = 18$ Iterationstests für den gesamten Zeitraum 1964 - 1974 durchgeführt. Außerdem ergeben sich bei 6 Merkmalen, 3 Unfallorten und 11 Jahren zusammen $6 \cdot 3 \cdot 11 = 198$ Iterationstests für die einzelnen Jahre 1964 - 1974. Die Gesamtzahl der Iterationstests betrug daher $18 + 198 = 216$.

Nach Tafel 1, Spalten 8 und 10, hatten die zweiseitigen Iterationstests sowohl für den gesamten Zeitraum 1964 - 1974 als auch für die einzelnen Jahre 1964 - 1974 in allen 216 Fällen jeweils das Ergebnis $Z_M > Z_2$. Damit wurde die Nullhypothese H_0 , wonach die Reihenfolge der Stichprobenwerte zufällig war, in allen Fällen abgelehnt.

Die einseitigen Iterationstests ergaben nach Tafel 1, Spalten 8 und 9, ebenfalls für den gesamten Zeitraum 1964 - 1974 wie für die einzelnen Jahre 1964 - 1974 in allen 216 Fällen $Z_M > Z_1$, wodurch die Ablehnung der Nullhypothese bestätigt wurde.

Aus den Ergebnissen des Iterationstests ist zu entnehmen, daß die Tagesdaten der Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften sowohl im gesamten Zeitraum 1964 - 1974 als auch in den einzelnen Jahren 1964 - 1974 nichtzufällig aufeinander folgten.

2.2 Ergebnisse des Phasenhäufigkeitstests

Der Phasenhäufigkeitstest von Wallis und Moore (Sachs⁷⁾, Wallis/Moore⁸⁾) ist wie der Iterationstest verteilungsunabhängig. Seine Anwendung auf eine Stichprobe setzt daher

7) Sachs, L., Angewandte Statistik . . . , a.a.O.

8) Wallis, W. A., Moore, G. H., A significance test for time series analysis, in: Journal of the American Statistical Association, Vol. 36 (1941), S. 401 - 409.

Tafel 1:

Ergebnisse des Iterationstests für die Unfälle mit Personenschaden/Verunglückten/Verletzten/Schwerverletzten/Leichtverletzten/Getöteten jeweils innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974/die einzelnen Jahre 1964 – 1974 bei Straßenverkehrsunfällen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West).

| Lfd. Nr. | Merkmal | Iterationstest | | | Iterationstest | | | | |
|----------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|--|--|--|---|---|--|
| | | Unfallort ¹⁾ | Zahl der Beobachtungen N | Zahl der Medianunterschreitungen N ₁ | Zahl der Medianüberschreitungen N ₂ | Zahl der Iterationen R | errechneter Z-Wert Z _m | Tafelwert für einseitigen Test ²⁾ Z ₁ | Tafelwert für zweiseitigen Test ²⁾ Z ₂ |
| (-) | (-) | (-) | (Tage) | (Tage) | (Tage) | (1) | (1) | (1) | (1) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 2 3 | Unfälle mit Personenschaden | IA IO AO | 4018 (365...366) | 2008 (183...184) 2005 (181...184) 2004 (182...184) | 2010 (182...183) 2013 (182...184) 2014 (181...183) | 1111 (85...137) 1363 (110...143) 1173 (100...123) | 28,369 (4,874...10,326) 20,416 (4,292... 7,705) 26,412 (6,385... 8,753) | 1,645 (1,645) | 1,960 (1,960) |
| 4 5 6 | Verunglückte | IA IO AO | 4018 (365...366) | 2008 (182...183) 2011 (182...184) 2006 (182...184) | 2010 (182...183) 2007 (181...183) 2012 (181...183) | 1037 (83...117) 1135 (87...135) 1193 (100...133) | 30,704 (6,971...10,535) 27,611 (5,083...10,116) 25,781 (5,294... 8,753) | 1,645 (1,645) | 1,960 (1,960) |
| 7 8 9 | Verletzte | IA IO AO | 4018 (365...366) | 2006 (182...183) 2006 (182...184) 2013 (182...184) | 2012 (182...183) 2012 (182...183) 2005 (181...183) | 1039 (81...119) 1121 (85...131) 1203 (100...133) | 30,641 (6,761...10,745) 28,053 (5,503...10,326) 25,465 (5,294... 8,753) | 1,645 (1,645) | 1,960 (1,960) |
| 10 11 12 | Schwerverletzte | IA IO AO | 4018 (365...366) | 2005 (181...184) 2007 (181...185) 2013 (178...185) | 2013 (181...184) 2011 (180...184) 2005 (180...187) | 1047 (85...113) 1275 (96...139) 1178 (103...129) | 30,388 (7,390...10,326) 23,193 (4,665... 9,171) 26,254 (5,713... 8,438) | 1,645 (1,645) | 1,960 (1,960) |
| 13 14 15 | Leichtverletzte | IA IO AO | 4018 (365...366) | 2011 (182...184) 2007 (182...184) 2001 (182...184) | 2007 (182...183) 2011 (181...183) 2017 (181...183) | 1081 (90...119) 1111 (87...129) 1249 (110...133) | 29,315 (6,761... 9,801) 28,369 (5,713...10,116) 24,013 (5,294... 7,705) | 1,645 (1,645) | 1,960 (1,960) |
| 16 17 18 | Getötete | IA IO AO | 4018 (365...366) | 2002 (179...191) 1950 (171...196) 1973 (175...194) | 2016 (174...187) 2068 (169...194) 2045 (171...191) | 1266 (91...146) 1586 (123...164) 1379 (112...148) | 23,477 (3,898... 9,691) 13,494 (1,976... 6,291) 19,898 (3,739... 7,495) | 1,645 (1,645) | 1,960 (1,960) |

Zahlenangaben ohne Klammern: gesamter Zeitraum 1964 – 1974
Zahlenangaben in Klammern: einzelne Jahre 1964 – 1974

nicht voraus, daß diese aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammt. Der Phasenhäufigkeitstest ist als Differenzvorzeichen-Iterationstest aufzufassen. Er prüft die Abweichungen einer zeitlichen Folge von Meßwerten $X_1, X_2, X_3, \dots, X_K, \dots, X_N$ ($N > 10$) von der Zufälligkeit. In der vorliegenden Untersuchung sind die Meßwerte die täglichen Daten für die Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/

1) IA: innerhalb und außerhalb von Ortschaften
IO: innerhalb von Ortschaften
AO: außerhalb von Ortschaften
2) statistische Sicherheit $S = 95\%$

innerhalb und außerhalb von Ortschaften, die in zeitlichen Folgen als Ergebnisse der Beobachtung des Unfallgeschehens vorlagen.

Der Phasenhäufigkeitstest geht von den Vorzeichen der Differenzen $X_{K+1} - X_K$ aus. Die Nullhypothese H_0 (die Vorzeichen der Differenzen bieten ein zufälliges Bild, die Stichprobe ist zufälliger Art) wird der Alternativhypothese H_A (die Reihenfolge der

Plus- und Minusvorzeichen weicht signifikant von der Zufällsmäßigkeit ab, die Stichprobe ist nichtzufälliger Art) gegenübergestellt.

Unter dem Begriff Phase wird nach Wallis/Moore⁹⁾ das Aufeinanderfolgen gleicher Vorzeichen verstanden. Der Phasenhäufigkeitstest beruht auf der Häufigkeit H der Plus- und Minusphasen, wobei die Anfangsphase und die Endphase weggelassen werden. Die errechnete Prüfgröße Z_E ist unter der Voraussetzung der Zufälligkeit in der Reihenfolge der Meßwerte normalverteilt. Sie ergibt sich zu:

$$Z_E = \frac{\left| H - \frac{2N-7}{3} \right|}{\sqrt{\frac{16N-29}{90}}} - 0,5$$

Darin bedeuten:

- Z_E : errechnete Prüfgröße,
- N : Zahl der Beobachtungen,
- H : Zahl der Phasen.

Die Prüfgröße Z_E wird beim zweiseitigen Test mit dem Tafelwert Z_T (statistische Sicherheit $S = 95\%$) verglichen. Die Nullhypothese H_0 wird gegen die Alternativhypothese H_A abgelehnt bei $Z_E \geq Z_T$ und beibehalten bei $Z_E < Z_T$.

Tafel 2 faßt die Ergebnisse des Phasenhäufigkeitstests für die Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften zusammen. Die Zahlenangaben ohne Klammern gelten für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974, die Zahlenangaben in Klammern sind die Eckwerte für die einzelnen Jahre 1964 – 1974. Für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 wurden bei 6 Merkmalen und 3 Unfallorten zusammen $6 \cdot 3 = 18$ Phasenhäufigkeitstests durchgeführt. Daneben ergaben sich für die einzelnen Jahre 1964 – 1974 bei 6 Merkmalen, 3 Unfallorten und 11 Jahren zusammen $6 \cdot 3 \cdot 11 = 198$ Phasenhäufigkeitstests. Insgesamt wurden $18 + 198 = 216$ Phasenhäufigkeitstests durchgeführt.

Nach Tafel 2, Spalten 6 und 7, ergaben die zweiseitigen Phasenhäufigkeitstests für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 in allen 18 Fällen jeweils $Z_E > Z_T$. Damit war die Nullhypothese H_0 , wonach die täglichen Unfalldaten zufällig aufeinander folgen, in allen Fällen abzulehnen.

Im Gegensatz zu dem gesamten Zeitraum 1964 – 1974 zeigten die einzelnen Jahre 1964 – 1974 kein einheitliches Bild. Hier ergaben die 198 Phasenhäufigkeitstests nach Tafel 2, Spalten 6 und 7, unterschiedliche Ergebnisse. Diese Ergebnisse sind im einzelnen – nach Unfallorten gegliedert – aus Tafel 3 zu ersehen. Danach ergaben von insgesamt 198 Tests 37 (18,7 %) zufällige und 161 (81,3 %) nichtzufällige Datenfolgen der Merkmale. Zufällige Datenfolgen waren mit 45,5 % besonders häufig bei den Merkmalen innerhalb von Ortschaften. Die Merkmale außerhalb von Ortschaften ergaben dagegen in

9) Wallis, W. A., Moore, G. H., A significance test . . . , a.a.O.

Tafel 2: Ergebnisse des Phasenhäufigkeitstests für die Unfälle mit Personenschaden/Verunglückten/Verletzten/Schwerverletzten/Leichtverletzten/Getöteten jeweils innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974/die einzelnen Jahre 1964 – 1974 bei Straßenverkehrsunfällen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West).

| Lfd. Nr. | Merkmal | Unfallort ¹⁾ | Anzahl der Beobachtungen N | Phasenhäufigkeitstest | | Tafelwert für zweiseitigen Test ²⁾ Z_T |
|----------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---|
| | | | | Zahl der Phasen H | errechneter Z-Wert Z_E | |
| (-) | (-) | (-) | (Tage) | (1) | (1) | (1) |
| 1 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Unfälle mit Personenschaden | IA | 4018 (365...366) | 2437 (197...232) | 8,938 (1,058...5,414) | 1,960 (1,960) |
| 2 | | IO | | 2507 (216...237) | 6,318 (0,436...3,128) | |
| 3 | | A0 | | 1993 (174...191) | 25,555 (6,160...8,276) | |
| 4 | Verunglückte | IA | 4018 (365...366) | 2003 (166...203) | 25,180 (4,667...9,342) | 1,960 (1,960) |
| 5 | | IO | | 2440 (203...233) | 8,826 (1,015...4,667) | |
| 6 | | A0 | | 1903 (164...180) | 28,923 (7,529...9,520) | |
| 7 | Verletzte | IA | 4018 (365...366) | 2025 (166...205) | 24,357 (4,418...9,342) | 1,960 (1,960) |
| 8 | | IO | | 2439 (201...235) | 8,863 (0,686...4,916) | |
| 9 | | A0 | | 1897 (164...179) | 29,147 (7,654...9,520) | |
| 10 | Schwerverletzte | IA | 4018 (365...366) | 2016 (170...198) | 24,694 (5,289...8,774) | 1,960 (1,960) |
| 11 | | IO | | 2484 (207...239) | 7,179 (0,187...4,169) | |
| 12 | | A0 | | 1937 (161...188) | 27,650 (6,534...9,894) | |
| 13 | Leichtverletzte | IA | 4018 (365...366) | 2105 (170...215) | 21,363 (3,173...8,845) | 1,960 (1,960) |
| 14 | | IO | | 2435 (204...229) | 9,013 (1,431...4,619) | |
| 15 | | A0 | | 1997 (170...185) | 25,405 (6,907...8,774) | |
| 16 | Getötete | IA | 4018 (365...366) | 2412 (207...225) | 9,874 (1,929...4,246) | 1,960 (1,960) |
| 17 | | IO | | 2508 (212...239) | 6,281 (0,269...3,547) | |
| 18 | | A0 | | 2416 (205...229) | 9,724 (1,431...4,418) | |

1) IA: innerhalb und außerhalb von Ortschaften
 IO: innerhalb von Ortschaften
 A0: außerhalb von Ortschaften
 2) statistische Sicherheit $S = 95\%$

Zahlenangaben ohne Klammern: gesamter Zeitraum 1964 – 1974
 Zahlenangaben in Klammern: einzelne Jahre 1964 – 1974

Tafel 3:

Auswertung der Ergebnisse des Phasenhäufigkeitstests für die Unfälle mit Personenschaden/Verunglückten/Verletzten/Schwerverletzten/Leichtverletzten/Getöteten jeweils innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften nach der Zufälligkeit/Nichtzufälligkeit der Datenfolge für die einzelnen Jahre 1964 – 1974 bei Straßenverkehrsunfällen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West).

| Unfallort ¹⁾ | Ergebnisse des Phasenhäufigkeitstests für die einzelnen Jahre 1964 – 1974 | | | | | |
|-------------------------|---|-------|---------------------------|-------|--------|-------|
| | Datenfolge zufällig | | Datenfolge nicht zufällig | | Summe | |
| | (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| IA | 4 | 6,1 | 62 | 93,9 | 66 | 100,0 |
| IO | 30 | 45,5 | 36 | 54,5 | 66 | 100,0 |
| A0 | 3 | 4,5 | 63 | 95,5 | 66 | 100,0 |
| Summe | 37 | 18,7 | 161 | 81,3 | 198 | 100,0 |
| IA | 4 | 10,8 | 62 | 38,5 | 66 | 33,3 |
| IO | 30 | 81,1 | 36 | 22,4 | 66 | 33,3 |
| A0 | 3 | 8,1 | 63 | 39,1 | 66 | 33,4 |
| Summe | 37 | 100,0 | 161 | 100,0 | 198 | 100,0 |

- 1) IA: innerhalb und außerhalb von Ortschaften
 IO: innerhalb von Ortschaften
 A0: außerhalb von Ortschaften

4,5 % und die Merkmale innerhalb und außerhalb von Ortschaften in 6,1 % der Tests zufällige Datenfolgen.

2.3 Vergleich der Testergebnisse

Im vorliegenden Abschnitt sollen die Ergebnisse des Iterationstests mit denjenigen des Phasenhäufigkeitstests verglichen werden. Der Vergleich bezieht sich sowohl auf den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 als auch auf die einzelnen Jahre 1964 – 1974.

In Tafel 4 sind die Ergebnisse der 18 + 198 = 216 Iterationstests und die Ergebnisse der 18 + 198 = 216 Phasenhäufigkeitstests zusammengefaßt. Insgesamt wurden 216 + 216 = 432 Tests auf Zufälligkeit der Datenfolge durchgeführt.

Für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 ergaben sowohl die 18 Iterationstests als auch

Tafel 4:

Vergleich zwischen den ausgewerteten Ergebnissen des Iterationstests/Phasenhäufigkeitstests für die Unfälle mit Personenschaden/Verunglückten/Verletzten/Schwerverletzten/Leichtverletzten/Getöteten jeweils innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften nach der Zufälligkeit/Nichtzufälligkeit der Datenfolge für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974/ die einzelnen Jahre 1964 – 1974 bei Straßenverkehrsunfällen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West).

| Test | Ergebnisse der Test | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|--------|---------------------------|--------|-------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|-------|--|
| | gesamter Zeitraum 1964 – 1974 | | | | | | einzelne Jahre 1964 – 1974 | | | | | |
| | Datenfolge zufällig | | Datenfolge nicht zufällig | | Summe | | Datenfolge zufällig | | Datenfolge nicht zufällig | | Summe | |
| (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) | (Zahl) | (%) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Phasenhäufigkeitstest | 0 | 0 | 18 | 100,0 | 18 | 100,0 | 37 | 18,7 | 161 | 81,3 | 198 | |
| Iterationstest | 0 | 0 | 18 | 100,0 | 18 | 100,0 | 0 | 0 | 198 | 100,0 | 198 | |

Tafel 5:

Zufälligkeit der Datenfolge als Ergebnisse des Phasenhäufigkeitstests für die Unfälle mit Personenschaden/Verunglückten/Verletzten/Schwerverletzten/Leichtverletzten/Getöteten jeweils innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften für die einzelnen Jahre 1964 – 1974 bei Straßenverkehrsunfällen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West).

| Lfd. Nr. | Merkmal | Phasenhäufigkeitstest | | |
|----------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|--|
| | | Unfallort ¹⁾ | Datenfolge zufällig | |
| (–) | (–) | (–) | (Zahl) | (Jahr) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 2 3 | Unfälle mit Personenschaden | IA IO AO | 3 6 – | 1968, 1971, 1974 1966, 1968, 1969, 1970, 1972, 1974 – |
| 4 5 6 | Verunglückte | IA IO AO | – 3 – | – 1972, 1973, 1974 – |
| 7 8 9 | Verletzte | IA IO AO | – 4 – | – 1969, 1972, 1973, 1974 – |
| 10 11 12 | Schwerverletzte | IA IO AO | – 6 – | – 1966, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973 – |
| 13 14 15 | Leichtverletzte | IA IO AO | – 5 – | – 1970, 1971, 1972, 1973, 1974 – |
| 16 17 18 | Getötete | IA IO AO | 1 6 3 | 1966 1966, 1968, 1969, 1971, 1972, 1974 1965, 1967, 1969 |
| 1–18 | Summe | – | 37 | 1965 bis 1974 |

- 1) IA: innerhalb und außerhalb von Ortschaften
IO: innerhalb von Ortschaften
AO: außerhalb von Ortschaften

die 18 Phasenhäufigkeitstests Übereinstimmung bei allen Merkmalen und Unfallorten: Die Datenfolge war in allen Fällen als nichtzufällig anzusehen.

Bei den einzelnen Jahren 1964 – 1974 hatten die 198 Iterationstests und die 198 Phasenhäufigkeitstests teilweise unterschiedliche Ergebnisse: Sämtliche 198 Iterationstests wiesen auf nichtzufällige Datenfolgen hin, aber nur 161 von 198 Phasenhäufig-

keitstests (81,3 %) bestätigten diese Aussagen. Dagegen ergaben 37 Phasenhäufigkeitstests (18,7 %) zufällige Datenfolgen der Merkmale. In Tafel 5 sind diese 37 Phasenhäufigkeitstests nach Merkmalen/Unfallorten/Jahren aufgeführt.

3. Zusammenfassung

Die täglichen Zahlenangaben über die Straßenverkehrsunfälle und deren Opfer unterliegen erheblichen Schwankungen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Klärung der Frage, ob diese Unfalldaten zufällig oder nichtzufällig aufeinander folgen.

Die täglichen Daten für die Merkmale Unfälle mit Personenschaden/Verunglückte/Verletzte/Schwerverletzte/Leichtverletzte/Getötete nach den Unfallorten innerhalb/außerhalb/innerhalb und außerhalb von Ortschaften wurden den amtlichen Statistiken für den Zeitraum 1964 – 1974 entnommen, auf Lochkarten fixiert und mit EDV-Hilfe verarbeitet.

Die Zufälligkeit der Datenfolgen wurde mit Hilfe des Iterationstests und des Phasenhäufigkeitstests geprüft. Für diese beiden verteilungsunabhängigen Tests wurden Rechenprogramme entwickelt, welche die Tests sowohl für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 als auch für die einzelnen Jahre 1964 – 1974 durchführten. Die Ergebnisse wurden in Tafeln zusammengestellt.

Für den gesamten Zeitraum 1964 – 1974 ergaben beide Tests übereinstimmend, daß bei allen Merkmalen nach den Unfallorten nichtzufällige Datenfolgen vorlagen. Bei den einzelnen Jahren 1964 – 1974 ergaben sämtliche Iterationstests ebenfalls nichtzufällige Datenfolgen. Hier bestätigten jedoch lediglich etwa 4/5 der Phasenhäufigkeitstests diese Aussagen, während etwa 1/5 auf zufällige Datenfolgen hinwies.

Summary

The randomness of the sequence of the daily flow of data with respect to the characteristics of injury accidents/accident involvements/injured persons/severely injured persons/lightly injured persons/fatalities with a breakdown of accident locations by inside/outside/inside and outside built-up areas for the time period, 1964 – 1974, was examined, using computers, by means of the iteration and the phase frequency tests.

For the overall time period, the tests demonstrated the nonrandomness of the data sequences for all the characteristics with a breakdown by accident location. For the individual years of the time period, 1964 – 1974, the majority of the data sequences also turned out to be nonrandom.

Résumé

Les données journalières relatives aux caractéristiques d'accidents corporels/personnes impliquées/blessés/blessés graves/blessés légers/tués relevées de 1964 à 1974 classées d'après les lieux d'accidents en agglomération/en rase campagne/en agglomération et en rase campagne ont fait l'objet d'un examen par itération et d'un test de fréquence de phases conduits sur ordinateur afin de déterminer dans quelle mesure les séquences de données relevées étaient fortuites.

Les deux tests ont démontré que pour la période de 11 ans de 1964 à 1974, les séquences de données relatives à toutes les caractéristiques classées d'après les lieux d'accidents n'étaient pas fortuites. Il en a été de même pour les 11 années considérées individuellement.