Institut de hautes études
en administration publique

21, Route de la Maladière
CH-1022 Chavannes près Renens
Tel. +41 021 694 06 00
www.unil..ch/idheap

Seminararbeit
Forensische Datenanalyse – Suche unrechtmässiger Transaktionen mit Hilfe der Benford-Analyse

---

Séminaire pour spécialistes et cadres
Contrôle de gestion publique Hiver 2001/2002
Direction: Prof. Nils Soguel, Idheap

Verfasser:

Matthias Schnewlin, Dr. rer. pol.
Finanzkontrolle des Kantons Bern
Schermenweg 5
3001 Bern

Bern, 1. Februar 2002

INHALTSVERZEICHNIS **SEITE**

1 Auftrag

Die Suche von unrechtmässigen Handlungen gestaltet sich bei grossem Datenmengen ohne Hilfsmittel der Informatik schwierig. Die vorliegende Arbeit soll mit Hilfe des Gesetzes von Benford aufzeigen, ob die Suche bzw. die Definition eines digitalen Fingerabdrucks mit bernischen Daten möglich ist. Der Arbeitsaufwand wird auf 10 bis 15 Arbeitstage beschränkt.

2 Prüfungsvorgehen

2.1 Untersuchungsgegenstand

Das Gesetz von Benford besagt, dass reguläre Daten bestimmte statistische Eigenschaften aufweisen. Diese beziehen sich z.B. auf die Häufigkeit von Anfangsziffern oder die Häufigkeit von Ziffernkombinationen. Mit Hilfe statistischer Tests ist es möglich, systematische Abweichungen von den erwarteten Häufigkeiten zu identifizieren. Die Methodik besteht nun darin, die Charakteristik einer statistischen Anomalie schrittweise einzugrenzen und daraus einen digitalen Fingerabdruck zu definieren, der zur Identifikation von Unregelmässigkeiten führt. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Anwendbarkeit des Gesetzes von Benford auf Bernische Daten zu klären. Bei positivem Befund würde sich der Finanzkontrolle des Kantons Bern eine neue, mathematisch fundierte Prüfmethode erschliessen.

2.2 Informationsbeschaffung

Die zu untersuchenden Datensätze sollen aus dem Finanzworkshop bezogen werden. Bei diesem handelt es sich um eine windows-gestützte Oberfläche für den Zugriff auf die Buchführungsdaten der Zentralverwaltung. Andere Quellen (das Buchführungssystem des Rechenzentrums KOFINA oder Host-Applikationen der BEDAG[1]) fallen für den vorgesehenen Projektaufwand von 10-15 Arbeitstagen ausser Betracht.

2.3 Informationsverarbeitung

IDEA 2001 ist eine Software, welche die Wirtschaftsprüfung mit elektronischen Methoden unterstützt. Sie eignet sich für die Prüfung, die Analyse und die Kalkulation. Eine Vollversion wird von der Firma Audicon GmbH vertrieben und kostet EUR 2000.--. Sie kann als Testversion von der Homepage[2] der REVIDATA Unternehmungsberatung GmbH in Düsseldorf bezogen werden. Trotz eingeschränkter Funktionalität – sie kann höchstens 1'000 Beobachtungen verarbeiten - ist sie zur Eignungsprüfung ausreichend. REVIDATA hat auch mehrere Hilfsprogramme (Makros) publiziert, womit verschiedene Anwendungsvarianten des Gesetzes von Benford getestet werden können.[3]

Die vorliegende Arbeit ist mit Hilfe der Testversion durchgeführt worden.

2.4 Aufbau der Berichterstattung

Im Kapitel 3 skizzieren wir Methoden für die Suche nach dolosen Handlungen mit statistischen Techniken. Anschliessend werden im Kapitel 4 die Eigenschaften und Anwendungsvoraussetzungen des Gesetzes von Benford beschrieben. Kapitel 5 erörtert die Eignung bernischer Daten für deren Untersuchung nach dem Gesetz von Benford. Kapitel 6 schildert einen Pilotversuch mit Testdaten, welche aus der Verwaltung des Kantons Bern stammen. Im Kapitel 7 werden die Folgerungen für den künftigen Einsatz des Gesetzes von Benford als Prüfansatz der Finanzkontrolle gezogen.

---

1 BEDAG: Bernische Datenverarbeitungs AG

2 Die Internetadresse lautet: http://www.revidata.de/deliktrevision/index.htm

3 Diese Makros werden von dipl. Betriebswirt Roger Odenthal; Geschäftsführer der REVIDATA GmbH auf der genannten Homepage dem interessierten Publikum zur Verfügung gestellt.

3 Skizze von Methoden für die Suche nach dolosen Handlungen

Frank Benford, ein amerikanischer Physiker stipulierte in den 1920er Jahren statistische Eigenschaften für einwandfreie Daten. Das sogenannte Benford Gesetz besagt, dass einwandfreie Daten z.B. für die erste Ziffer einer Zahl eine bestimmte Häufigkeit aufweisen. Abweichungen von diesen Häufigkeitsregeln lassen vermuten, dass Unregelmässigkeiten vorliegen könnten. Aussagen lassen sich für gewisse Tests erst ab 10'000 Beobachtungen machen.

Um die Anwendbarkeit dieser Theorie auf bernische Daten beurteilen zu können wird die Testversion von IDEA 2001 als spezialisierter Software mit entsprechenden Prüfroutinen verwendet. Der Versuch soll den Nachweis dafür erbringen, dass das Gesetz von Benford auch im Kanton Bern einen tauglichen Ansatz für die Identifikation doloser Handlungen darstellt. Die Beschränkung der Testversion auf die Verarbeitung von höchstens 1'000 Beobachtungen wird dabei in Kauf genommen.

4 Das Gesetz von Benford

Folgende Eigenschaften charakterisieren das Gesetz von Benford:[4]

- Es macht eine Aussage über die Häufigkeit bestimmter Ziffern in "natürlich auftretenden Datenbeständen".
- Das Gesetz ist nach einem amerikanischen Physiker benannt, welcher in den 1920er Jahren bei der Durchsicht von Logarithmentafeln entdeckte, dass niedrige erste Ziffern zu Beginn der Tabellen häufiger sind als hohe. Daraus leitete er ab, dass dieses Phänomen ein verbreiteter Grundsatz in natürlichen Datenbeständen sein könnte.
- Um diese Entdeckung zu überprüfen, untersuchte Benford verschiedene Datenbestände, welche zusammen über 20'000 Beobachtungen umfassen. Er stellte dabei fest, dass die Zahlen, welche mit der Ziffer 1 beginnen, fast sieben mal so häufig vorkommen wie solche mit der Ziffer 9.
- Damit war erwiesen, dass die Häufigkeitsverteilung der 1. Ziffer einer geometrischen Regel entspricht, bei welcher niedrige Werte häufiger sind als hohe. Benford stellte zudem fest, dass dieselbe Regel auch für die zweite und dritte Ziffer noch anwendbar ist, wenn auch in geringerem Ausmass.
- Um das Gesetz von Benford anwenden zu können, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:
    1. Die Zahlen sollten gleichwertige Phänomene wiedergeben.
    2. Es sollten keine definitionsbedingten Minimal- oder Maximalwerte vorgegeben sein.
    3. Die Zahlen sollten nicht einen Schlüssel im Sinne von Definitionen darstellen und anstelle von Wörtern verwendet werden.
    4. Kleine Beobachtungen sollten häufiger sein als grosse.
- Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der 1. Ziffer ist gemäss Pinkham-Theorem unabhängig von einer Skalierung. Wenn Datenbestände, welche dem Gesetz von Benford genügen, mit einer Konstante multipliziert werden die von Null verschieden ist, werden die neuen Bestände immer noch dem Gesetz von Benford genügen.

---

[4] Nigrini Mark John, Ph.D. Digital Analysis Using Benford's Law. Tests and Statistics for Auditors. Second edition. Global Audit Publications, a division of ACL Services Ltd, Vancouver (2000), Seite 197ff

Die von Benford entwickelte Erkenntnis besagt, dass kleinere Geschäftsprozesse häufiger anzutreffen sind als grosse. Dies gilt unter der Annahme natürlicher Wachstums- und Geschäftsprozesse in einer berechenbaren Grössenordnung. Sie lässt sich mit nachstehender Formel

$$Ziffernhäufigkeit = \log 10\left(1 + \frac{1}{jeweilige\ Ziffer}\right)$$

beschreiben und führt - für die erste Ziffer einer Zahl - zur nachfolgenden Häufigkeitsverteilung;

Erste Ziffer	Beobachtete Häufigkeit in %
1	30.103
2	17.609
3	12.494
4	9.691
5	7.918
6	6.695
7	5.799
8	5.115
9	4.576
1 - 9	**100.000**

Entsprechende Kombinationen lassen sich ebenfalls für die zweite, dritte oder vierte Ziffer sowie die Kombinationen der ersten beiden Ziffern einer Zahl ermitteln, ohne dass jedoch die Unterschiede gleichermassen signifikant sind.[5]

5 Eignung bernischer Daten für Benford Untersuchungen

Die Methodik für Untersuchungen nach dem Gesetz von Benford setzt voraus, dass grössere Mengen von Daten mit homogenen Eigenschaften vorliegen. Diese Voraussetzung ist z.B. dann nicht gegeben, wenn neben primären Buchungen auch Sammelbuchungen vorliegen, welche eigenständige statistische Eigenschaften aufweisen. Das Arbeitsmittel Finanzworkshop erfasst verschiedentlich nur Sammelbuchungen und gibt in solchen Fällen keinen Einblick in Einzeltransaktionen.

6 Pilotversuch mit Testdaten

6.1 Testdaten

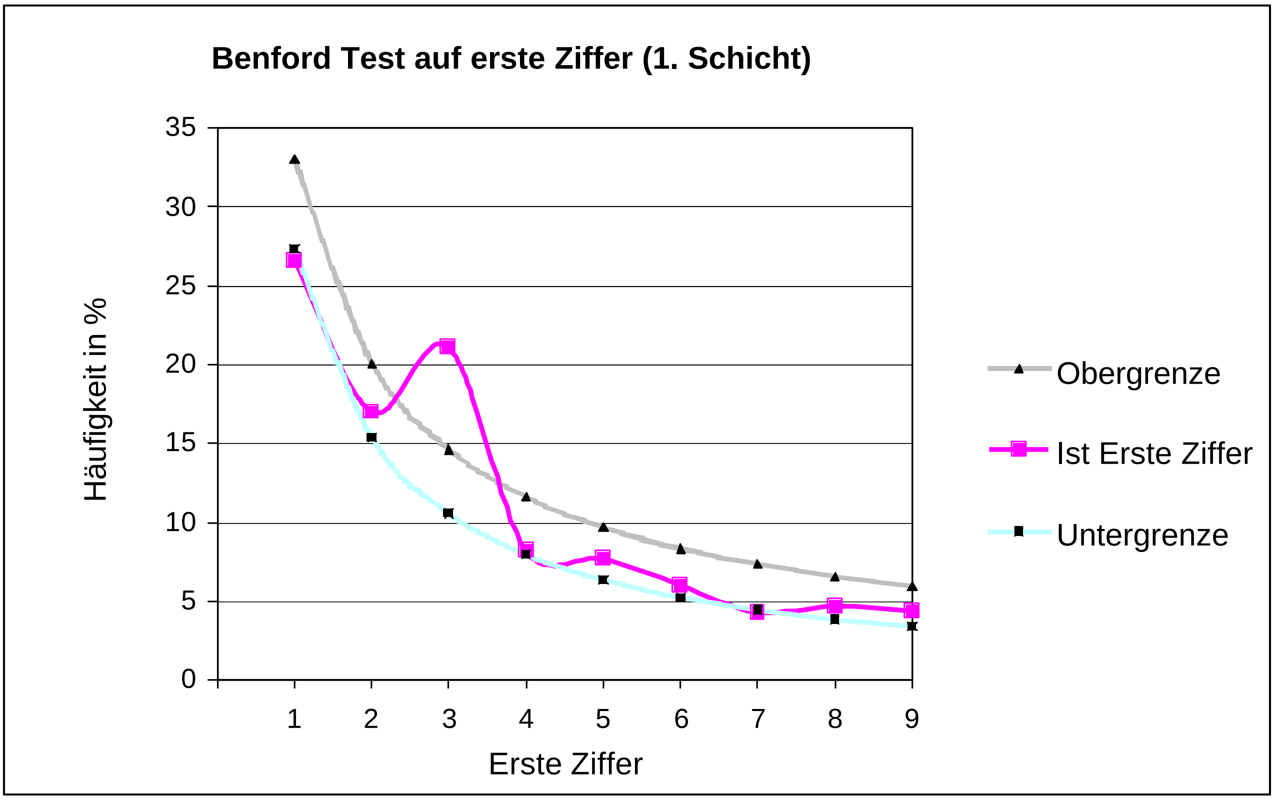
Als Testdaten dienen 1'426 Beobachtungen einer Dienststelle der Erziehungsdirektion, welche mittels Finanzworkshop bereitgestellt werden. Es handelt sich um Daten des Zahlungsverkehrs. Die Daten werden in zwei Schichten unterteilt. Die erste Schicht umfasst 1'000 Beobachtungen, was der Kapazitätsgrenze der Testversion von IDEA 2001 entspricht. Die zweite Schicht umfasst die übrigen 426 Beobachtungen. Diese Vorgehensweise erlaubt es, den Zusammenhang zwischen Anzahl Beobachtungen und Aussagekraft des Tests aufzuzeigen.

5 Odenthal Roger. Digitale Ziffern- und Zahlenanalysen. Strategien zur Ermittlung unterschlagungsrelevanter Faktoren in Datenbeständen. Internetpublikation auf der Homepage der Revidata GmbH Düsseldorf (2002), Seite 2.

6.2 Das Gesetz von Benford zur Häufigkeitsverteilung der 1. Ziffer

6.2.1 1. Schicht mit 1'000 Beobachtungen

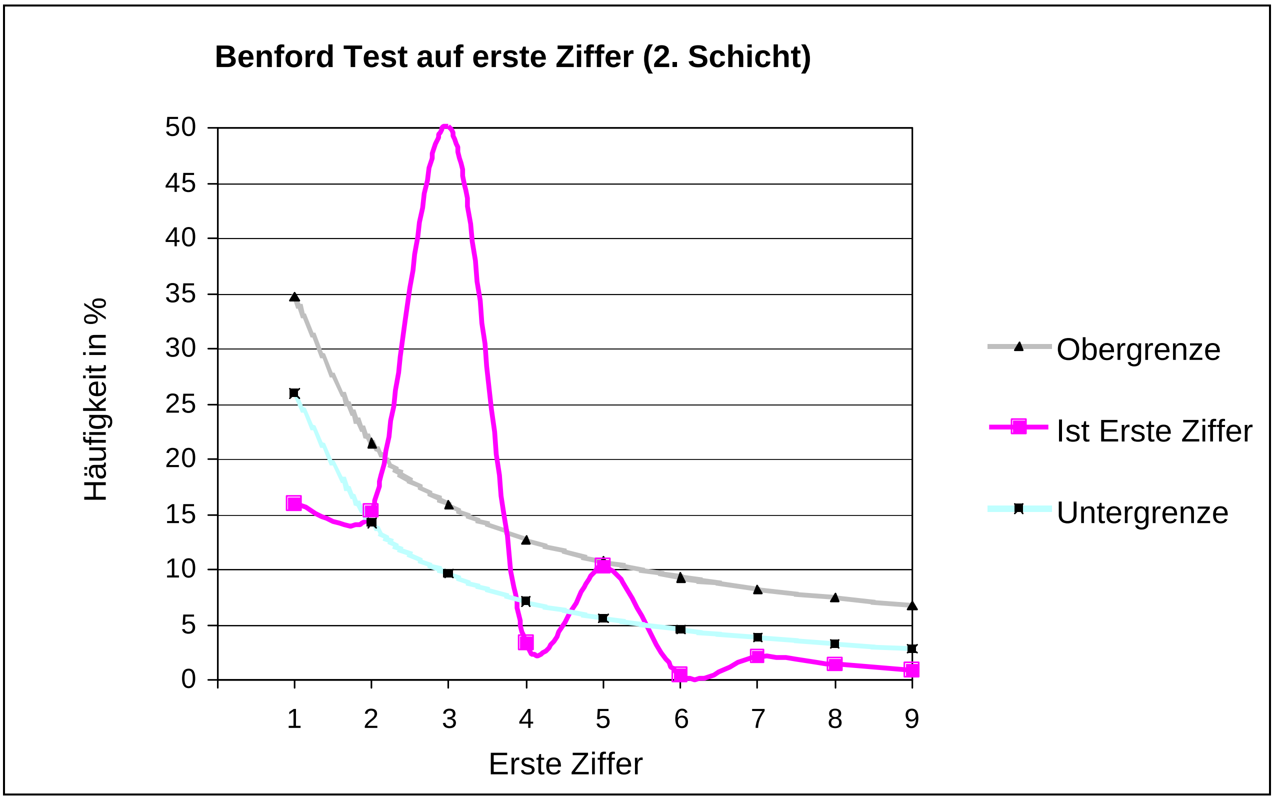
Die Testdaten der 1. Schicht mit 1'000 Beobachtungen der geprüften Dienststelle führen zu folgendem Ergebnis:



Der Test zeigt, dass die Anfangsziffer 3 signifikant übervertreten ist. Um die Ursachen dieser Übervertretung der Anfangsziffer 3 zu identifizieren ist es erforderlich für die 1. Schicht einen Benford-Test über die ersten beiden Ziffern durchzuführen.

6.2.2 2. Schicht mit 426 Beobachtungen

Die Testdaten der 2. Schicht mit 426 Beobachtungen der geprüften Dienststelle führen zu folgendem Ergebnis:

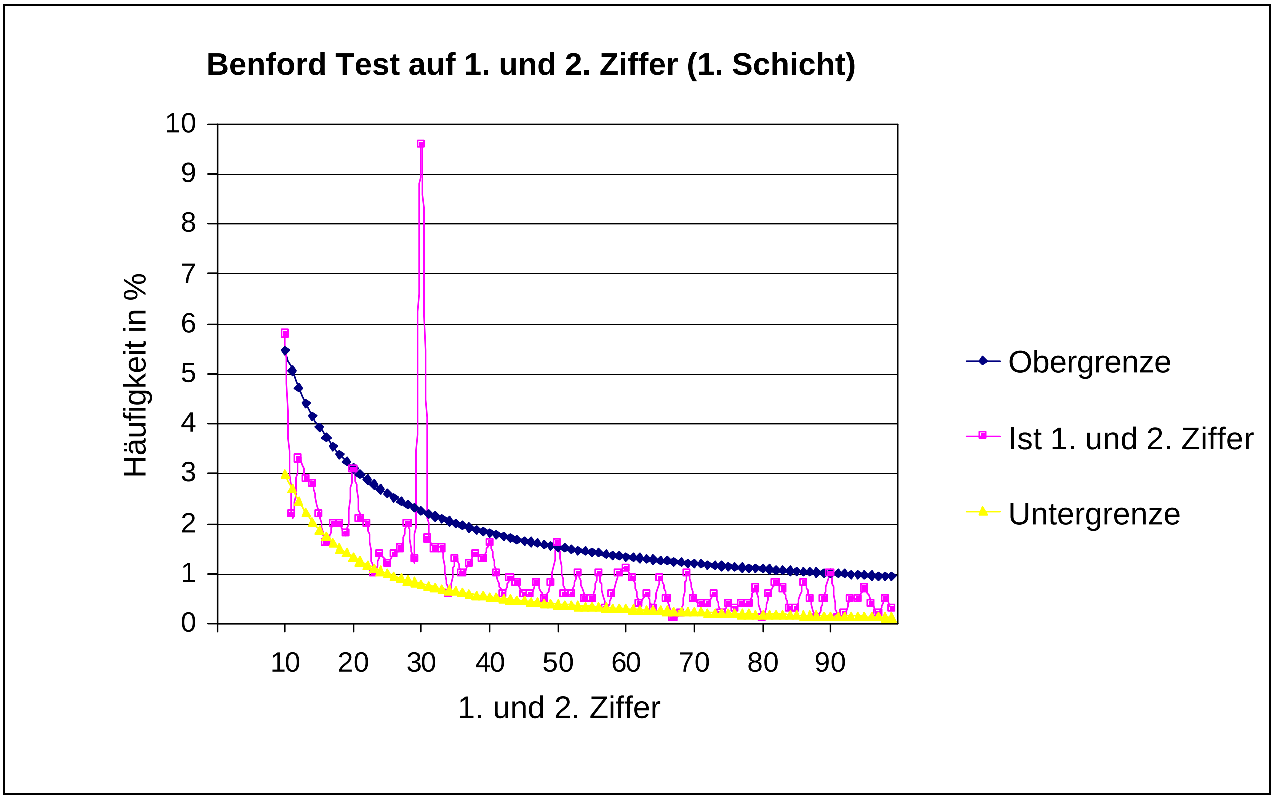


Die Übervertretung der Anfangsziffer 3 fällt deutlich stärker aus als bei der 1. Schicht. Zudem sind die Anfangsziffern 1, 4, 6 bis 9 signifikant untervertreten. Die Häufigkeitsverteilung der Anfangsziffern sieht jener der 1. Schicht sehr ähnlich. Die kleinere 2. Schicht weist deutlichere Ausschläge der Häufigkeitsverteilung auf.

6.3 Das Gesetz von Benford zur Häufigkeitsverteilung der zwei ersten Ziffern

6.3.1 1. Schicht mit 1'000 Beobachtungen

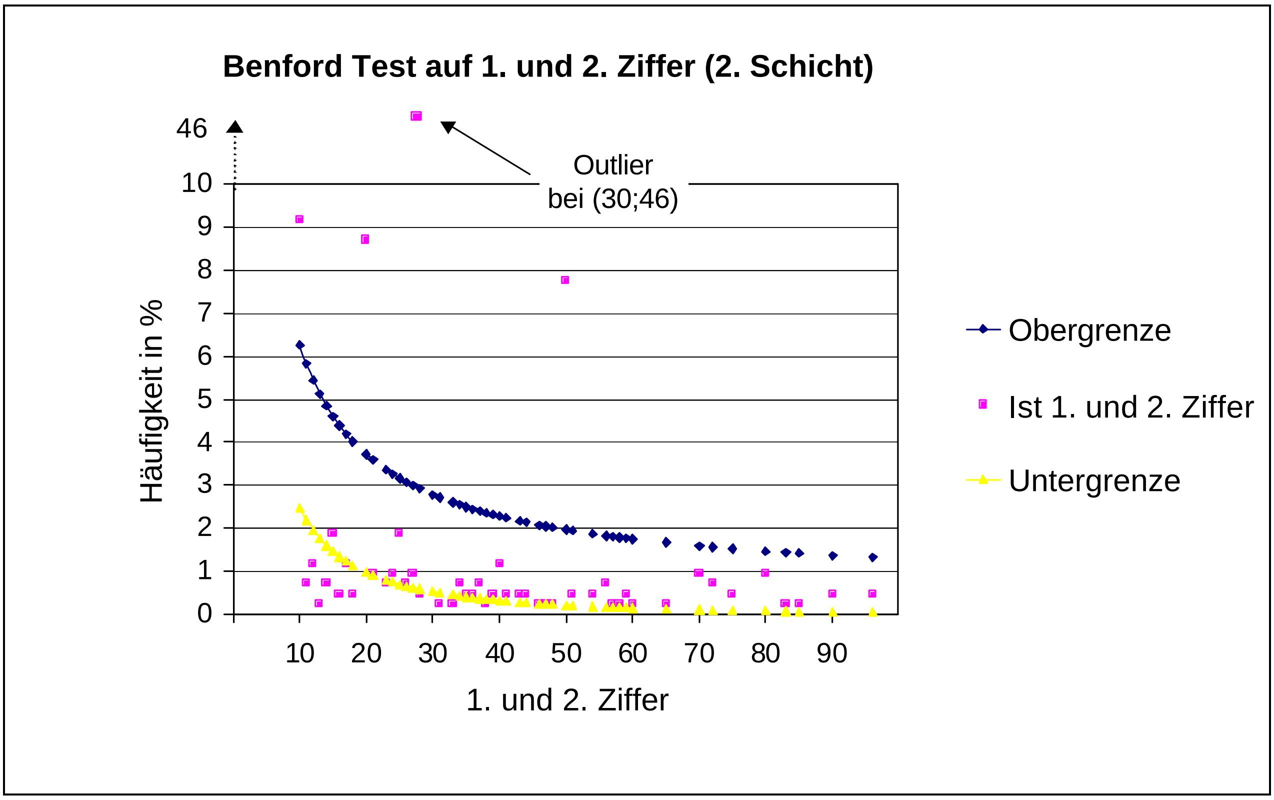
Der Benford Test zu den Ziffern 1 und 2 untersucht, wie häufig die ersten beiden Ziffern tatsächlich vorkommen. Dies gilt für die Zahlenkombinationen von 10... bis 99... . Nach dem Gesetz von Benford sind auch hier niedrige Kombinationen wie 10... bis 19... häufiger als höhere wie 90... bis 99... .



Das Testergebnis zeigt für die 1'000 Beobachtungen der 1. Schicht, dass die Zahlenkombination 30... signifikant häufiger auftritt als dies das Gesetz von Benford erwarten liesse. Weitere Untersuchungen erscheinen hier nun angezeigt. Auf diese gehen wir im Kapitel 6.4 ein.

6.3.2 2. Schicht mit 426 Beobachtungen

Für die 2. Schicht haben wir folgende Auswertung erhalten:

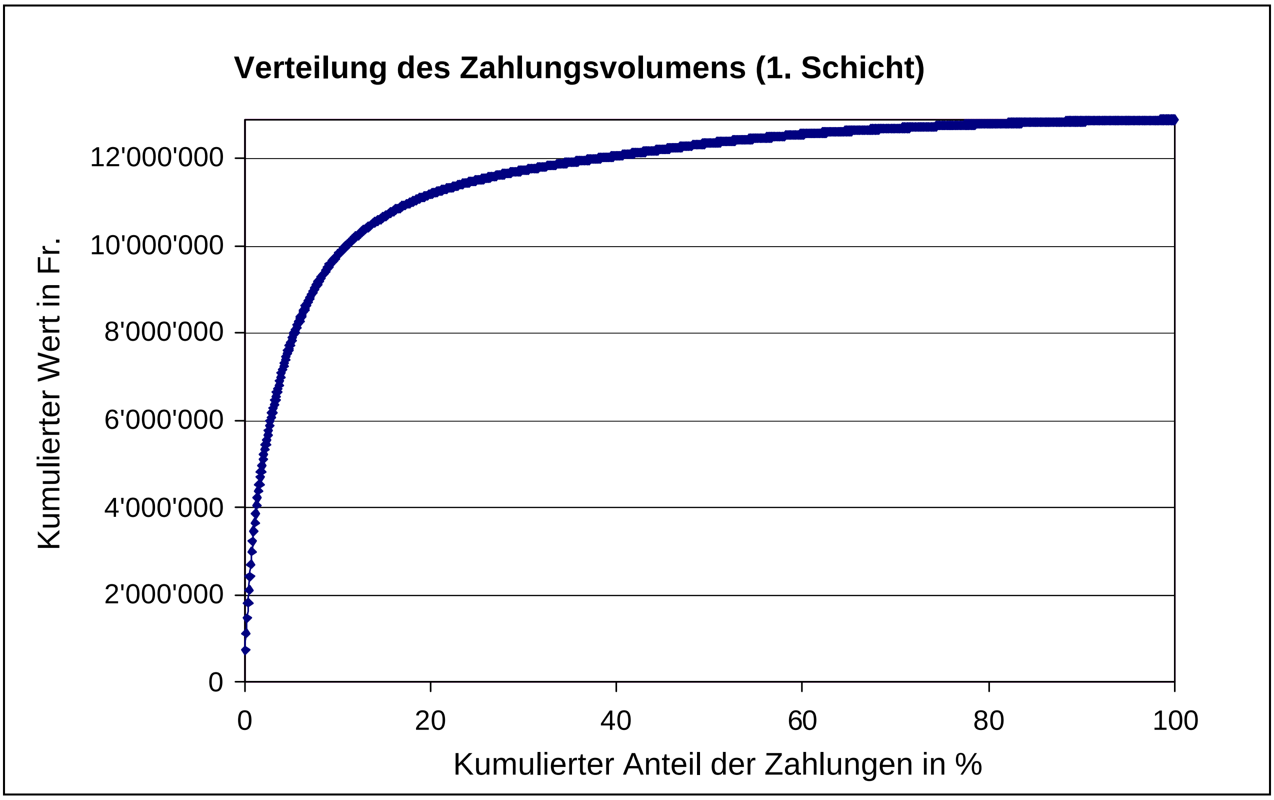


Das Testergebnis zeigt für die 426 Beobachtungen der 2. Schicht, dass nicht alle möglichen Zahlenkkombinationen 10...99 vertreten sind. Hierfür ist der Stichprobenumfang zu klein. Wie schon in der 1. Schicht festgestellt worden ist, tritt die Zahlenkombination 30... signifikant häufiger auf als dies das Gesetz von Benford erwarten liesse. Mit 46 % aller Fälle beginnt fast jede zweite Beobachtung mit der Zahlenkombination 30... . Da schon in der 1. Schicht mit fast 10 % der Fälle diese Zahlenkombination übervertreten ist, sind weitere Abklärungen angezeigt. Diese folgen im nächsten Kapitel.

6.4 Weitere Untersuchungen

6.4.1 1. Schicht mit 1'000 Beobachtungen

Das Makro "ABC_Kumul_1" erlaubt es, eine absteigende Sortierung der Zahlungsbeträge vorzunehmen. Damit ist es möglich aufzuzeigen, welchen Anteil die Zahlungen mit den höchsten Zahlungsbeträgen an der gesamten Zahlungssumme aufweisen.



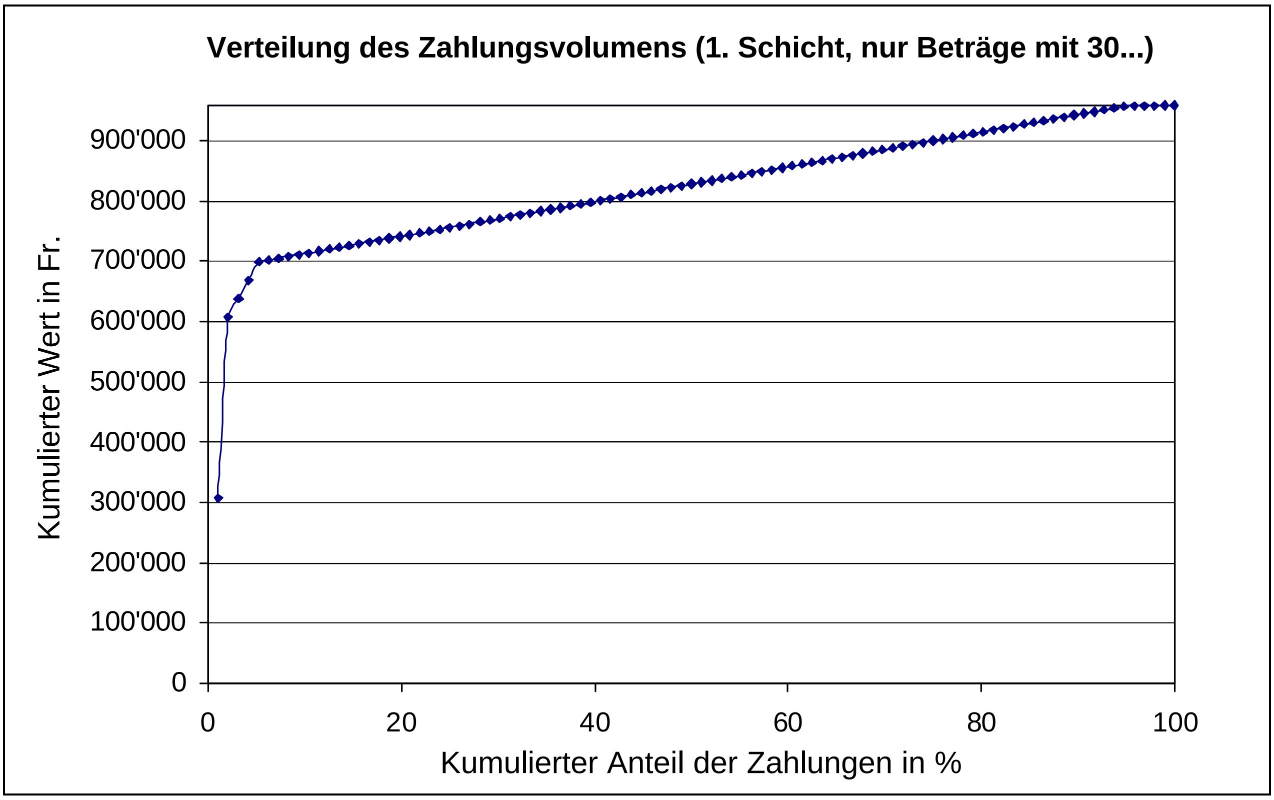
Die nach Zahlungsbetrag sortierten Zahlungen der 1. Schicht weisen keine Anomalien auf. Erwartungsgemäss erklären die ersten 10 % der Zahlungen mit den höchsten Zahlungsbeträgen bereits 75 % der gesamten Zahlungssumme. Dies erklärt sich daraus, dass die höchsten Zahlungsbeträge Investitionsbeiträge sind. Es sind weitere Untersuchungen nötig, um die Ordnungsmässigkeit sowie die Rechtmässigkeit der Daten zu überprüfen.

6.4.2 Extraktion aus 1. Schicht mit 1'000 Beobachtungen

Mittels Extraktion aus der 1. Schicht werden die Buchungssätze zusammengestellt, welche für die Zahlungsbeträge die Zahlenkombination 30... aufweisen. 96 Transaktionen oder knapp 10 % der 1'000 Beobachtungen erfüllen das Selektionskriterium. Mit dem Makro (Zusatzprogramm für IDEA 2001) "Benford1_Gruppe" können Gruppenmerkmale identifiziert werden. So entfallen 93 auf die Bezeichnung "Ausgaben Hauptaktivität Dienststelle" und 3 auf "Wartekonto".

Mit dem Hilfsprogramm "Krit_Texte_1" können die 96 ausgewählten Transaktionen auf weitere Gemeinsamkeiten hin untersucht werden. Der Buchungstext z.B. weist in 15 Fällen denselben Begriff auf.

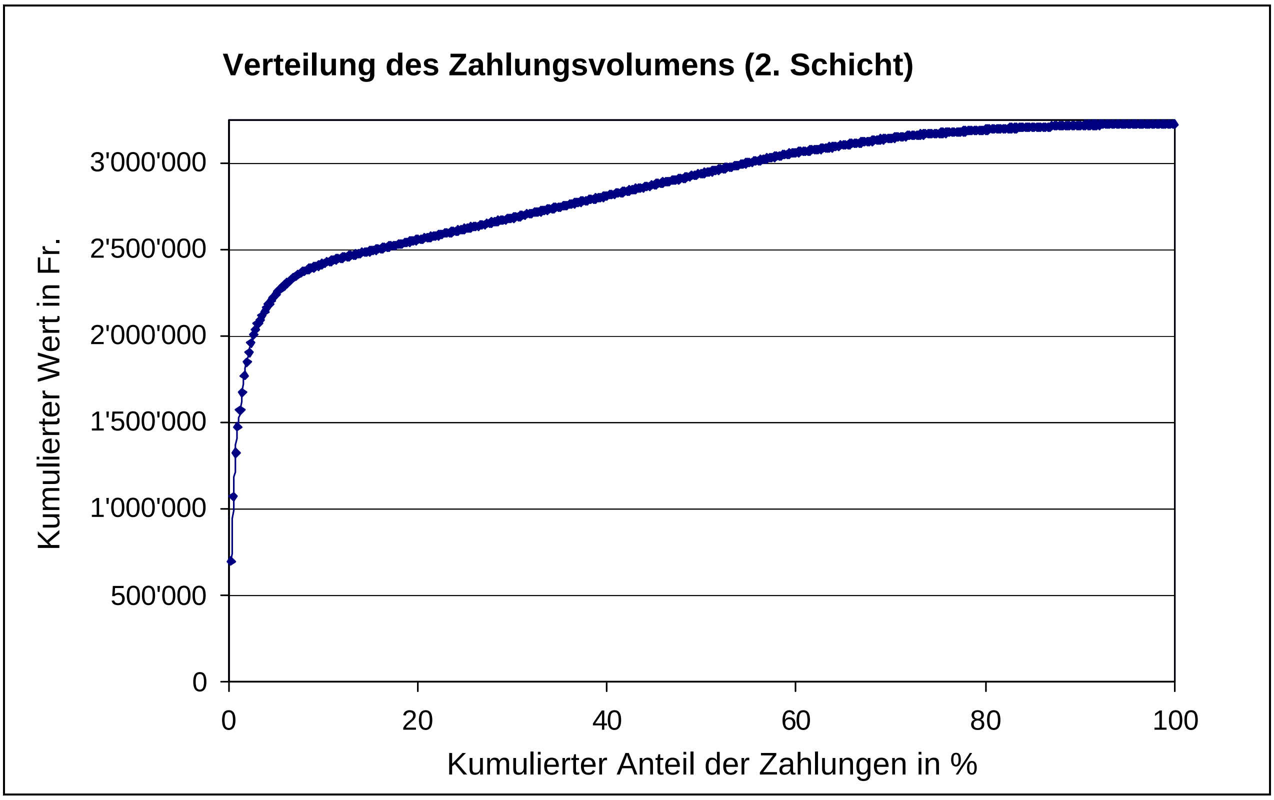
Das Makro "ABC_Kumul_1" erlaubt eine absteigende Sortierung und kumuliert diesen Wert in einem Zusatzfeld. Die Auswertung führt zu folgendem Bild:



Einige wenige grosse Transaktionen begründen bereits mehr als 70 % der Zahlungssumme. Im konkreten Fall ist dies damit begründet, dass es sich bei den 5 grössten Zahlungen von der Funktion her um Investitionsbeiträge handelt, während die nachfolgenden Transaktionen pauschalierte Beiträge an laufende Aktivitäten darstellen.

6.4.3 2. Schicht mit 426 Beobachtungen

Wir haben die absteigende Sortierung der Zahlungsbeträge auch für die 2. Schicht vorgenommen. Die Auswertung ergibt folgendes Bild:



Die wertmässig höchsten Zahlungen sind auch hier Investitionsbeiträge. Die meisten Transaktionen sind jedoch pauschalierte Beiträge. Diese sind in der Verteilungskurve an der konstanten Steigung im mittleren Teil der Kurve erkennbar. Damit ergibt sich die gleiche Charakteristik wie bei der Extraktion aus der 1. Schicht.

7 Künftiger Einsatz des Gesetzes von Benford als Prüfansatz

Da sich die gewonnenen Erkenntnisse auf einen eingeschränkten Datenbestand von 1'486 Beobachtungen beziehen, zeigt die vorliegende Analyse nur beispielhaft, wie das Gesetz von Benford für die Überprüfung von Datensätzen eingesetzt werden kann.

Das untersuchte Beispiel verletzt in signifikanter Weise die Verteilungsregeln des Gesetzes von Benford. Trotzdem lassen sich daraus nicht automatisch widerrechtliche Tatbestände ableiten. Die Verletzung der Benford-Verteilungsregeln ist auf pauschalierte Zahlungen zurückzuführen. Das Beispiel zeigt jedoch auf, dass es gute Gründe geben kann, weshalb die Verteilung nach Benford nicht anwendbar ist [6].

Eine wesentliche Schlussfolgerung kann mit den vorliegenden Testergebnissen gezogen werden: Selbst aus relativ kleinen Datenbeständen lässt sich die Plausibilität des Gesetzes von Benford unter Beweis stellen. Es hat universellen Charakter und ist auch auf bernische Datenbestände anwendbar. Die Identifikation irregulärer Transaktionen bedarf aber im Einzelfall genauerer Untersuchungen. Das Gesetz von Benford ist dabei nur dann von Nutzen, wenn die Unregelmässigkeiten sich wiederholen und dadurch natürliche statistische Eigenschaften der Datenbestände signifikant verändert werden.

---

[6] Coderre David G. Fraud Detection. Using Data Analysis Techniques to Detect Fraud. Global Audit Publications, Vancouver, 1999. Seite 207.

Je grösser die Anzahl der zur Verfügung stehenden Beobachtungen ist, desto wirkungsvoller kann die Benford-Verteilung für die Identifikation doloser Handlungen eingesetzt werden. Dies zeigt die nachstehende Tabelle auf. Die Abweichungen von der erwarteten Häufigkeit sind normalverteilt. Wenn sie ein gewisses Ausmass überschreiten, ist die Annahme, dass die Daten der Benford-Verteilung genügen, widerlegt. Nachstehend sind die prozentualen Schwankungsbreiten für ein Vertrauensintervall von 5% aufgeführt. Dies bedeutet, dass Daten, welche sich ausserhalb der angegebenen Anteilsverschiebungen bewegen, nur noch mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 % Benford verteilt sind.

Einfluss der Anzahl Beobachtungen auf die Aussagekraft der Benford-Verteilung

	Zulässige Abweichung vom Erwartungswert in Prozentpunkten für ein Vertrauensintervall von 5%			
	Obergrenze bei Anzahl Beobachtungen		Untergrenze bei Anzahl Beobachtungen	
Erste Ziffer	**1'000**	**426**	**426**	**1'000**
1	2.941	4.592	-4.131	-2.745
2	2.459	3.852	-3.391	-2.263
3	2.147	3.374	-2.913	-1.951
4	1.932	3.043	-2.582	-1.736
5	1.772	2.798	-2.337	-1.576
6	1.647	2.607	-2.146	-1.451
7	1.547	2.453	-1.992	-1.351
8	1.463	2.325	-1.864	-1.267
9	1.393	2.217	-1.756	-1.197

Die zulässige Abweichung vom erwarteten Anteil der Ersten Ziffer geht bei 1 für die Obergrenze von 4.592 % auf 2.941 % zurück, wenn 1'000 statt nur 426 Beobachtungen zur Verfügung stehen. Bei der Untergrenze geht die Anteilsabweichung von –4.131 % auf –2.745 % zurück. Eine höhere Anzahl Beobachtungen verbessert somit die Aussagekraft des Tests. Damit steigen auch die Chancen, mittels der Benford-Verteilung statistisch signifikante Anomalien in den zur Verfügung stehenden Beobachtungen zu finden.

Fazit: Der Werkzeugkasten des Wirtschaftsprüfers erfährt mit den Testverfahren rund um das Gesetz von Benford bei der Suche nach dolosen Handlungen eine nützliche Ergänzung.

***
*