



- LMU MÜNCHEN -

INSTITUT FÜR STATISTIK

---

Benfordabweichung - ein geeignetes statistisches  
Mittel um unvollkommenen Wettbewerb am  
westaustralischen Benzinmarkt nachzuweisen?

---

BACHELORARBEIT

Autor:  
Miriam RAUCH

Betreuer:  
Prof. Dr. Christian HEUMANN

5. Januar 2015

## **abstract**

Um zu überprüfen, ob ein Benford-Test ein geeignetes Mittel ist, um unvollkommenen Wettbewerb aufzudecken, werden Preise von Diesel und ULP an westaustralischen Tankstellen untersucht. Die Korrelationen zwischen den Benford-Kennzahlen und anderen statistischen Indikatoren sprechen für Benford als zusätzlich möglichen Indikator. Ein Ranking bezüglich der Abweichung von der Benford-Verteilung zeigt, dass einige Tankstellen sowohl für Diesel als auch für ULP ähnliche Platzierungen besitzen. Allgemein zeigen sich jedoch relativ große Unterschiede zwischen den beiden Produkten. Bei Diesel ist vornehmlich die Tankstellenkette Caltex auffällig, bei ULP die Kette BP. Eine eindeutige Aussage bezüglich der Auffälligkeit einer bestimmten regionalen Lage kann anhand des Rankings nicht getroffen werden. Es lassen sich jedoch Konzentrationen von ähnlich auffälligen Tankstellen, die sich in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, feststellen. Es stellt sich die Frage, ob diese Unterschiede auf ein Versagen des Benford-Verfahrens zurückzuführen sind, oder ob sich die beiden Märkte tatsächlich in ihrer Struktur und dem Kundenkreis unterscheiden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Kartelle</b>	<b>2</b>
<b>3 Benford's Law</b>	<b>4</b>
3.1 Die Benford-Verteilung . . . . .	4
3.2 Abweichungen als Indikator für Datenmanipulationen . . . . .	5
3.3 Testverfahren: Der $\chi^2$ -Anpassungstest . . . . .	6
3.4 Die Maße $c$ , $d^*$ und $a^*$ . . . . .	6
3.5 Anwendungsbereiche . . . . .	7
<b>4 Datensatz</b>	<b>9</b>
<b>5 Auswertung</b>	<b>10</b>
5.1 Deskriptive Auswertung . . . . .	10
5.2 Korrelation . . . . .	13
<b>6 Modell</b>	<b>18</b>
<b>7 Ranking</b>	<b>22</b>
<b>8 Fazit und Ausblick</b>	<b>30</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>A Anhang</b>	<b>VII</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>XIII</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

1	Verteilung erste Ziffer . . . . .	4
2	Boxplots nach Area . . . . .	12
3	Korrelation Diesel-ULP . . . . .	13
4	Indikatoren . . . . .	14
5	Modell Diesel a . . . . .	21
6	Modell ULP d . . . . .	21
7	Ranking . . . . .	26
8	Karte Diesel . . . . .	28
9	Karte ULP . . . . .	29

## Tabellenverzeichnis

1	Zahlenverteilung nach Benford . . . . .	5
2	Kennzahlen gesamter Datensatz . . . . .	10
3	Kennzahlen Regionen . . . . .	11
4	Korrelationstabelle Diesel . . . . .	15
5	Korrelationstabelle ULP . . . . .	16
6	Modelle . . . . .	19
7	Diesel Ranking . . . . .	22
8	ULP Ranking . . . . .	23
9	Ranking Marken/Area . . . . .	24
10	Mittelwerte Ranking nach Area . . . . .	25
11	Liste Tankstellen 1 . . . . .	VIII
12	Liste Tankstellen 2 . . . . .	IX
13	Liste Tankstellen 3 . . . . .	X
14	Liste Tankstellen 4 . . . . .	XI
15	Liste Tankstellen 5 . . . . .	XII

## Abkürzungen

- AGS:** Augusta Garage Service Station  
**BSS:** Blackwood Service Station  
**cbd:** central business district  
**CSS:** Cowaramup Tractor Sales and Service  
**GR:** Greenbushes Roadhouse  
**GTS:** Gracies Town Store  
**HASS:** K.W. Hornby Ampol Service Station  
**KCS:** Karridale Crossroads General Store  
**KH:** Kordics Holden  
**KR:** Karridale Roadhouse  
**KSS:** Kenwick Service Station  
**ma:** metropolitain area  
**MaAv:** durchschnittliche Marge  
**MaVar:** Margenvarianz  
**McD:** McDonald's Transport  
**Pad1:** Wert der ersten Stelle für  $a$   
**Pcd1:** Wert der ersten Stelle für  $c$   
**PChid1:**  $\chi^2$  - Wert der ersten Stelle  
**PCTot:** Preisänderungen gesamt  
**Pdd1:** Wert der ersten Stelle für  $d$   
**PDR:** price-decrease-ratio  
**PrCoCor:** Preis-Kosten Korrelation  
**PrVar:** Preisvarianz  
**ra:** rural area  
**WMH:** Williamsons Motor House

## 1 Einleitung

Unvollkommener Wettbewerb kann sowohl aus volks-, als auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht enormen Schaden verursachen. Beispielsweise beklagt die Deutsche Bahn durch ein Kartell von Luftfrachtunternehmen einen Schaden von zwei Milliarden Euro (FAZ (2014)) Im Rahmen eines Kartells wird der Wettbewerbsdruck gedämpft oder gar ausgeschaltet. Durch eine monopolartige Stellung eines Kartells sind höhere Preise und Gewinne für die beteiligten Unternehmen möglich. Für nicht involvierte Betriebe hingegen entstehen durch die Absprachen Nachteile. Auch Verbraucher sind von den erhöhten Preisen betroffen. Für die Volkswirtschaft entsteht ein Schaden in Form von Wohlfahrtsverlusten. Da nicht alle Abnehmer bereit sind, den über den Grenzkosten liegenden Preis zu zahlen, kommt es zu geringeren Absatzmengen und somit zu volkswirtschaftlichen Verlusten. Aus diesen Gründen sind Kartellbildungen untersagt. Allerdings ist es sehr schwierig, solche Kartelle nachzuweisen, da Preisabsprachen häufig durch heimliche Treffen, Telefonate oder ähnliches getroffen werden. Juristische Mittel wie Beschlagnahmung von Geschäftsunterlagen oder die Kronzeugenregelungen führen immer wieder zu erheblichen Strafzahlungen. Oft existieren jedoch keine expliziten Absprachen, sondern vielmehr ein Parallelverhalten der Marktteilnehmer, wie es insbesondere auf dem Benzinmarkt zu beobachten ist. Auch durch solches kartellartiges Verhalten wird der Wettbewerb beeinträchtigt (Haucap und Schultz (2011)). Es stellt sich die Frage, wie sich dies aufdecken lässt. An dieser Stelle kommen statistische Mittel zum Einsatz. Insbesondere werden hierbei Preisbewegungen untersucht. Einzelne Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass in Kartell-Zeiten die Preise des betroffenen Produkts seltener geändert werden oder die Preisbewegungen häufiger nach oben als nach unten verlaufen (Blanckenburg et al. (2012)). Im forensic accounting wird zunehmend eine auf Frank Benford zurückgehende Methode verwendet um manipulierte Datensätze, wie beispielsweise in Geschäftsberichten oder Steuererklärungen, zu identifizieren. Das Herangehen beruht darauf, dass die führenden Ziffern in unmanipulierten Datensätzen häufig einer bestimmten logarithmischen Verteilung unterliegen. Manipulative Eingriffe führen häufig zu Abweichungen von dieser Verteilung. In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, ob ein Benford-Test ein geeignetes Mittel ist, um kartellartige Eingriffe in die Marktpreisbildung aufzudecken. Diese Methode wird in der Arbeit speziell auf den westaustralischen Benzinmarkt angewendet. Es wird versucht, Kartelle mit Absprachen bezüglich des Benzinpreises auf Grund der Benfordabweichung der prozentualen Preisänderungen aufzudecken. Der westaustralische Benzinmarkt gilt im Allgemeinen als kompetitiv, es gibt aber häufig Beschwerden über zu hohe Preise. Da Tankstellen dort seit 2004 täglich ihre Preise melden müssen eignet sich dieser Markt besonders für die Untersuchung auf statistische Auffälligkeiten.

## 2 Kartelle

Ein Kartell bezeichnet Absprachen oder den Zusammenschluss von Konkurrenten. Diese Vereinbarungen können sowohl legal, als auch illegal sein. So existieren auch Kartelle zwischen Staaten wie zum Beispiel die OPEC, welche die Erdölproduktion länderübergreifend regelt. Als illegal gelten Kartelle, sobald der Wettbewerb durch Vereinbarungen über Preise oder Wirtschaftsstrategien gehemmt, verfälscht oder gar verhindert wird. Am bekanntesten ist das Preiskartell, hier sprechen sich Wettbewerber bezüglich der Preisgestaltung ab, um ihren Gewinn zu maximieren. Eine weitere Form ist das Produktionskartell, hier wird Produktion und Angebot gesteuert. Im Gebietskartell wird der territoriale Markt unter den Kartellunternehmen aufgeteilt, die Konkurrenten dürfen lediglich in ihrem Gebiet ihre Produkte absetzen. Ziel dieser und einer Vielzahl weiterer illegaler Absprachen ist meist die Gewinnmaximierung oder das Erlangen einer Monopolstellung. Diese Formen sind verboten, da sie in mehrfacher Hinsicht schädlich sind. Beispielsweise besteht für die Unternehmen kein Bedarf neue Produkte zu entwickeln oder die existierenden zu verbessern, da sie durch die getroffenen Absprachen keinem Wettbewerbsdruck unterliegen. Dies führt für den Verbraucher zu geringerer Qualität mit gleichzeitig höheren Preisen. Auch für die Volkswirtschaft entsteht durch Kartelle enormer Schaden. Um die Verbraucher vor Nachteilen zu schützen und den Wettbewerb als entscheidendes Merkmal der Marktwirtschaft zu erhalten, wurden in vielen Ländern Gesetze gegen illegale Kartelle erlassen. In Deutschland sind Kartelle grundsätzlich verboten, in Ausnahmefällen können sie jedoch angemeldet werden. Bei Verstoß folgen rechtliche Sanktionen in Form von Geldbußen, welche nicht nur zur Strafe sondern auch zur Abschreckung dienen sollen. Da illegale Absprachen im Geheimen getroffen werden, ist es grundsätzlich schwierig diese nachzuweisen. Als besonders wirksam für die Aufdeckung hat sich die Kronzeugenregel herausgestellt. Diese bewirkt, dass einem an einem Kartell beteiligten Unternehmen die Geldbuße erlassen wird, wenn es als erstes das Kartell den Wettbewerbsbehörden meldet. Es existieren weitere Vorgehensweisen zum Nachweis von Kartellen, so haben sich in der Volkswirtschaft einige Indikatoren etabliert. Man geht davon aus, dass bei Preisabsprachen folgende Merkmale vorliegen:

- Hohe durchschnittliche Preis-Kosten Margen
- Geringe Margenvarianz
- Seltene Preisänderungen
- Häufige Preiserhöhungen, seltene Preissenkungen
- Geringe Marktpreisvarianz
- Geringe Preis-Kosten-Korrelation

Bei unvollkommenem Wettbewerb geht man davon aus, dass das Kartell sich in einer monopolähnlichen Stellung befindet. Dadurch können höhere Margen verbucht werden. Somit ist der Gewinn eines erfolgreichen Kartells dem eines Monopolisten gleich. Einen weiteren Beleg für das Kriterium liefern Abrantes-Metz et al. (2006): Nach Zusammenbruch eines Kartells das Absprachen über gefrorenen Barsch getroffen hatte sank der Preis um 16 %. Da sich die Marge aus der Differenz des Preises und der Kosten berechnet, ergibt sich mit gleich bleibenden Kosten eine geringere durchschnittliche Marge in Wettbewerbszeiten. Darüber hinaus stellten selbige Autoren fest, dass sowohl Preis-, als auch Margenvarianz während eines Kartells geringer sind als bei Vorherrschendem intakten Wettbewerbs. Auch Genesove und Mullin (2001) bestätigten die These anhand der Analyse des Preiskartells in der Zuckerindustrie während der 1920 Jahre.

Beim Vergleich von Preisänderungen in Kartellzeiten mit diesen während intaktem Wettbewerb, stellten Blanckenburg et al. (2012) fest, dass sich die Änderungen bei Absprachen häufig auf Null belaufen. Somit verändert sich der Preis hier selten. Die Autoren vermuten, dass dies an der Zeitverzögerung liegt, welche durch die Verhandlungen der Kartellmitglieder vor der Preisanpassung entsteht. Des Weiteren beobachteten sie, dass sich die Preise häufiger nach oben als nach unten bewegen. Dies soll auf Grund der Tatsache sein, dass Preisbewegungen nach unten im Kartell schwieriger zu instruieren sind als eine Erhöhung des Preises. Außerdem können niedrigere Preise bei anderen Kartellmitgliedern den Eindruck von Betrug erwecken, was zu einem Preiskampf führen würde. Somit ist die Anzahl an positiven Preisänderungen im Vergleich zur Gesamtzahl an Änderungen während unvollkommenem Wettbewerb höher. Zuletzt wird eine geringe Preis-Kosten Korrelation als Indikator für Preisabsprachen verwendet. Belege dafür liefern Porter und Zona (1993). Diese verwendeten ein Bewertungsmodell für Unregelmäßigkeiten in Kartellangeboten. Bei Ausschreibungen für staatliche Highwaybauten konnten sie zeigen, dass die Angebote von Kartellen nicht mit den geschätzten Kosten korreliert sind, wohingegen die Angebote von konkurrierenden Firmen diese Korrelation aufwiesen.

### 3 Benford's Law

#### 3.1 Die Benford-Verteilung

Sowohl Simon Newcomb (1881) als auch Frank Benford (2012) beobachteten, dass in Logarithmentafeln die vorderen Seiten mit kleinen Anfangsziffern stärker abgenutzt waren als die hinteren. Sie schlossen daraus, dass im Rechenalltag Zahlen mit kleinen Ziffern häufiger verwendet werden. Diese Vermutung konnte Benford durch jahrelanges Datensammeln bestätigen. Die Verteilung der ersten Ziffer beschrieb er folgendermaßen:

$$P(D_1 = d_1) = \log_{10} \left( 1 + \frac{1}{d_1} \right); \quad d_1 \in \{1, 2, \dots, 9\} \quad (1)$$

Der Definitionsbereich erstreckt sich hier von 1 bis 9. Für die zweite und die folgenden Stellen erweitert sich dieser um die 0. Allgemeiner gilt für die ersten  $k$  Stellen (vgl. Hill (1995)):

$$\text{Prob}(D_1 = d_1, \dots, D_k = d_k) = \log_{10} \left[ 1 + \left( \sum_{i=1}^k d_i x 10^{k-i} \right)^{-1} \right] \quad (2)$$

Durch Addition der jeweiligen bedingten Wahrscheinlichkeiten ergibt sich daraus für die zweite Ziffer

$$P(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log_{10} \left( 1 + \frac{1}{d_1 d_2} \right); \quad d_2 \in \{0, 1, 2, \dots, 9\} \quad (3)$$

Entsprechend lassen sich auch die Wahrscheinlichkeiten für alle folgenden Ziffern berechnen. Es ergibt sich dadurch die in Tabelle 1 dargestellten Wahrscheinlichkeiten der Ziffern 0 bis 9 für die ersten fünf Ziffern einer Zahl. Die Verteilung der ersten Ziffer ist in Abbildung 1 abgetragen.

**Ziffernverteilung nach Benford**

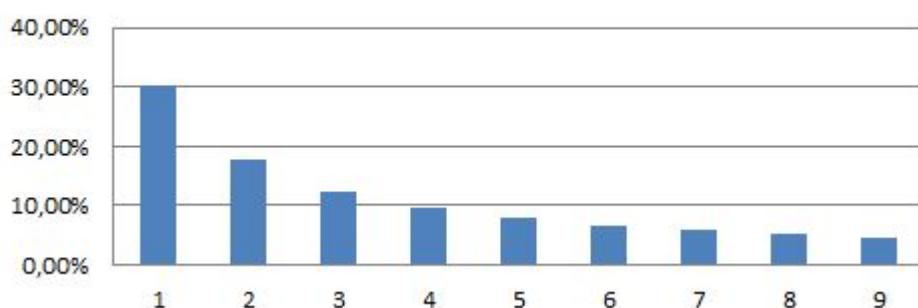


Abbildung 1: Verteilung erste Ziffer

Zahlenverteilung nach Benford					
Ziffer/Stelle	1	2	3	4	5
<b>0</b>	0.000000	0.119679	0.101784	0.100176	0.100018
<b>1</b>	0.301030	0.113890	0.101376	0.100137	0.100014
<b>2</b>	0.176091	0.108821	0.100972	0.100098	0.100010
<b>3</b>	0.124939	0.104330	0.100178	0.100059	0.100006
<b>4</b>	0.096910	0.100308	0.099788	0.100019	0.100002
<b>5</b>	0.079181	0.096677	0.099401	0.099980	0.099998
<b>6</b>	0.066947	0.093376	0.099019	0.099941	0.099994
<b>7</b>	0.057992	0.090352	0.098641	0.099902	0.099999
<b>8</b>	0.051153	0.087570	0.098267	0.099863	0.099986
<b>9</b>	0.045757	0.084997	0.098267	0.099824	0.099982
<b>Summe</b>	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

Tabelle 1: Zahlenverteilung nach Benford

Für die Ziffer eins an erster Stelle ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von 30,103%, an zweiter Stelle von 11,389%. Ziffer zwei kommt mit ca. 17,609 bzw. 10,882 prozentiger Wahrscheinlichkeit vor. Es ist zu beobachten, dass sich die Verteilung für höhere Stellen immer mehr einer Gleichverteilung entspricht.

Zwei der bedeutendsten Eigenschaften der Benford-Verteilung stellen die Basen- und Skaleninvarianz dar. Das bedeutet zum einen, dass sich nach Transformation einer Benfordmenge in ein anderes Zahlensystem wiederum die entsprechende Benford-Verteilung ergibt. Zum anderen führt die Multiplikation jeder Zahl einer Benfordmenge mit demselben Faktor  $c$  wieder zu einer Benfordmenge (Pinkham (1961)). Darüber hinaus ist Benford nach Hamming (1970) und Boyle (1994) invariant gegenüber mathematischen Operationen. Demzufolge führt eine Addition, Subtraktion, Multiplikation oder Division von Benfordmengen wiederum zu einer solchen. Hill (1995) zeigt, dass aggregierte Zufallsstichproben von willkürlich ausgewählten Wahrscheinlichkeitsverteilungen gegen die Benford-Verteilung konvergieren.

### 3.2 Abweichungen als Indikator für Datenmanipulationen

Nach Hills Erkenntnis tritt eine Benford-Verteilung immer dann auf, wenn die Daten aus einer Mischung hinreichend verschiedener Verteilungen entstehen. Dies kann für viele Datensätze angenommen werden, zum Beispiel für Konzernbilanzen oder volkswirtschaftliche Kennzahlen. Bei nach einfacherem Muster zugewiesene Zahlen wie beispielsweise Telefonnummern, Bankleitzahlen oder ähnliches ist dies nicht zu erwarten. Zum anderen sollen

keine festen Ober- und Untergrenzen festgesetzt sein, wie es unter anderem bei Schwellenwerten, die z.B. bei Supermarktpreisen verwendet werden, der Fall ist. Des Weiteren sollen keine abgeleiteten Daten wie Durchschnittswerte vorhanden sein, sie könnten die Daten verzerrn und zu einem falschen Ergebnis führen. Bewusste Eingriffe unterliegen Restriktionen oder psychologischen Barrieren. Von Menschen fiktiv erdachte oder willentlich beeinflusste Zahlen stellen üblicherweise keine Benfordmenge dar (Hill (1988) und Quick und Wolz (2003)). Deshalb kann eine Abweichung von der Benford-Verteilung ein Indikator für bewusste Manipulation sein. Allerdings stellt dies wie jede statistische Aufälligkeit lediglich einen Hinweis, keinen Nachweis dar. Für die vorliegende Untersuchung wird, wie meist, nur eine Überprüfung der ersten Ziffer durchgeführt. Bei Manipulationen ist es nämlich am effektivsten, diese an der ersten Stelle durchzuführen. Des Weiteren würde eine Untersuchung der höheren Ziffern voraussetzen, dass diese im Datensatz ungerundet angegeben werden, was nicht immer der Fall ist.

### 3.3 Testverfahren: Der $\chi^2$ -Anpassungstest

Mit dem  $\chi^2$ -Anpassungstest wird nun überprüft, ob eine für die Daten angenommene Verteilung der ersten Ziffer auch tatsächlich vorliegt. Die Anzahl der Freiheitsgrade wird durch  $v = k - 1$  festgelegt.  $k$  steht nun für die Anzahl der Kategorien, hier folglich  $k = 9$  für die erste Ziffer. Die Prüfgröße  $\chi^2$  wird durch

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^{k=9} \frac{(h_i - p_i)^2}{p_i} \quad (4)$$

berechnet. Sie misst, wie sich bei Stichprobengröße  $n$  die Summe der Differenz der quadrierten Abweichungen zwischen der beobachteten ( $h_i$ ) und der erwarteten ( $p_i$ ) relativen Häufigkeit verhält. Für Hypothesentests mit  $H_0$  : „Daten sind Benford-verteilt“ und  $\alpha = 0,05$  ergibt sich bei acht Freiheitsgraden, also für die erste Stelle, ein kritischer Wert von 15,5073. Das heißt die Nullhypothese, dass die wahre Verteilung der Benford-Verteilung entspricht, wird bei einem größeren Wert verworfen. In dieser Arbeit wird jedoch kein Signifikanztest, sondern ein Vergleich der Stärke der Abweichung durchgeführt. Diejenigen Tankstellen, deren Werte am stärksten von der Benford-Verteilung abweichen, werden als die verdächtigsten angesehen.

### 3.4 Die Maße $c$ , $d^*$ und $a^*$

Der  $\chi^2$ -Wert ist nicht die einzige Möglichkeit, die Abweichung der empirischen Verteilung von der Benford-Verteilung zu messen. Ferner besitzt beim  $\chi^2$ -Test die Anzahl der Beobachtungen Einfluss auf den Prüfwert, tendenziell entstehen bei höherem Stichproben-

umfang auch höhere Werte. Deshalb werden wie bei Rauch, Götsche, Brähler et al. (2011) davon unabhängige Maße eingeführt. Diese sollen die Verzerrung des Ergebnisses durch den Stichprobenumfang verhindern. Der Vergleich des ursprünglichen Wertes mit dem Ergebnis des Maßes bietet somit die Möglichkeit, eine Aussage über die Robustheit der  $\chi^2$ -Ergebnisse zu treffen. Das Maß

$$c = \chi^2/n$$

aus Leemis et al. (2000) teilt den ursprünglichen Wert durch die Anzahl der Beobachtungen. Der Wert von  $c$  hängt nur von den relativen Häufigkeiten der Ziffern 1 bis 9 in der Stichprobe ab, nicht jedoch vom Umfang der Stichprobe.

Das Maß  $d^*$  beschreibt den euklidischen Abstand in Anlehnung an Cho und Gaines (2007).

$$d^* = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^9 (h_i - p_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^8 p_i^2 + (1 - p_9)^2}}$$

Der Nenner von  $d^*$  stellt den maximal möglichen Abstand der Verteilung der ersten Ziffer in einer Stichprobe zur Benford-Verteilung dar. Dieser liegt vor, wenn die erste Ziffer in der Stichprobe immer eine 9 ist. Der Nenner von  $d^*$  bewirkt also eine Normierung auf Werte zwischen 0 und 1. Zuletzt wird  $a^*$  wie bei Judge und Schechter (2009) berechnet. Hier wird die absolute Differenz von Erwartungswert der empirischen Ziffernhäufigkeitsverteilung ( $\mu_e$ ) und der von Benford ( $\mu_b$ ) durch die maximal mögliche Differenz von 9 und  $\mu_b$  berechnet, so dass sich wieder die Normierung auf Werte zwischen 0 und 1 ergibt.

$$a^* = \frac{|\mu_e - \mu_b|}{9 - \mu_b}$$

### 3.5 Anwendungsbereiche

Ein Benford-Test wird vorwiegend dafür genutzt, Unregelmäßigkeiten und Anomalien aufzudecken. Eine Abweichung bezüglich der Verteilung deutet auf eine Manipulation der Zahlen hin, soweit keine anderen Erklärungen vorliegen. Das Verfahren wurde bereits erfolgreich zur Überprüfung unterschiedlicher Daten angewendet. Bei Bilanzen und Steuern hat sich die Überprüfung der Ziffern als effizientes Mittel etabliert, um „cosmetic earnings management“ und Bilanzbetrug aufzudecken (Guan et al. (2006), Nigrini und Mittermaier (1997)). Des Weiteren wurde Benford herangezogen, um Auktionspreise (Giles (2007)), Börsenkurse (Ceuster (1998), Ley (1996)), Survey Daten (Judge und Schechter (2009), Schäfer et al. (2005)) und Wahlkampffinanzierungen (Cho und Gaines (2007)) zu überprüfen. Harrington (2008) schlug die Verwendung zur Überprüfung von Kartellen vor.

Auf Grund der gesamtwirtschaftlichen Bedeutung des Benzinmarktes, den meist nahezu gleichförmig verlaufenden Preisentwicklungen in der gesamten Branche und den daraus re-

### *3 BENFORD'S LAW*

---

sultierenden Spekulationen über Absprachen im Benzingeschäft, bietet sich auch hier eine Kartellüberprüfung an. Da die klassischen Indikatoren jedoch aufwendig zu erheben sind und nicht immer zu eindeutigen Ergebnissen führen, erscheint auch hier eine Kontrolle mit dem Benford-Verfahren sinnvoll. Bekanntlich bewegen sich Benzinspreise meist in einem gewissen Rahmen, wodurch die Anwendung des Verfahrens direkt auf die Preise kein geeignetes Mittel darstellen. Aus diesem Grund werden, wie es auch Ley (1996) bereits für Börsenindices und Rauch, Götsche und El Mouaaouy (2014) tat, die prozentualen Preisänderungen betrachtet, bei denen man von einer Benford-Verteilung ausgehen kann.

## 4 Datensatz

Der Datensatz bildet 99 verschiedene westaustralische Tankstellen für die Jahre 2004 bis 2013 ab. Insgesamt 35 Tankstellen bestehen für den gesamten Zeitraum von 10 Jahren. Als Grundlage der weiteren Berechnungen werden tägliche Preise für Diesel und ULP (unleaded petrol, Normalbenzin) verwendet. Einige Tankstellen bieten nur eines der beiden Produkte an. Die Preise stammen aus der Datenbank des australischen *Department of Commerce* (2014) und werden auf deren Homepage fuelwatch.wa.gov.au veröffentlicht. Zur Bestimmung der Marge wurde die Differenz zwischen Preis und nächstem Terminal-Gate-Preis, welcher ebenso von der Seite fuelwatch.wa.gov.au stammt, verwendet. So wurden für alle Tankstellen neben der Anzahl der Meldungen für die prozentuale Preisänderung Stichprobenumfang, Werte für  $\chi^2$  und die Maße  $a^*$ ,  $c$  und  $d^*$  ermittelt. Als Wettbewerbsindikatoren liegen jeweils Variablen über die durchschnittliche Marge pro Jahr, die Margen- und Preisvarianz, die Preis-Kosten-Korrelation, die Anzahl der negativen bzw. positiven Preisänderungen sowie deren Gesamtzahl und der price-decrease-ratio vor. Von jeder Tankstelle ist die Adresse bekannt und somit auch die Tankstellenzahl im Umkreis. Die Bezirke in denen die Tankstellen liegen werden nach dem *Appendix F* (2014) in „rural area“, „central business district“ und „metropolitain area“ unterschieden. Für diese Regionen sind durch die Homepage der *City of Perth* (2014) Werte für Größe, Anzahl an Jobs, Arbeitslosenquote und Einwohnerzahl gegeben.

Für die Analyse wurden mehrere Datensätze erstellt: Im Gesamtdatensatz sind alle Daten enthalten. Darüber hinaus existiert ein Satz mit den Tankstellen, die für alle zehn Jahre existierten und einer, die mehr als 100 Meldungen pro Jahr machten. Die drei Datensätze existieren wiederum jeweils für Diesel und für ULP.

## 5 AUSWERTUNG

---

# 5 Auswertung

## 5.1 Deskriptive Auswertung

Bei Betrachtung der Benford-Werte ergeben sich bei der Gegenüberstellung von Diesel und ULP folgende Minima, Maxima, Mediane und Mittelwerte:

Kennzahlen gesamter Datensatz								
D   ULP	Minimum		Maximum		Median		Mittelwert	
$\chi^2$	<b>2,435</b>	2,234	513,5	<b>578,2</b>	<b>81,4</b>	56,28	<b>124,3</b>	109,4
$a^*$	0,00015	<b>0,00022</b>	1	0,730	<b>0,187</b>	0,111	<b>0,217</b>	0,140
c	<b>0,072</b>	0,043	<b>20,85</b>	13,94	<b>2,322</b>	0,496	<b>3,514</b>	1,019
$d^*$	<b>0,085</b>	0,060	1	0,980	<b>0,410</b>	0,227	<b>0,443</b>	0,281

Tabelle 2: Kennzahlen gesamter Datensatz

Es ist deutlich zu sehen, dass, bis auf das Maximum des  $\chi^2$  und das Minimum bei  $a$ , die Kennzahlen für Diesel diejenigen von ULP übertreffen. Grundsätzlich erscheint so Diesel auffälliger. Allerdings sind besonders die Maxima von  $a$  und  $d$  mit einem Wert von 1 auffällig. Betrachtet man diese Ausreißer im Datensatz, so fällt auf, dass sie eine geringe Anzahl von Meldungen pro Jahr besitzen. Aus diesem Grund wird der Datensatz um Tankstellen mit weniger als 100 Meldungen pro Jahr bereinigt. Betrachtet man erneut die statistischen Kennzahlen, so erhält man etwas niedrigere Maxima für die Maße. Auch die Mediane und Mittelwerte ändern sich geringfügig. Diesel erscheint jedoch noch immer bis auf die vorherigen Einschränkungen und nun auch das Maximum von  $a^*$  auffälliger. Um festzustellen, ob es Unterschiede der Benford-Kennzahlen bezüglich der Regionen gibt, aus denen die Tankstellen stammen, werden nun diese näher betrachtet. Bei den  $\chi^2$ -Werten in den einzelnen Regionen sieht man eindeutig, dass Tankstellen in ländlicher Gegend mit einem Mittelwert von 72,25 im Schnitt am wenigsten auffällig sind. „central business district“ liegt mit 114,3 im Mittelfeld. Am markantesten sind im Durchschnitt Tankstellen im Stadtgebiet mit einem Wert von 150,6. Bis auf das Maß  $a$  mit einem marginal größerem Wert von „central business district“ im Vergleich zu „metropolitan area“ verhalten sich die anderen Kennwerte genauso. Jedoch unterscheiden sich die Werte von  $a^*$ ,  $c$  und  $d^*$  der Areas nur noch geringfügig. Es gilt allerdings auch die unterschiedliche Tankstellenanzahl der verschiedenen Gegenden zu beachten.

## 5 AUSWERTUNG

---

Kennzahlen Regionen						
ra   cbd   ma	Minimum			Maximum		
$\chi^2$	2,435	2,591	4,679	437,2	500,2	513,5
$a^*$	0,0008	0,0038	0,0002	0,606	1	1
c	0,072	0,216	0,165	14,99	20,85	20,85
$d^*$	0,085	0,138	0,115	0,980	1	1
	Median			Mittelwert		
$\chi^2$	33,090	63,500	110,900	72,250	114,300	150,600
$a^*$	0,124	0,202	0,222	0,170	0,238	0,234
c	1,369	2,169	2,799	2,509	3,585	3,960
$d^*$	0,333	0,411	0,427	0,377	0,446	0,472

Tabelle 3: Kennzahlen Regionen

Splittert man des Weiteren die Werte nach Diesel und ULP auf, so ist, wie in Abbildung 3 dargestellt, bei  $\chi^2$  zu beobachten, dass der Median beider Produkte sehr ähnlich ist. Nur bei „metropolitain area“ besitzt Diesel einen deutlich größeren Wert. Auch die Anzahl an Ausreißern ist in dieser Gegend deutlich am höchsten, für ULP noch um einiges mehr als für Diesel. Bei den Maßen  $a^*$ ,  $d^*$  und  $c$  nimmt die Gesamtzahl der Ausreißer deutlich ab. Des Weiteren zeichnet sich nun auch hier ein niedrigerer Median für ULP im „central business district“ ab. Lediglich in der „rural area“ verhalten sich beide Produkte konstant auf ähnlichem Niveau. Eine klare Aufstellung der Regionen nach Höhe der Werte ist bei dieser Betrachtungsweise nicht mehr möglich. Sowohl für den gesamten Datensatz, als auch für *alle Jahre* und *alle Jahre mit mehr als 100 Meldungen* kommt man zum gleichen Ergebnis. Insgesamt relativieren sich also die Werte getrennt nach Regionen, man kann nicht von mehr Auffälligkeit in einer bestimmten Area sprechen. Die These, dass Diesel höhere Werte annimmt, wird hingegen weiter gestützt.

## 5 AUSWERTUNG

---

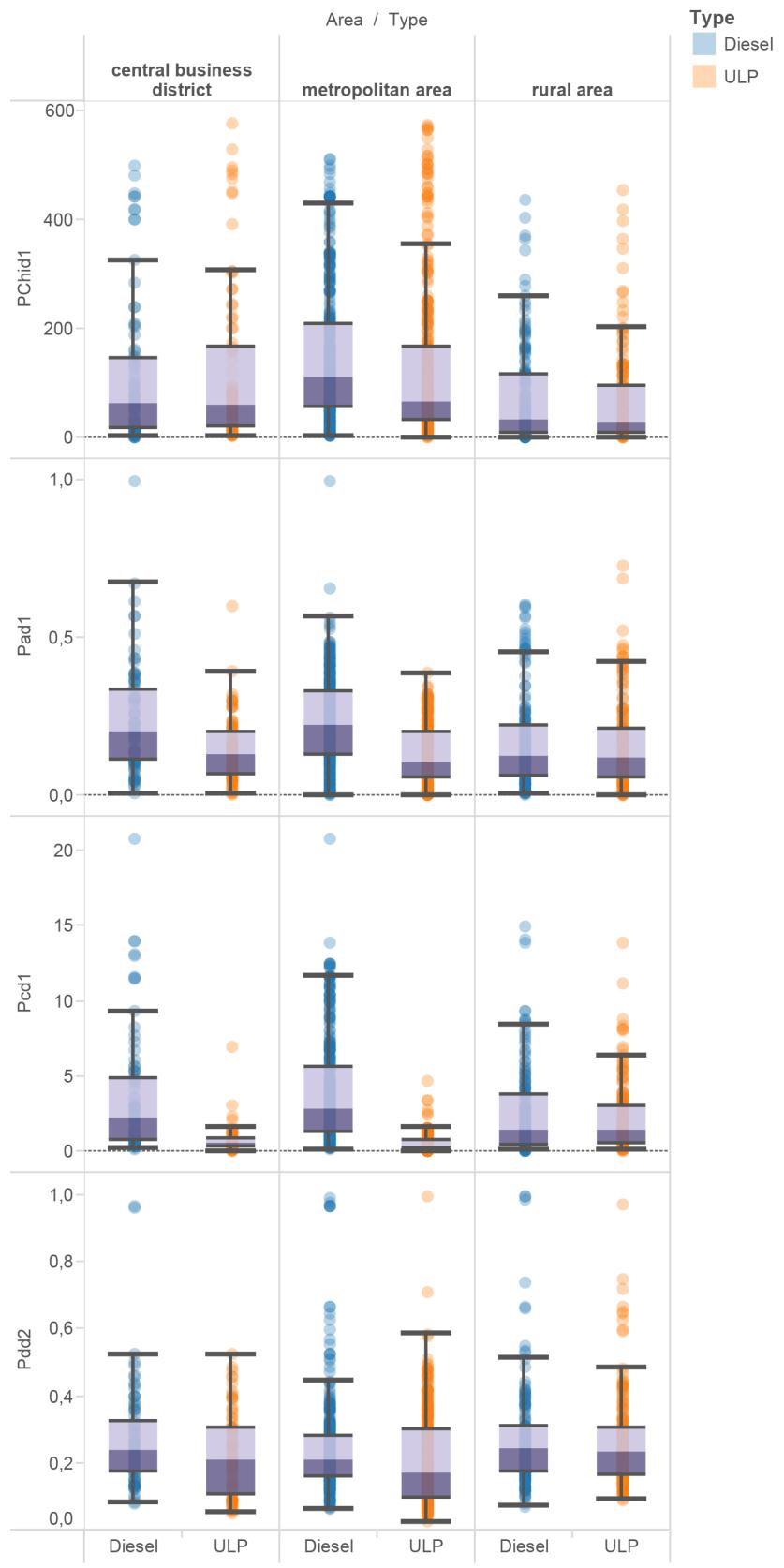


Abbildung 2: Boxplots nach Area

## 5.2 Korrelation

Man kann davon ausgehen, dass, wenn eine Tankstelle Marktmacht besitzt, dies sowohl für Diesel als auch für ULP der Fall ist. Für einen sinnvollen Indikator sollte deshalb die Korrelation zwischen den Werten für die beiden Produkte positiv sein. Daher wird für jeden einzelnen Indikator diese Korrelation berechnet. Es ergeben sich die in Abbildung 3 dargestellten Werte.

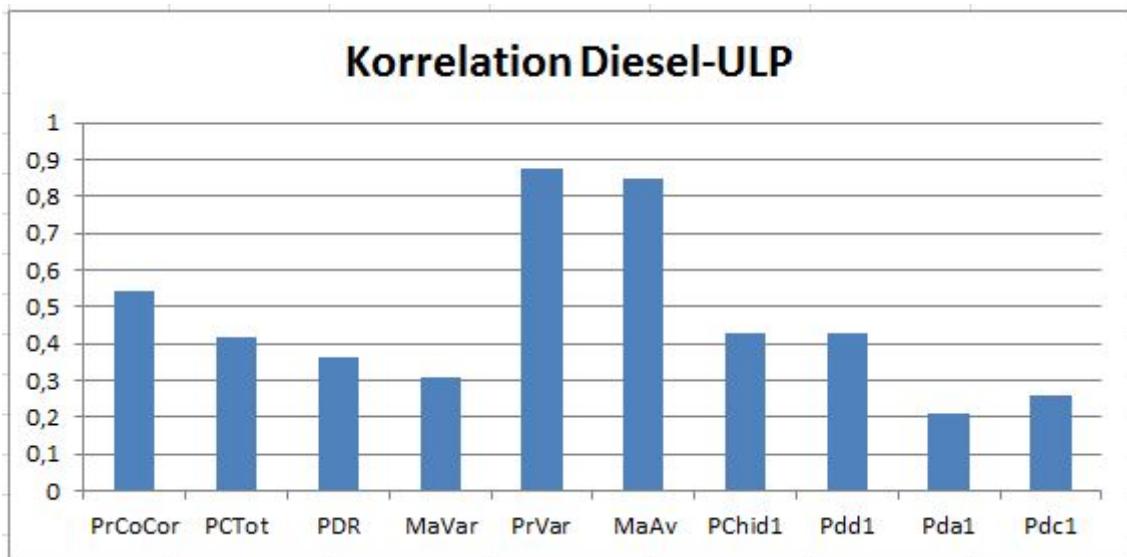


Abbildung 3: Korrelation Diesel-ULP

Für alle Indikatoren liegt eine positive Korrelation vor. Besonders stark ist diese für die Preisvarianz und die durchschnittliche Marge. Auch bei den übrigen Indikatoren liegt zumindest eine schwache, meist sogar eine mittelstarke Korrelation vor. Das bedeutet, wenn der betreffende Wert einer Tankstelle für Diesel hoch ist, so ist er es auch für ULP und umgekehrt. Die Korrelation beweist allerdings nicht, dass der Indikator tatsächlich unvollkommenen Wettbewerb anzeigt, sie könnte auch andere Gründe haben.

Als nächstes wird der Zusammenhang der einzelnen Indikatoren untereinander untersucht und insbesondere versucht, auf Grundlage der Korrelationen festzustellen, ob sich die Benford-Kennzahlen wie die geläufigen Indikatoren verhalten. Zunächst wird dies anhand einer Korrelationstabelle inklusive der Benford-Kennzahlen analysiert, der gesamte Datensatz liegt hier zu Grunde. Auf Grund der in 5.1 herausgearbeiteten Vermutung, dass ein Unterschied zwischen den beiden Produkten besteht, wird auch die Korrelationstabelle getrennt nach Diesel und ULP berechnet.

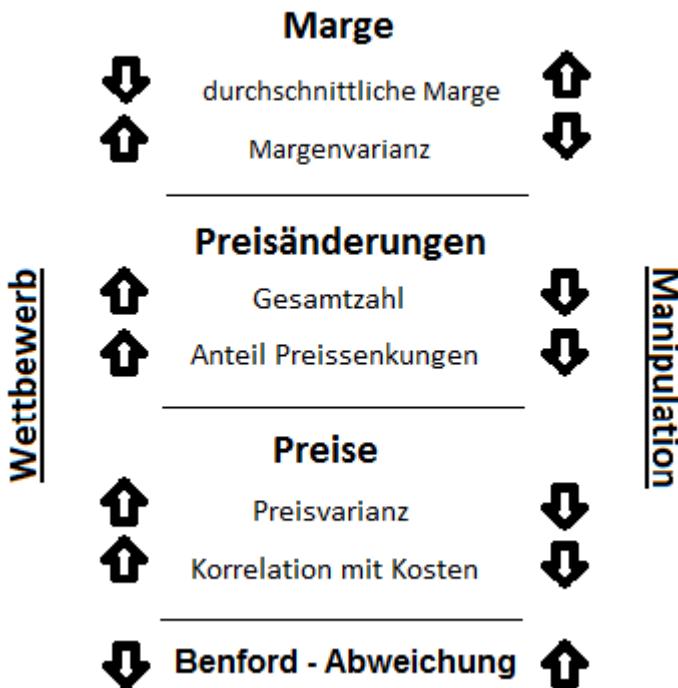


Abbildung 4: Indikatoren

Wie in Abbildung 4 nochmals dargestellt, deutet bei der Benford-Abweichung und bei der durchschnittlichen Marge ein niedriger Wert auf Wettbewerb, ein hoher Wert dagegen auf Manipulation hin, bei den übrigen Indikatoren verhält es sich umgekehrt. Um Abweichungen leichter sichtbar zu machen, wurden im ersten Teil der beiden Tabellen die Variablen -MaAv, -PChid1, -Pdd1, -Pad1 und -Pac1 verwendet. So ändert sich lediglich das Vorzeichen der entsprechenden Koeffizienten in der Tabelle. Unter der Annahme, dass alle Indikatoren einschließlich der Benford-Abweichung ein geeignetes Mittel sind, um Preisabsprachen nachzuweisen, müssten dann positive Korrelationen vorliegen. Mit Hilfe eines  $\chi^2$ -Signifikanztests wurde zwischen allen Variablen ein höchst signifikanter Zusammenhang aufgezeigt.

Besonders zu beachten sind hierbei jedoch Widersprüche zwischen einzelnen Indikatoren. So folgt aus geringer Margenvarianz eine relativ konstante Marge. Diese impliziert gleiche Bewegungen von Verkaufspreis und Kosten, was wiederum eine hohe Preis-Kosten Korrelation zur Folge hat. Bei starken Schwankungen der Kosten und Preise hätte dies wiederum Einfluss auf die Margen- oder Preisvarianz: Ist die eine gering, so muss die andere hoch sein und umgekehrt. Insgesamt könnte die Korrelation zwischen Margenvarianz und Preis-Kosten Korrelation sowie der Preisvarianz hinsichtlich der ursprünglichen Annahmen problematisch sein.

## 5 AUSWERTUNG

---

Korrelationstabelle Diesel						
	PrCoCor	PCTot	PDR	MaVar	PrVar	
<b>PrCoCor</b>	1.000	-	-	-	-	-
<b>PCTot</b>	<b>0.368</b>	1.000	-	-	-	-
<b>PDR</b>	<b>-0.109</b>	<b>0.281</b>	1.000	-	-	-
<b>MaVar</b>	<b>-0.177</b>	<b>-0.082</b>	<b>0.020</b>	1.000	-	-
<b>PrVar</b>	<b>0.355</b>	<b>0.446</b>	<b>0.212</b>	<b>0.324</b>	1.000	-
<b>-MaAv</b>	<b>0.099</b>	<b>0.306</b>	<b>0.011</b>	<b>-0.287</b>	<b>-0.023</b>	-
<b>-PChid1</b>	<b>-0.062</b>	<b>-0.242</b>	<b>-0.034</b>	<b>0.082</b>	<b>0.167</b>	-
<b>-Pdd1</b>	<b>0.325</b>	<b>0.274</b>	<b>0.079</b>	<b>0.089</b>	<b>0.353</b>	-
<b>-Pad1</b>	<b>0.172</b>	<b>0.101</b>	<b>0.043</b>	<b>0.124</b>	<b>0.257</b>	-
<b>-Pcd1</b>	<b>0.269</b>	<b>0.232</b>	<b>0.008</b>	<b>0.117</b>	<b>0.342</b>	-
	MaAv	PChid1	Pdd1	Pad1	Pcd1	
<b>MaAv</b>	1.000	-	-	-	-	-
<b>PChid1</b>	<b>-0.002</b>	1.000	-	-	-	-
<b>Pdd1</b>	<b>0.135</b>	<b>0.732</b>	1.000	-	-	-
<b>Pad1</b>	<b>-0.139</b>	<b>0.621</b>	<b>0.675</b>	1.000	-	-
<b>Pcd1</b>	<b>0.107</b>	<b>0.758</b>	<b>0.940</b>	<b>0.708</b>	1.000	-

Tabelle 4: Korrelationstabelle Diesel

Betrachtet man die entsprechenden Werte in der Korrelationstabelle, stellt man fest, dass bei Diesel in den meisten Fällen das gewünschte Vorzeichen vorliegt. Ausnahmen davon bilden die leicht positiven Koeffizienten von  $\chi^2$ , jeweils mit der Preis-Kosten-Korrelation, der gesamten Preisänderung und dem price-decrease-ratio sowie der sehr schwach negative Wert zur durchschnittlichen Marge. Auch der Koeffizient zwischen MaAv und Pad1 ist schwach negativ.

## 5 AUSWERTUNG

---

Korrelationstabelle ULP						
	PrCoCor	PCTot	PDR	MaVar	PrVar	
<b>PrCoCor</b>	1.000	-	-	-	-	-
<b>PCTot</b>	<b>-0.253</b>	1.000	-	-	-	-
<b>PDR</b>	<b>-0.329</b>	<b>0.786</b>	1.000	-	-	-
<b>MaVar</b>	<b>-0.584</b>	<b>0.588</b>	<b>0.491</b>	1.000	-	-
<b>PrVar</b>	<b>0.416</b>	<b>0.071</b>	<b>0.124</b>	<b>0.076</b>	1.000	-
<b>-MaAv</b>	<b>-0.122</b>	<b>0.555</b>	<b>0.649</b>	<b>0.239</b>	<b>0.131</b>	-
<b>-PChid1</b>	<b>0.215</b>	<b>-0.549</b>	<b>-0.419</b>	<b>-0.266</b>	<b>0.139</b>	-
<b>-Pdd1</b>	<b>0.274</b>	<b>0.084</b>	<b>0.167</b>	<b>-0.047</b>	<b>0.338</b>	-
<b>-Pad1</b>	<b>0.118</b>	<b>-0.039</b>	<b>-0.078</b>	<b>-0.048</b>	<b>0.125</b>	-
<b>-Pcd1</b>	<b>0.005</b>	<b>0.346</b>	<b>0.405</b>	<b>0.222</b>	<b>0.241</b>	-
	MaAv	PChid1	Pdd1	Pad1	Pcd1	
<b>MaAv</b>	1.000	-	-	-	-	-
<b>PChid1</b>	<b>0.031</b>	1.000	-	-	-	-
<b>Pdd1</b>	<b>0.505</b>	<b>0.639</b>	1.000	-	-	-
<b>Pad1</b>	<b>0.204</b>	<b>0.586</b>	<b>0.707</b>	1.000	-	-
<b>Pcd1</b>	<b>0.453</b>	<b>0.275</b>	<b>0.754</b>	<b>0.584</b>	1.000	-

Tabelle 5: Korrelationstabelle ULP

Für ULP liegen auch Abweichungen bei den Werten für  $\chi^2$  vor, hier allerdings bei PCTot, PDR und MaVar. Die ersten beiden Koeffizienten zeigen sogar eine mittelstarke Korrelation von 0.549 und 0.419. Auch zwischen Margenvarianz und den Maßen  $d^*$  und  $a^*$  liegen schwach positive Werte vor sowie zwischen  $a^*$  und den Indikatoren PCTot und PDR. Die übrigen Koeffizienten besitzen die erwartete Richtung, die Maße und MaAv besitzen darüber hinaus größtenteils mittelstarke positive Korrelationen.

Als nächstes werden insbesondere die einzelnen volkswirtschaftlichen Indikatoren untersucht. Generell wären alle Indikatoren, bis auf die erwartete hohe durchschnittliche Marge, im Falle von Preisabsprachen gering. Auf Grund der Transformation in -MaAv werden jedoch durchgehend positive Korrelationskoeffizienten erwartet.

Da die **Preis-Kosten-Korrelation** bei Auffälligkeit klein sein sollte, erwartet man zu den übrigen gleichgerichteten etablierten Indikatoren positive Koeffizienten. Zur durchschnittlichen Marge wäre dieser negativ, da sich diese entgegengesetzt verhält. Für Diesel sind diese Annahmen sowohl für PDR, als auch für MaVar mit beiderseits schwach negativen Koeffizienten verletzt. Für ULP sind diese sogar mittel negativ, ebenso die Korrelation zu

## 5 AUSWERTUNG

---

PCTot. Des Weiteren besitzt MaAv einen schwach positiven Wert. Insgesamt verhält sich somit zur Preis-Kostenkorrelation, neben den Benford-Maßen, nur die Preisvarianz über beide Produkte konstant wie erwartet mit mittelstarken, positiven Korrelationskoeffizienten.

Die Korrelationskoeffizienten der **gesamten Preisänderungen** sind zu allen anderen Variablen so gerichtet wie erwartet, also positiv zu allen Indikatoren außer den Benford-Kennzahlen und durchschnittlichen Marge. Die einzige Ausnahme hiervon bildet der schwach negative Wert zur Margenvarianz für Diesel. Da die Korrelation in mehreren Fällen stark ist, geht man von einem geeigneten Indikator aus.

Der **price-decrease-ratio** verhält sich mit den übrigen geläufigen Indikatoren exakt wie erwartet. Die Zusammenhänge der **Margenvarianz** sind kritisch zu betrachten, ein Großteil der negativen Werte in der Tabelle von Diesel besitzt eine Verbindung zur MaVar. Dies bedeutet eine entgegengesetzte Korrelation als erwartet. Lediglich der Koeffizient zu PDR und der zur Preisvarianz sind hier wie vorhergesehen. Bei ULP beschränkt sich der negative Wert auf die Preis-Kosten-Korrelation, allerdings mit mittlerer negativer Stärke.

Betrachtet man die **Preisvarianz**, so besitzen alle gleichgerichteten Indikatoren positive, die Margenvarianz und Benford negative Koeffizienten. Die einzige Ausnahme bildet ein schwach positiver Wert zu MaAv bei Diesel. Der Zusammenhang ist nicht allzu groß, dafür jedoch in beinahe allen Fällen wie erwartet gerichtet.

Die **durchschnittliche Marge** besitzt, bis auf die Preis-Kosten-Korrelation für beide Produkte und die bereits erwähnten entgegengesetzt gerichteten Koeffizienten für Preis- und Margenvarianz bei Diesel, durchgehend richtig gerichtete Zusammenhänge. Darüber hinaus ist der Koeffizient von ULP zu PCTot (-0,555) und PDR (-0,649) relativ hoch. Untersucht man nun die Zusammenhänge der Benford-Kennzahlen untereinander, so herrscht beinahe durchgehend eine hohe positive Korrelation von bis zu 0,94. Insgesamt kann man bis auf die Preis-Kosten-Korrelation von validen Indikatoren ausgehen. Auch die Benford-Kennzahlen verhalten sich analog zu den bereits etablierten Indikatoren, was dafür spricht, ein geeignetes Mittel zum Nachweis von unvollkommenem Wettbewerb zu sein.

## 6 Modell

Um den Zusammenhang zwischen den Benford-Kennzahlen und den verschiedenen Indikatoren darzustellen wird ein gemischtes Modell nach Fahrmeier et al. (2009) herangezogen. Dieses geht von wiederholten Beobachtungen für mehrere Individuen aus. Diese stellen hier die einzelnen Tankstellen dar, die Variablen der verschiedenen Jahre die wiederholten Messungen. Insbesondere wird ein Modell mit random slope verwendet, welches erlaubt, unbeobachtete Heterogenität einer bestimmten Variable innerhalb einzelner Tankstellen zu berücksichtigen. Als Modellgleichung für die Ausprägung der erklärten Variable für Individuum  $i$  und Zeitpunkt  $t$  ergibt sich somit

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \alpha_i + u_{it} \quad (5)$$

wobei  $x$  die erklärenden, beobachtbaren Variablen verkörpert. Nicht, oder nur schwer beobachtbar sind die zwischen Personen unterschiedliche, für ein Individuum jedoch über die Zeit konstanten mit  $\alpha_i$  gekennzeichneten Variablen, und  $u_{it}$ , alle über Zeit und Person verschiedene Beobachtungen. Im gemischten Modell soll nun besonders die Varianz bestimmter Variablen innerhalb der einzelnen Tankstellen beachtet werden. Das am besten geeignete Modell für das jeweilige Produkt wurde auf Grund des AIC-Kriteriums bestimmt. Das Akaike-Information-Criterium versucht einen Kompromiss aus Modellkomplexität und Erklärungsgehalt zu finden. Es besagt, je kleiner der AIC-Wert, desto besser ist das Modell an die Daten angepasst.

Um ein geeignetes Modell für die verschiedenen Benford-Kennzahlen zu fitten wird das R-package lme4 verwendet. Zuerst werden die Modelle mit jeweils einem Indikator als random slope inklusive random intercept betrachtet. Im nächsten Schritt werden zum random slope des laut AIC besten Modells solange die nächst geeigneten random slopes hinzugenommen, bis keine Verbesserung mehr erfolgt. In allen Fällen führt die Modellierung ohne random intercept zu einem besseren Ergebnis. Ist diese Auswahl getroffen, wird überprüft ob die Variablen Arbeitslosenzahl, Größe, Anzahl an Jobs, Population und Tankstellenzahl in der Umgebung Einfluss besitzen. Da die Darstellung eines einzelnen Wertes wenig aussagekräftig ist, wird als Datengrundlage der Datensatz mit Tankstellen aller Jahre, sowie der mit mehr als 100 Meldungen für alle Jahre verwendet. Die Modelle wurden für Diesel und ULP getrennt geschätzt. Es ergeben sich folgende Modellbestandteile:

## 6 MODELL

---

Modelle							
Produkt	Daten	Random Slope					
		MaVar	PCTot	PDR	PrVar	PrCoCor	MaAv
Diesel	alle Jahre		x		x		x
				x			x
		x	x	x	x	x	x
Diesel	alle Jahre 100		x		x		x
				x			x
					x		x
ULP	alle Jahre						x
		x					x
		x					x
ULP	alle Jahre 100						x
			x				x
				x			x
Variablen							
		AL	Pop	Größe	Jobs	FaL	Kennzahl
Diesel	alle Jahre					x	$\chi^2$
		x	x	x	x	x	$d^*$
				x		x	$a^*$
							c
Diesel	alle Jahre 100					x	$\chi^2$
		x	x	x	x	x	$d^*$
			x	x		x	$a^*$
					x		c
ULP	alle Jahre					x	$\chi^2$
		x	x	x			$d^*$
		x	x	x			$a^*$
							c
ULP	alle Jahre 100						$\chi^2$
			x				$d^*$
			x				$a^*$
					x		c

Tabelle 6: Modelle

Des Weiteren befinden sich noch Dummyvariablen für die einzelnen Jahre von 2004

## 6 MODELL

---

bis 2013 im Modell. So lässt sich die gesamte Modellgleichung allgemein folgendermaßen beschreiben:

$$\begin{aligned}
 Y_{i;Kenzahl} = & \beta_0 + \\
 & (\beta_{MaVar} + \beta_{MaVar i}) * MaVar + (\beta_{PCTot} + \beta_{PCTot i}) * PCTot + \\
 & (\beta_{PDR} + \beta_{PDR i}) * PDR + (\beta_{PrVar} + \beta_{PrVar i}) * PrVar + \\
 & (\beta_{PrCoCor} + \beta_{PrCoCor i}) * PrCoCor + (\beta_{MaAv} + \beta_{MaAv i}) * MaAv + \\
 & \beta_{AL} * AL + \beta_{Pop} * Pop + \beta_{Größe} * Größe + \beta_{Jobs} * Jobs + \beta_{FaL} * FaL + \\
 & \beta_{d04} * d04 + \beta_{d05} * d05 + \beta_{d06} * d06 + \beta_{d07} * d07 + \beta_{d08} * d08 + \\
 & \beta_{d09} * d09 + \beta_{d10} * d10 + \beta_{d11} * d11 + \beta_{d12} * d12 + \beta_{d13} * d13
 \end{aligned} \tag{6}$$

Falls für einen Indikator ein random slope vorliegt, wie in Tabelle 6 ausgewiesen, so ist  $\beta_{Indi}$  vorhanden, ansonsten gilt  $\beta_{Indi} = 0$ . Ebenso sind je nach Angabe die Variablen Arbeitslosigkeit, Population, Größe, Anzahl an Jobs und Tankstellen in der Umgebung enthalten. Für Diesel auf Grundlage aller Jahre ergibt sich beispielsweise folgendes Modell für die Kennzahl  $a^*$ :

$$\begin{aligned}
 Y_{i;a^*} = & \beta_0 + \beta_{MaVar} * MaVar + \beta_{PCTot} * PCTot + \beta_{PDR} * PDR + (\beta_{PrVar} + \beta_{PrVar i}) * PrVar + \\
 & \beta_{PrCoCor} * PrCoCor + \beta_{MaAv} * MaAv + \beta_{Größe} * Größe + \beta_{FaL} * FaL + \\
 & \beta_{d04} * d04 + \beta_{d05} * d05 + \beta_{d06} * d06 + \beta_{d07} * d07 + \beta_{d08} * d08 + \\
 & \beta_{d09} * d09 + \beta_{d10} * d10 + \beta_{d11} * d11 + \beta_{d12} * d12 + \beta_{d13} * d13
 \end{aligned} \tag{7}$$

Es sind alle Indikatoren enthalten, die Heterogenität innerhalb der einzelnen Tankstellen wird für die Preisvarianz als random slope aufgenommen. Als zusätzliche Variablen liegen Größe und Tankstelle in der Umgebung vor. Bildet man das Modell für die einzelnen Tankstellen ab, so ergibt sich Abbildung 5. Hier wird pro Tankstelle eine separate Regression erstellt. Einige Geraden werden durch einzelne Ausreißer stark beeinflusst, wie bei Nummer 39 deutlich zu sehen ist. Andere besitzen relativ konstante Beobachtungen, hier verläuft die Regressionsgerade horizontal. Insgesamt erscheint die Schätzung durch das Modell treffend. Betrachtet man beispielsweise die Tankstelle mit der Nummer 77, so fällt die gut Anpassung auf. Dies gilt auch für die Tankstellenummern 38, 41, 42, 49 usw. Betrachtet man nun ein Modell mit der Datengrundlage aller Jahre mit mehr als 100 Meldungen, so ergibt sich für ULP und die Kennzahl  $d^*$  ein Modell mit dem price-decrease-ratio und der durchschnittlichen Marge als random slope. Es ist keine weitere Variable enthalten. Die grafische Darstellung in Abbildung 6 lässt, ebenso wie beim vorigen Beispiel, auf eine gute Anpassung der Schätzung schließen. In den Daten liegen hier kaum Zentrierungen, also konstante Werte, einzelner Tankstellen vor.

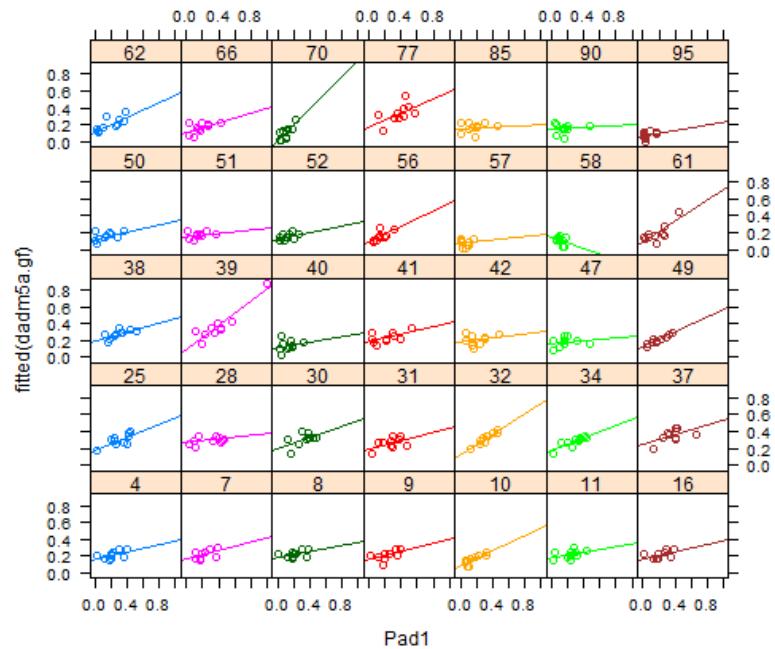


Abbildung 5: Modell Diesel a

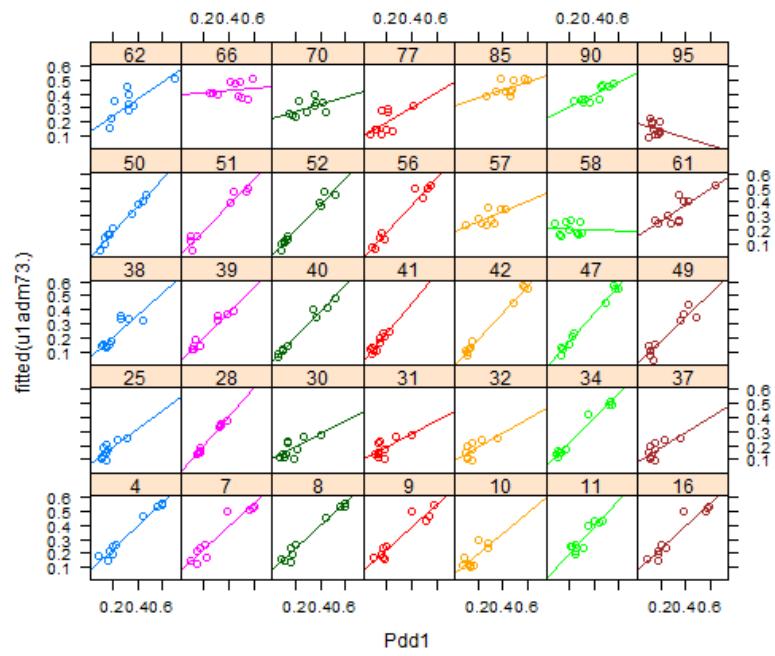


Abbildung 6: Modell ULP d

## 7 Ranking

Bei der Anwendung von Benford wird meist eine Signifikanzniveau gesetzt. Auf dieser Grundlage werden signifikant abweichende Werte als verdächtig eingestuft, nicht abweichende gelten als unauffällig. Dieser Ansatz stellt allerdings, insbesondere auf Grund der Abhängigkeit der Signifikanz von der Stichprobengröße und der ohnehin nur näherungsweise zu erwartenden Benford-Verteilung, keine optimale Herangehensweise dar. Deshalb entscheidet man sich hier nach Rauch, Götsche, Brähler et al. (2011) für ein Ranking. Dabei werden die Datensätze nach der Stärke der Abweichung von der Benford-Verteilung geordnet. Die am stärksten Abweichenden Datensätze werden als die Verdächtigsten angesehen und sollten als erste mit anderen Methoden überprüft werden. Da für die verschiedenen Kennzahlen keine identische Auflistung zu erwarten ist, werden die Tankstellen für  $\chi^2$  und die Maße getrennt gerankt, jede erhält absteigend eine Punktzahl zugeordnet. Hierfür werden die Mittelwerte der Maße über die vorhandenen Jahre für die jeweilige Tankstelle berechnet. Danach werden diese Punkte Tankstellenweise summiert. Dies geschieht für Diesel und ULP getrennt. Es ergeben sich die folgenden Rankings in Tabelle 7 und Tabelle 8 für die gesamten Tankstellen die im Datensatz enthalten sind:

Ranking - Diesel									
Nr.	Summe ranking	Nr.	Summe ranking	Nr.	Summe ranking	Nr.	Summe ranking	Nr.	Summe ranking
27	363	45	276	79	217	90	160	93	83
26	356	48	276	29	214	80	155	63	83
17	347	31	268	20	210	47	155	94	81
39	342	64	262	55	210	23	154	62	76
37	341	18	259	41	206	19	153	68	72
59	340	6	249	66	205	56	146	91	71
15	337	9	246	76	202	50	141	53	65
77	334	35	244	11	202	44	130	67	62
81	332	71	242	49	200	69	128	57	60
30	327	7	235	36	199	1	125	70	53
5	326	4	233	82	193	51	125	14	50
75	326	8	227	92	189	3	117	2	48
21	323	16	225	12	186	74	114	13	46
32	310	60	221	85	186	10	113	72	36
25	307	89	217	43	185	65	105	73	31
38	301	88	217	42	177	40	104	58	27
28	298	86	217	24	173	52	103	87	23
22	292	84	217	78	165	46	98	95	18
34	290	83	217	54	162	61	88		

Tabelle 7: Ranking aller Tankstellen - Diesel

Ranking - ULP									
	Summe		Summe		Summe		Summe		Summe
Nr.	ranking	Nr.	ranking	Nr.	ranking	Nr.	ranking	Nr.	ranking
15	363	55	276	51	215	39	163	37	98
5	357	6	275	11	215	61	159	10	96
75	347	54	271	86	210	22	150	58	93
27	341	9	267	14	208	77	145	32	91
81	339	19	265	50	207	45	140	25	85
71	333	98	259	64	206	97	137	13	79
21	327	3	253	53	206	93	136	41	61
59	322	1	248	92	203	91	136	36	56
85	313	65	248	88	197	89	135	67	56
46	313	42	248	35	195	99	135	20	54
66	303	56	241	57	192	84	134	23	53
4	302	48	238	28	190	80	132	78	44
47	295	26	235	49	186	82	127	73	42
18	294	44	235	52	186	31	127	83	38
16	294	2	230	70	179	79	120	95	38
8	282	68	229	72	170	30	116	29	36
60	280	69	227	87	170	94	105	63	22
7	279	34	222	38	170	43	103	76	6
90	278	62	215	40	164	74	99		

Tabelle 8: Ranking aller Tankstellen - ULP

Folglich sollten als erstes die Tankstellen der ersten Spalte untersucht werden. Dies wären beispielsweise für Diesel zuerst die Tankstellennummern 27, 26, 17, 39, 37, usw. , bei ULP richtet sich das Augenmerk besonders auf 15, 5, 75, 27, 81, 71 usw. Es fällt auf, dass häufig Tankstellen innerhalb eines kleinen Intervalls bezüglich der Tankstellennummer vorliegt. Dies ist auch bei beiden Produkten auf den vorderen Plätzen des Rankings der Fall. Es bedeutet meist, dass es sich um eine identische Marke handelt. Betrachtet man das Ranking unter diesem Gesichtspunkt, so ergibt sich Tabelle 9. In der Tabelle ist auch jeweils die Area der betreffenden Tankstelle gegeben.

## 7 RANKING

---

Ranking - Marken/Area											
Diesel		ULP		Diesel		ULP		Diesel		ULP	
Caltex	m	BP	r	Caltex	m	Coles	m	Peak	m	Coles	m
Caltex	c	BP	r	Caltex	m	BP	m	Caltex	c	BP	m
Caltex	m	Mobil	c	Caltex	m	Coles	c	Caltex	c	Shell	m
Caltex	c	Caltex	m	Gull	m	BP	m	Coles	m	BP	c
Caltex	m	Puma	m	Caltex	r	Caltex	r	Caltex	m	Coles	m
DirectFuel	r	KR	r	BP	m	McD	r	Gull	r	Gull	m
BP	r	Caltex	m	BP	m	BSS	r	Mobil	c	Coles	m
Peak	m	DirectFuel	r	Caltex	m	AGS	r	BP	m	Wesco	m
Puma	m	Shell	r	KR	r	Gull	r	Coles	m	Shell	m
Caltex	m	Caltex	m	BP	c	Caltex	m	Caltex	m	Caltex	m
BP	r	Gull	r	BP	m	Coles	r	Shell	m	CSS	r
Mobil	c	BP	m	BP	m	Caltex	m	Wesco	m	Caltex	m
Caltex	m	Caltex	m	Caltex	m	Caltex	c	BP	m	Coles	m
Caltex	m	Caltex	r	GTS	r	Caltex	m	Shell	r	Coles	m
Caltex	m	BP	m	Shell	c	Baystore	r	Caltex	m	KCS	r
Caltex	m	BP	m	Shell	m	HASS	r	Caltex	m	KR	r
Caltex	m	GTS	r	Shell	m	HASS	r	Caltex	m	Shell	r
Caltex	m	BP	c	Shell	m	Caltex	m	Peak	m	Caltex	m
Caltex	m	Shephards	r	Shell	m	Gull	c	Coles	c	Caltex	m
Diesel				Diesel				ULP			
Shephards	r	Caltex	c	Wesco	c	Caltex	m				
Peak	m	GR	r	Gull	m	BP	m				
Caltex	m	Caltex	m	WMH	m	Darnells	r				
Caltex	m	Peak	m	Gull	c	Caltex	m				
Caltex	r	Caltex	m	HASS	r	Caltex	m				
Coles	c	Liberty	m	United	c	BP	m				
Coles	m	Wesco	c	Coles	m	Caltex	m				
Caltex	m	United	c	Gull	m	Caltex	m				
HASS	r	Shell	c	CSS	r	Gull	m				
AGS	r	Swan	c	KCS	r	Caltex	c				
Coles	m	Shell	m	BP	c	Caltex	m				
BSS	r	Peak	m	Baystore	r	Peak	m				
KH	r	Shell	m	BP	m	KSS	m				
BP	m	Caltex	m	KR	r	Shell	m				
Gull	r	Peak	m	KSS	m	Wise's BP	r				
Caltex	m	Caltex	m	Darnells	r	Caltex	c				
Coles	m	WMH	m	Shell	r	Gull	m				
Caltex	m	Caltex	m	Wise's BP	r	Mobil	c				
GR	r	KH	r								

Tabelle 9: Ranking Marken/Area

Besonders bei Diesel fällt auf, dass die erste Spalte klar vom Anbieter „Caltex“ dominiert wird. Auch in der zweiten Spalte ist diese Marke sehr präsent, des Weiteren sind hier auch „BP“ und „Shell“ häufig aneinander grenzend vorhanden. Zu bemerken ist hier, dass fünf Shell-Tankstellen einen identischen Wert des Punkterankings (217) besitzen. Dies ist jedoch darauf zurückzuführen, dass diese Tankstellen nur im Jahr 2004 existierten und nur sehr wenige Meldungen abgaben und dabei selten den Preis änderten.

Bei Betrachtung von ULP fallen die ersten beiden Plätze auf, welche beide von „BP“ besetzt sind. Selbige Marke ist häufiger unter den auffälligsten Tankstellen zu finden, aber auch kleiner Brands wie Mobil, Karridale Roadhouse und Direct Fuel. Auch Caltex ist häufiger mit ähnlichen Rankingpunkten vertreten, was sich in der zweiten Spalte häuft. Die unauffälligen Ränge belegen in beiden Fällen vor allem kleinere freie Tankstellen, die keiner Kette angehören. Betrachtet man das Ranking hinsichtlich der Areas, so befindet sich „rural area“ bei ULP häufig in der ersten Spalte, bei Diesel hingegen vermehrt an den hinteren Stellen. „metropolitain area“ tritt bei Diesel vermehrt in der vorderen Hälfte der Ränge auf, bei ULP befindet sich diese Gegend eher im hinteren Teil. „central business district“ ist breit gestreut. Diese Beobachtungen spiegeln sich auch in den Mittelwerten der Areas in Tabelle 10 wieder. Bei Diesel besitzt die „metropolitain area“ den höchsten Wert, im Mittelfeld „central business district“ und an letzter Stelle „rural area“. Für ULP hingegen besetzt „rural area“ mit Abstand den ersten Rang, gefolgt von „metropolitain area“ und „central business district“. Insgesamt kann also, wie auch in Kapitel 5.1, keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Mittelwerte Ranking nach Area			
	metropolitain area	central business district	rural area
Diesel	208	192	143
ULP	173	168	238

Tabelle 10: Mittelwerte Ranking nach Area

In Abbildung 7 ist die Summe der Rankings gegen die Tankstellenummer abgetragen. Die orangen Punkte stellen ULP, die blauen Diesel dar. Liegen nun sowohl orange, als auch blaue Punkte derselben Nummer nebeneinander, so besitzen die Tankstellen in beiden Fällen ähnliche Punkterankings. Folglich sind für Beobachtungen im linken oberen Bereich der Grafik die Rankings beider Produkte eher hoch, die im rechten unteren Bereich eher niedrig.

## 7 RANKING

26

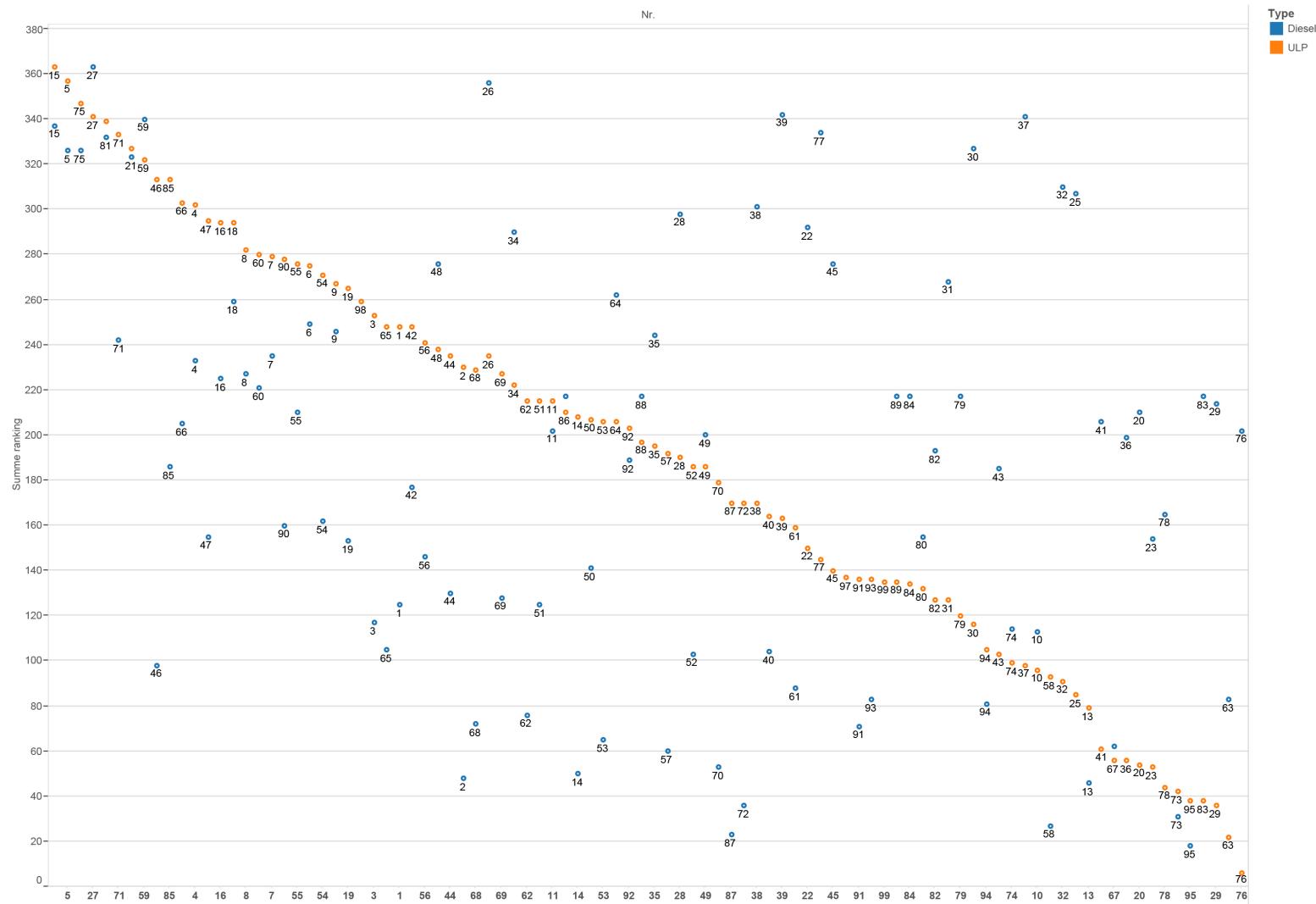


Abbildung 7: Ranking

Besonders zu beachten sind die Tankstellen, die sich geografisch gesehen nahe beieinander befinden. Da dies nicht ausschließlich aus der Nummerierung entnehmbar ist, vielmehr besitzen eben die verschiedenen Ketten aneinandergrenzende Ziffern, ist eine Karte mit den einzelnen Tankstellen und ihrem jeweiligen Punkteranking nützlich. Hierfür wurden mit Hilfe des Programms Tableau Karten erstellt. In Abbildung 8 und Abbildung 9 ist das Punkteranking farblich von dunkelrot, für hohe Werte und somit auffällige Tankstellen, bis dunkelblau, für niedriges Ranking und Unauffälligkeit, markiert. Auf der Gesamtebene von Westaustralien sind die Gebiete, aus denen die Meldungen der Tankstellen stammen, ersichtlich. Um die einzelnen Tankstellen zu betrachten, wird die Karte in dem betreffenden Bereich vergrößert. Hier sind sowohl diese, als auch die Straßen eingezeichnet. Man kann davon ausgehen, dass Punkte in ähnlichem Rot, die darüber hinaus nahe beieinander gelegen sind, wahrscheinlicher Preisabsprachen treffen, als eine Ansammlung blauer Tankstellen. In diesem Fall nimmt man an, dass zwischen ihnen ein intakter Wettbewerb herrscht.

In den Rechtecken 1 und 2 befinden sich Tankstellen aus ländlicher Gegend, 3 beinhaltet die „metropolitain area“, wobei die Markierten Tankstellen in Perth und somit im „central business district“ liegen.

Für Diesel sind die Tankstellen in 1 eher unauffällig, für ULP hingegen in den meisten Fällen auffällig, insbesondere die Tankstellen in Küstennähe. Bei der Betrachtung von 2 fällt auf, dass sowohl für Diesel als auch für ULP die Nummern 15 und 5 dunkelrot sind. Beide Tankstellen belegen in den Rankings auffällige Ränge, bei ULP sogar die ersten beiden. Auch die nördlichen Tankstellen in diesem Bereich verhalten sich relativ konstant. Es fällt auf, dass sich die Diesel anbietenden Tankstellen an der Küste unauffällig verhalten, im nord-östlichen Bereich der Karte überwiegen Auffällige Tankstellen. Im Gegensatz dazu sind bei ULP einige auffällige Tankstellen in Küstennähe und vorwiegend unauffällige Tankstellen zu beobachten. Die Tankstellen im nördlichen Teil verhalten sich konstant leicht auffällig. Auch in Perth selbst ist die Auffälligkeit gemischt, jedoch lässt sich eine leichte Struktur erkennen.

28

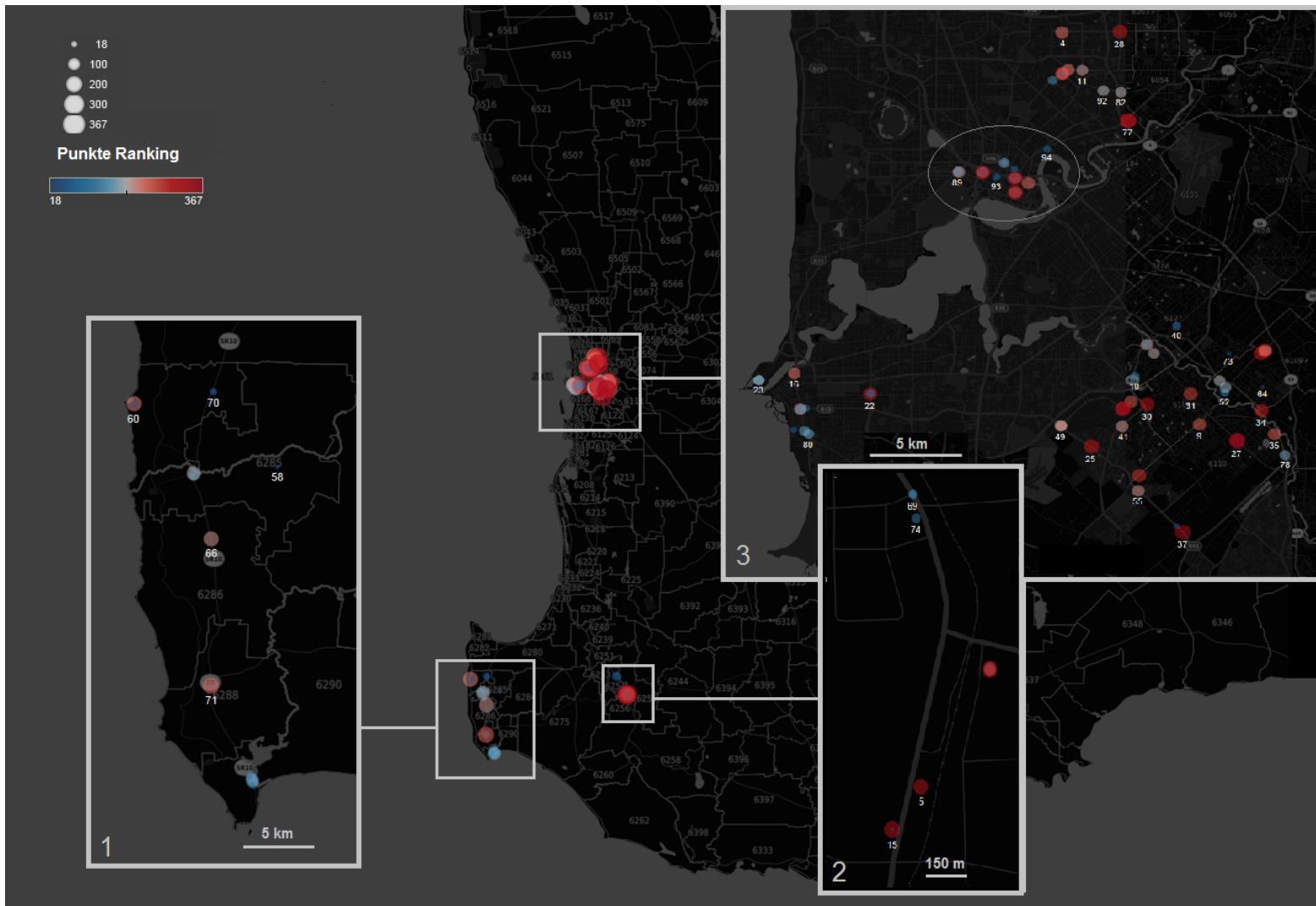


Abbildung 8: Karte Diesel

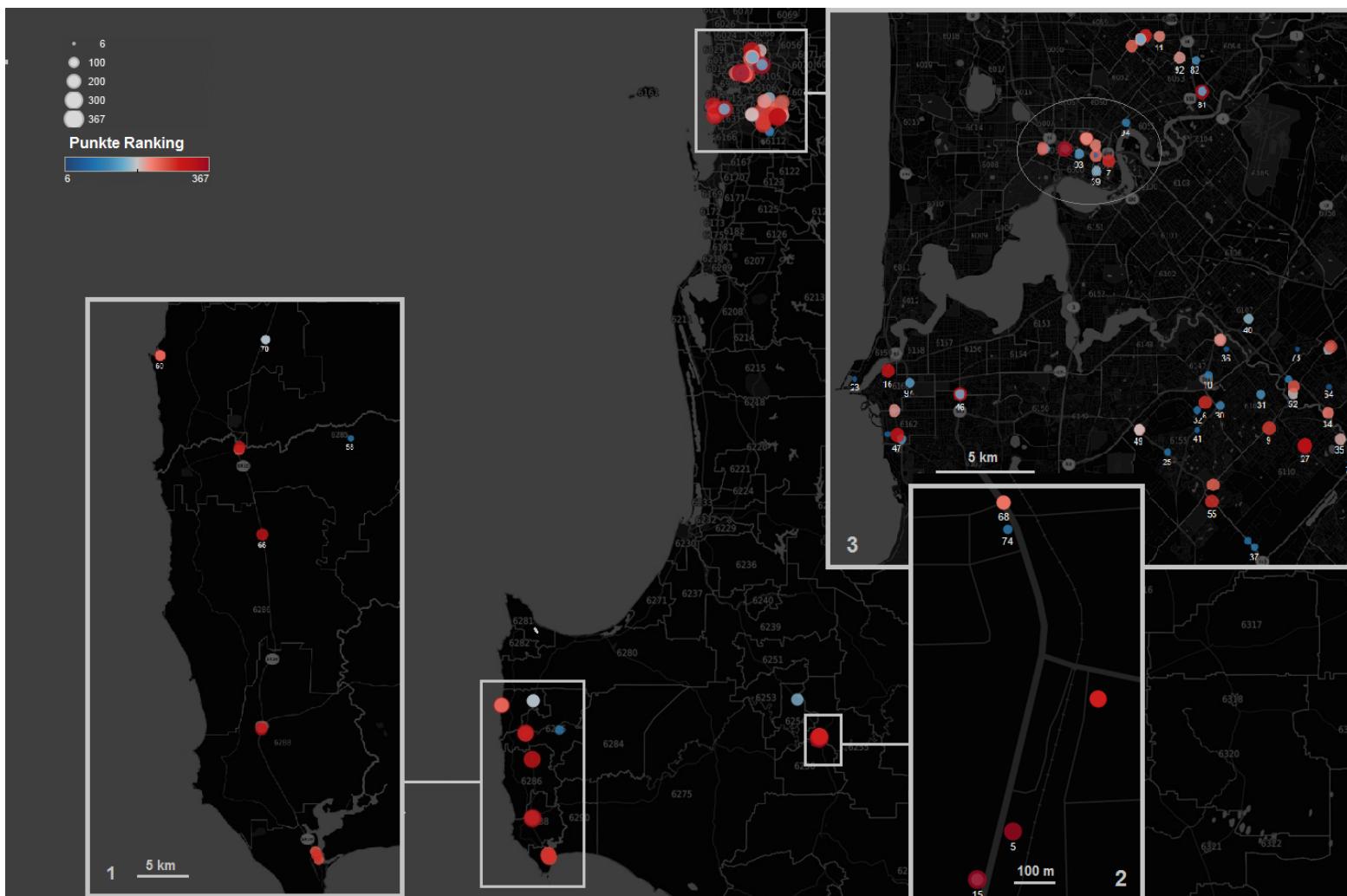


Abbildung 9: Karte ULP

## **8 Fazit und Ausblick**

Ziel der Arbeit ist es, zur Klärung der Frage beizutragen, ob ein Benford-Test ein geeignetes Mittel ist, um unvollkommenen Wettbewerb aufzudecken. Dazu wurden Preise von Diesel und ULP an westaustralischen Tankstellen untersucht. Die Korrelation der Werte für ULP und Diesel, sowie die Korrelation mit anderen statistischen Indikatoren für Kartelle weist darauf hin, dass sich Benford als zusätzlich möglicher Indikator empfiehlt. Unter der Annahme, dass eine Abweichung von der Benford-Verteilung tatsächlich unvollkommenen Wettbewerb anzeigen, wurde ein Ranking erstellt. Einige Tankstellen besitzen sowohl für Diesel als auch für ULP ähnliche Platzierungen. Allgemein zeigen sich jedoch relativ große Unterschiede zwischen den Produkten. Bei Diesel ist vornehmlich die Tankstellenkette Caltex auffällig, bei ULP die Kette BP. Eine eindeutige Aussage bezüglich der Auffälligkeit von Areas auf Grundlage des Rankings kann nicht getroffen werden. Es lassen sich jedoch Konzentrationen von ähnlich auffälligen Tankstellen, die sich in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, feststellen. Es stellt sich die Frage, ob die beobachteten Unterschiede zwischen Diesel und ULP auf ein Versagen des Verfahrens zurückzuführen sind, oder ob sich die beiden Märkte tatsächlich in ihrer Struktur und dem Kundenkreis unterscheiden.

Da dies nicht eindeutig ersichtlich ist, könnte dies in einer weiterführenden Arbeit geprüft werden. Ob mit dem Benford-Test innerhalb des Datensatzes tatsächlich die stärksten Verstöße gegen den freien Wettbewerb identifiziert werden, könnte nur mit juristischen Mitteln überprüft werden. Darüber hinaus wäre eine Untersuchung von Tankstellendaten interessant, von denen man weiß, dass zu einer bestimmten Zeit ein Preiskartell bestand. Somit könnten mögliche Einflussgrößen und die Aussagekraft von Benford weiter überprüft werden und ein eventueller Unterschied zwischen Manipulation und Wettbewerb deutlicher herausgearbeitet werden. Hierbei könnte jedoch die Datengewinnung Schwierigkeiten bereiten.

## Literatur

- Abrantes-Metz, Rosa M, Luke M Froeb, John Geweke und Christopher T. Taylor (2006). „A variance screen for collusion“. In: *International Journal of Industrial Organization* 24(3), pp. 467 - 486.
- Appendix F (2014). URL: [http://www.regionalf.gov.local/publications/reports/2002\\_2003/appendix\\_f.aspx](http://www.regionalf.gov.local/publications/reports/2002_2003/appendix_f.aspx) (besucht am 10.09.2014).
- Benford, Frank (2012). „The Law of anomalous numbers“. In: *Proceedings of the American Philosophical Society* 78, pp. 551 - 572.
- Blanckenburg, Korbinian von, Alexander Geist und Konstantin A. Kholodilin (2012). „The Influence of Collusion on Price Changes: New Evidence from Major Cartel Cases“. In: *German Economic Review* 13 (3), pp. 245 - 256.
- Boyle, Jeff (1994). „An Application of Fourier Series to the most Significant Digit Problem“. In: *American Mathematical Monthly* 101, pp. 879 - 886.
- Ceuster (1998). „On the hypothesis of psychological barriers in stock markets and Benford's Law“. In: *Journal of Empirical Finance* 5 (3), pp. 263 - 279.
- Cho und Gaines (2007). „Breaking the (Benford) Law: Statistical Fraud Detection in Campaign Finance“. In: *The American Statistician* 61 (3), pp. 218 - 223.
- City of Perth (2014). URL: <http://profile.id.com/perth/home> (besucht am 10.09.2014).
- Department of Commerce (2014). URL: <http://www.fuelwatch.wa.gov.au> (besucht am 10.09.2014).
- Fahrmeier, Ludwig, Thomas Kneib und Stefan Lang (2009). *Regression Modelle, Methoden und Anwendungen*. 2. ed. Springer, S. 35–40. ISBN: 978-3-642-01837-7.
- FAZ (2014). In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2.12.2014.
- Genesove, David und Wallace Mullin (2001). „Rules, communication and collusion: narrative evidence from the sugar institute case“. In: *American Economic Review* 91 (3), pp. 379-398.
- Giles, David (2007). „Benford's Law and naturally occurring prices in certain ebaY auctions“. In: *Applied Economics Letters* 14 (3), pp. 157 - 161.
- Guan, Liming, Daoping He und David Yang (2006). „Auditing, integral approach to quarterly reporting and cosmetic earnings management“. In: *Managerial Auditing Journal* 21 (6), pp. 569 - 581.
- Hamming, Richard W. (1970). „On the Distribution of Numbers“. In: *The Bell System Technical Journal* 49 (8), pp. 1609 - 1625.
- Harrington (2008). „Paolo Buccirossi's Handbook of Antitrust Economics“. In: *Auditing: A Journal of Practice and Theory* 16 (2), pp. 52 - 67.
- Haucap, Justus und Luis Manuel Schultz (2011). „Forensische Kartellforschung“. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 19.08.2011. URL: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/wettbewerbsoekonomie-forensische-kartellforschung-11108550.html>.
- Hill, Theodore P. (1988). „Random-Number guessing and the first digit phenomenon“. In: *Psychological Reports* 62 (3), pp. 967 - 971.
- (1995). „A Statistical Derivation of the Significant-Digit Law“. In: *Statistical Science* 10 (4), pp. 354 - 363.
- Judge, Georg und Laura Schechter (2009). „Detecting Problems in Survey Data Using Benford's Law“. In: *The Journal of Human Resources* 44 (1), pp. 1 - 24.

- Leemis, Lawrence M., Bruce W. Schmeiser und Diane L. Evans (2000). „Survival Distributions Satisfying Benford’s Law“. In: *The American Statistician* 54 (4), pp. 236 - 241.
- Ley, Eduardo (1996). „On the Peculiar Distribution of the U.S. Stock Indexes’ Digits“. In: *The American Statistician* 50 (4), pp. 311 - 313.
- Newcomb, Simon (1881). „Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers“. In: *American Journal of Mathematics* 4 (1), pp. 39 - 40.
- Nigrini, Mark J. und Linda J. Mittermaier (1997). „The Use of Benford’s Law as an Aid in Analytical Procedures“. In: *Auditing: A Journal of Practice and Theory* 16 (2), pp. 52 - 67.
- Pinkham, Roger S. (1961). „On the Distribution of First Significant Digits“. In: *Annals of Mathematical Statistics* 32 (4), pp. 1223 - 1230.
- Porter, Robert und Douglas Zona (1993). „Detection of bid Rigging in Procurement Auctions“. In: *Rand Journal of Economics* 30 (2), pp. 518-538.
- Quick, Reiner und Matthias Wolz (2003). „Benford’s Law in deutschen Rechnungslegungsdaten“. In: *Zeitschrift Interne Revision* 42 (1), pp. 26 - 33.
- Rauch, Bernhard, Max Götsche, Gernot Brähler und Stefan Engel (2011). „Fact and Fiction in EU-Gouvernmental Economic Data“. In: *German Economic Review* 12 (3), pp. 243-255.
- Rauch, Bernhard, Max Götsche und Florian El Mouaaouy (2014). „LIBOR manipulation – Empirical analysis of financial market benchmarks using Benford’s law“. In: *SSRN-id2363895*.
- Schäfer, Christin, Jörg-Peter Schräpler, Klaus-Robert Müller und Gert G. Wagner (2005). „Automatic Identification of Faked and Fraudulent Interviews in the German SOEP“. In: *Schmollers Jahrbuch* 125 (1), pp. 183 - 193.

## **A Anhang**

1. CD mit R-Code
2. Tankstellenverzeichnis

Liste Tankstellen			
Nr.	Location	Name	Type
1	AUGUSTA	Augusta Garage Service Station	Diesel ULP
2	GRACETOWN	Baystore – Gracetown	Diesel ULP
3	AUGUSTA	Blackwood Service Station	Diesel ULP
4	NORANDA	BP 2go Noranda	Diesel ULP
5	BRIDGETOWN	BP Bridgetown City and Regional Fuels	Diesel ULP
6	CANNING VALE	BP Canning Vale OPT	Diesel ULP
7	EAST PERTH	BP Connect East Perth	Diesel ULP
8	MORELY	BP Connect Wellington Rd	Diesel ULP
9	HUNTINGDALE	BP Huntingdale	Diesel ULP
10	LANGFORD	BP Langford	Diesel ULP
11	MORLEY	BP Morley	Diesel ULP
12	NORTH FREMANTLE	BP North Fremantle OPT	Diesel ULP
13	SOUTHERN RIVER	BP Ranford Road	Diesel ULP
14	PERTH	BP Ricciardello Motors	Diesel ULP
15	BRIDGETOWN	BP Roadhouse Bridgetown	Diesel ULP
16	FREMANTLE	BP Westgate	ULP
17	CANNING VALE	Caltex Bannister Road OPT	Diesel ULP
18	BRIDGETOWN	Caltex Bridgetown	Diesel ULP
19	BRIDGETOWN	Caltex Bridgetown – TruckStop	Diesel ULP
20	EAST PERTH	Caltex East Perth	Diesel ULP

Tabelle 11: Liste Tankstellen 1

Liste Tankstellen				
Nr.	Location		Name	Type
21	GOSNELLS		Caltex Gosnells	Diesel ULP
22	O'CONNOR		Caltex O'Connor	Diesel ULP
23	NORTH FREMANTLE		Caltex Rous Head	Diesel ULP
24	NORTH FREMANTLE	Caltex Rous Head – TruckStop		Diesel ULP
25	CANNING VALE	Caltex StarMart Canning Vale		Diesel ULP
26	EAST PERTH	Caltex StarMart East Perth		Diesel ULP
27	GOSNELLS	Caltex StarMart Gosnells		Diesel ULP
28	MORLEY	Caltex StarMart Morley		Diesel ULP
29	PERTH	Caltex StarMart Perth		Diesel ULP
30	THORNLIE	Caltex StarMart Thornlie		Diesel ULP
31	THORNLIE	Caltex StarMart Thornlie Square		Diesel ULP
32	CANNING VALE	Caltex StarShop Bannister Road		Diesel ULP
34	GOSNELLS	Caltex StarShop Gosnells North		Diesel ULP
35	GOSNELLS	Caltex StarShop Gosnells South		Diesel ULP
36	LANGFORD	Caltex StarShop Langford		Diesel ULP
37	CANNING VALE	Caltex StarShop Livingston		Diesel ULP
38	MADDINGTON	Caltex Truckstop Maddington		Diesel ULP
39	PERTH	Caltex Wellington Street		Diesel ULP
40	BECKENHAM	Caltex Woolworths Beckenham		Diesel ULP

Tabelle 12: Liste Tankstellen 2

Liste Tankstellen			
Nr.	Location	Name	Type
41	CANNING VALE	Caltex Woolworths Canning Vale	Diesel ULP
42	MADDINGTON	Caltex Woolworths Maddington Centro Shopping Centre	Diesel ULP
43	MADDINGTON	Caltex Woolworths Maddington West	Diesel ULP
44	MORLEY	Caltex Woolworths Morley	Diesel ULP
45	MORLEY	Caltex Woolworths Morley Galleria	Diesel ULP
46	O'CONNOR	Caltex Woolworths O'Connor	Diesel ULP
47	SOUTH FREMANTLE	Caltex Woolworths south Fremantle	Diesel ULP
48	SOUTHERN RIVER	Caltex Woolworths Southern River	Diesel ULP
49	CANNING VALE	Coles Express Canning Vale	Diesel ULP
50	FREMANTLE	Coles Express Fremantle	Diesel ULP
51	LANGFORD	Coles Express Langford	Diesel ULP
52	MADDINGTON	Coles Express Maddington	Diesel ULP
53	MORLEY	Coles Express Morley Galleria	Diesel ULP
54	PERTH	Coles Express Perth	Diesel ULP
55	SOUTHERN RIVER	Coles Express Southern River	Diesel ULP
56	WEST PERTH	Coles Express West Perth	Diesel ULP
57	COWARAMUP	Cowaramup Tractor Sales and Service	Diesel ULP
58	ROSA BROOK	Darnells General Store	Diesel ULP
59	BRIDGETOWN	Direct Fuel Supplies (WA)	Diesel ULP
60	GRACETOWN	Gracies Town Store	Diesel ULP

Tabelle 13: Liste Tankstellen 3

Liste Tankstellen				
Nr.	Location		Name	Type
61	GREENBUSHES		Greenbushes Roadhouse	Diesel ULP
62	EAST PERTH		Gull East Perth	Diesel ULP
63	FREMANTLE		Gull Fremantle	Diesel ULP
64	MADDINGTON		Gull Maddington	Diesel ULP
65	MARGARET RIVER		Gull Margaret River	Diesel ULP
66	WITCHCLIFFE		Gull Roadhouse Witchcliffe	Diesel ULP
67	SOUTH FREMANTLE		Gull South Fremantle	Diesel ULP
68	BRIDGETOWN	K.W. Hornby Ampol Service Station		Diesel ULP
69	BRIDGETOWN	K.W. Hornby Caltex Service Station		Diesel ULP
70	KARRIDALE	Karridale Crossroads General Store		Diesel ULP
71	KARRIDALE	Karridale Roadhouse		Diesel ULP
72	KARRIDALE	Karridale Tavern and Roadhouse		Diesel ULP
73	KENWICK	Kenwick Service Station		Diesel ULP
74	BRIDGETOWN	Kordics Holden		Diesel ULP
75	NORTHBRIDGE	Mobil Quickstop Northbridge		Diesel ULP
76	NORTHBRIDGE	Mobil Quix Northbridge		Diesel ULP
77	BAYSWATER	Peak Bayswater		Diesel ULP
78	SODNELLS	Peak Gosnells		Diesel ULP
79	MADDINGTON	Peak Maddington		Diesel ULP
80	SOUTH FREMANTLE	Peak South Fremantle		Diesel ULP

Tabelle 14: Liste Tankstellen 4

Liste Tankstellen				
Nr.	Location		Name	Type
81	BAYSWATER		Puma Energy Bayswater	Diesel ULP
82	BAYSWATER		Shell Bayswater	ULP
83	FREMANTLE		Shell Fremantle Self Serve	Diesel ULP
84	LANGFORD		Shell Langford	Diesel ULP
85	MARGARET RIVER		Shell Margaret River Roadhouse	Diesel ULP
86	CANNING VALE		Shell Market City	Diesel ULP
87	BRIDGETOWN		Shell Roadhouse Bridgetown	Diesel ULP
88	MORLEY		Shell Select Morley Galleria	Diesel ULP
89	WEST PERTH		Shell West Perth	Diesel ULP
90	AUGUSTA		Shephards Augusta Autostop	Diesel ULP
91	NORTHBRIDGE		United Northbridge	Diesel ULP
92	BAYSWATER		Wesco Bayswater	Diesel ULP
93	NORTHBRIDGE		Wesco Northbridge	Diesel ULP
94	MAYLANDS		Williamsons Motor House	Diesel ULP
95	MARGARET RIVER		Wise's BP Margaret River	Diesel ULP
97	FREMANTLE		Leberty Fremantle	ULP
98	KARRIDALE		McDonald's Transport	ULP
99	WEST PERTH	Swan Taxis Co-Operative (Swan-Fuels)		ULP

Tabelle 15: Liste Tankstellen 5

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre, dass ich meine Bachelor-Arbeit „Benfordabweichung - ein geeignetes statistisches Mittel um unvollkommenen Wettbewerb am westaustralischen Benzinmarkt nachzuweisen?“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe und dass ich alle Stellen, die ich wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen habe, als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit hat bisher in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

München, den 06.01.2015

---

(Miriam Rauch)