



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Konzeption und Implementierung eines Prognosemodells für kommunale Haushalte – dargestellt am Beispiel der oberösterreichischen Gemeinden“

Verfasser

Bernhard Landlinger

angestrebter akademischer Grad

Magister der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften  
(Mag.rer.soc.oec.)

Wien, im November 2008

Matrikelnummer:	9901490
Studienkennzahl (lt. Studienblatt):	A 175
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	Wirtschaftsinformatik
Betreuer:	Univ.-Prof. Mag. Dr. Wilfried Schönböck Ass.-Prof. DI Dr. Johann Bröthaler



# DANKSAGUNG

Meinen Dank richte ich zunächst an Herrn Univ. Prof. Mag. Dr. Wilfried Schönböck für die Bereitstellung des Themas und die Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dipl.-Ing. Johann Bröthaler. Er half mir bei allen auftretenden Schwierigkeiten stets mit viel Geduld, wertvollen Ratschlägen und persönlicher Unterstützung weiter.

Meiner Mutter Anna möchte ich auf diesem Weg auch ein großes Dankeschön aussprechen, nicht nur für die Finanzierung des Studiums, sondern auch für jegliche mentale und emotionale Unterstützung während der gesamten Ausbildungszeit.

Weiters gilt mein Dank meinen Schwiegereltern in spe Eva und Helmut, die mich immer wieder motiviert haben, die Arbeit trotz der vielen Verzögerungen fertig zu stellen und für die vielen kulinarischen Leckerbissen, die mir vor allem in den letzten Wochen die Fertigstellung der Arbeit wesentlich erleichterten.

Bei meinem Schwager in spe und sehr gutem Freund Peter bedanke ich mich ganz herzlich für die vielen fachlichen Diskussionen bei dem einen oder anderem Gläschen Bier, die mir oftmals bei technischen Problemen während der Umsetzung des Prototyps neue Lösungsmöglichkeiten aufzeigten.

Meiner Freundin Sonja möchte ich nicht nur von ganzem Herzen danken, ihr möchte ich diese Arbeit auch widmen, da sie mir durch ihre Geduld, ihr Verständnis, ihre Liebe und ihren unerschütterlichen Glauben an mich die nötige Kraft zur Fertigstellung des Studiums gegeben hat.



## **KURZFASSUNG**

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Rolle der österreichischen Gebietskörperschaften, im Speziellen die der oberösterreichischen Gemeinden, in der europäischen Wirtschafts- und Währungsunion untersucht. Dazu wurden zuerst die Rahmenbedingungen für eine gesamteuropäische Wirtschaftspolitik betrachtet. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Rechte und Pflichten gelegt, die den Gemeinden durch die Umsetzung der entsprechenden EU-Verordnungen in nationales Recht entstehen, wobei eine wichtige Aufgabe die Sicherstellung einer mittelfristig ausgeglichenen Budgetpolitik ist.

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Kommunen für die Planung der Budgets der nächsten Jahre eine Software zur Verfügung zu stellen, die eine möglichst realitätsnahe Schätzung der zukünftigen Entwicklung der einzelnen Haushaltsposten liefert, damit die für das Maastricht-Ergebnis relevanten Berechnungen durchgeführt und diese dem Bund übermittelt werden können.

Es wurde ein auf formellen, statistischen Methoden der Zeitreihenanalyse basierender Prognoseprozess entwickelt. Die historischen Beobachtungen der kommunalen Haushaltskennzahlen werden in einer Voranalysephase auf unerwünschte Extrem- und Nullwerte untersucht und gegebenenfalls bearbeitet. Anschließend erfolgt die Berechnung der Vorhersagen für einen definierten Zeitraum und eine Untersuchung der Ergebnisse anhand von Qualitätskriterien.

Zu diesem Zweck wurde eine auf dem MVC-Konzept aufbauende Webanwendung entworfen, die diese Methodik umsetzt. Es erfolgte eine Implementierung eines Prototyps der Software mittels Java Technologie und unter Verwendung von Open-Source-Software. Die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Applikation wurden anhand ausgewählter Prognoseszenarien dargestellt.

## **SUMMARY**

In this thesis the role of the Austrian regional administrative bodies, in particular the role of the local authorities of Upper Austria, within the European economic and monetary union was analysed. First of all the general conditions of an overall European economic policy were discussed. Therefore special emphasis was laid on the rights and duties of the local authorities, which originate from the realization of the EU Regulations into national law. An important task is the achievement of a medium-term balanced budgetary policy.

Hence, the aim was to provide software for the local authorities to plan their budgets for the next years. Therefore it is necessary to achieve an estimate of the future development of the individual revenues and expended as accurately as possible so that the relevant calculations for the Maastricht deficit can be performed and sent to the Austrian ministry of finance.

Therefore a forecasting process based on formal statistical methods of time series analysis was developed. The historical data from the budgets of the regional authorities were pre-analysed to find extreme values and zero values, which should be dealt with, in order to achieve a forecast as accurately as possible. Afterwards the calculation of the predictions for the defined time period and the validation of the achieved results using various quality criteria take place.

For this reason a web application based on the MVC concept was developed. The prototype of the software was implemented using Java technology and open-source software. The application of the tool was shown on the basis of selected forecasting scenarios.

# INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG .....	I
SUMMARY.....	II
INHALTSVERZEICHNIS .....	III
<b>1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE KOMMUNALE HAUSHALTSPROGNOSE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 GRUNDLAGEN DES EUROPÄISCHEN RECHTS .....</b>	<b>3</b>
2.1.1 Die Maastricht-Konvergenzkriterien .....	3
2.1.1.1 Monetäre Kriterien .....	3
2.1.1.2 Das fiskalische Kriterium der Haushaltsdisziplin.....	4
2.1.2 Der europäische Stabilitäts- und Wachstumspakt .....	4
<b>2.2 DER ÖSTERREICHISCHE STABILITÄTSPAKT .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Die Stabilitätsbeiträge der Gebietskörperschaften .....	5
2.2.2 Mittelfristige Ausrichtung der Haushaltsführung.....	7
2.2.3 Das österreichische Stabilitätsprogramm.....	8
2.2.4 Informationsverpflichtungen.....	9
<b>2.3 DAS MAASTRICHT-ERGEBNIS .....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Das europäische System volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG 95).....	10
2.3.1.1 Die Sektoren im ESVG 95 .....	11
2.3.1.2 Abgrenzung des Sektors Staat.....	11
2.3.1.3 Die Kontenfolge im ESVG 95.....	12
2.3.2 Definition des Maastricht-Ergebnisses unter Berücksichtigung des ESVG 95 .....	14
2.3.2.1 Darstellung des Maastricht-Ergebnisses als Finanzierungssaldo nach ESVG 95 .....	14
2.3.2.2 Darstellung des Maastricht-Ergebnisses als Differenz zwischen Staatseinnahmen und Staatsausgaben.....	15
<b>2.4 STRUKTUR DER GEMEINDEHAUSHALTE.....</b>	<b>16</b>
2.4.1 Gliederung der kommunalen Haushalte .....	16
2.4.1.1 Gliederung nach haushaltswirtschaftlichen Kriterien .....	16
2.4.1.2 Gliederung nach funktionellen/institutionellen Kriterien .....	17
2.4.1.3 Gliederung nach ökonomischen Kriterien .....	18
2.4.2 Rechnungsquerschnitt der Gemeinden .....	19

<b>2.5 DAS MAASTRICHT-ERGEBNIS AUF KOMMUNALEBENE .....</b>	<b>20</b>
2.5.1 Die Berechnung des Maastricht-Ergebnisses der österreichischen Gemeinden nach detaillierten VGR-Kriterien mittels der VRV 97 .....	20
2.5.2 Sonderbehandlung von Betrieben mit marktbestimmter Tätigkeit (Abschnitte 85-89).....	21
2.5.3 Hierarchische Herleitung der zur kommunalen Haushaltsprognose verwendeten Datengrundlage .....	22
2.5.4 Berechnungsmodell für das Maastricht-Ergebnis auf Kommunalebene nach groben VGR-Kriterien .....	25

### **3 STATISTISCHE GRUNDLAGEN UND AUSWAHL DER PROGNOSEMETHODEN .....**

**27**

#### **3.1 ÜBERBLICK UND KATEGORISIERUNG VON PROGNOSEMETHODEN.....**

**27**

#### **3.2 BESCHREIBUNG DER AUSGEWÄHLTEN PROGNOSEMETHODEN .....**

**31**

##### 3.2.1 Naive Prognosemethode .....

31

##### 3.2.2 Prognose mit Hilfe von Glättungsmethoden .....

31

###### 3.2.2.1 Einfache Glättungsmethoden .....

32

###### 3.2.2.1.1 Einfacher Durchschnitt (Mittelwert).....

32

###### 3.2.2.1.2 Gleitender Durchschnitt.....

33

###### 3.2.2.2 Exponentielle Glättungsmethoden .....

33

###### 3.2.2.2.1 Einfache exponentielle Glättung.....

34

###### 3.2.2.2.2 Holts Lineare Methode .....

35

###### 3.2.2.2.3 Bestimmung der Glättungsgewichte für exponentielle Glättungsmethoden.....

36

##### 3.2.3 Regressionsmodelle .....

36

###### 3.2.3.1 Einfache Lineare Regression .....

37

###### 3.2.3.1.1 Punktschätzungen .....

38

###### 3.2.3.1.2 Intervallschätzungen .....

38

###### 3.2.3.1.3 Der Korrelationskoeffizient und das Bestimmtheitsmaß.....

39

###### 3.2.3.1.4 Überprüfung der Signifikanz des einfachen linearen Regressionsmodells .....

40

#### **3.3 DIE VORANALYSE DER ZEITREIHEN.....**

**40**

##### 3.3.1 Behandlung von Nullwerten.....

40

##### 3.3.2 Behandlung von Extremwerten .....

41

##### 3.3.3 Stationarität der Zeitreihe.....

42

###### 3.3.3.1 Statistische Tests auf Stationarität.....

42

###### 3.3.3.1.1 Dickey-Fuller-Test.....

42

###### 3.3.3.1.2 Erweiterter Dickey-Fuller-Test.....

43

###### 3.3.3.2 Eliminieren von Nicht-Stationarität .....

43

###### 3.3.3.2.1 Eliminierung von Nicht-Stationarität durch Schätzung des Trends mittels Methode der kleinsten Quadrate .....

43

###### 3.3.3.2.2 Eliminierung von Nicht-Stationarität durch Glättung der Daten mittels eines gleitenden Durchschnitts.....

44

###### 3.3.3.2.3 Eliminierung von Nicht-Stationarität durch Differenzieren der Zeitreihe.....

45

##### 3.3.4 Strukturbrüche in der Zeitreihe .....

45

<b>3.4 QUALITÄTSKRITERIEN FÜR DIE PROGNOSE .....</b>	<b>47</b>
3.4.1 Genauigkeit .....	47
3.4.1.1 Einfache Fehlermaße .....	47
3.4.1.2 Ex-Post Prognosen.....	50
3.4.2 Vergleich von Prognosemethoden.....	50
3.4.2.1 Relativer Vergleich von Prognosemethoden.....	50
3.4.2.2 Theil's U-Statistik .....	50
3.4.3 Prognoseintervalle .....	52
3.4.4 Die Methode der kleinsten Quadrate .....	54
3.4.5 Analyse der Varianzen (ANOVA) .....	55
<b>3.5 DER PROGNOSEPROZESS.....</b>	<b>57</b>
<b>4 DESIGN UND IMPLEMENTIERUNG EINER SOFTWARE FÜR DIE PROGNOSE KOMMUNALER HAUSHALTS-KENNZAHLEN .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1 ANFORDERUNGEN AN DIE ZU ENTWICKELNDE APPLIKATION.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2 VERWENDETE KONZEPTE UND TECHNOLOGIEN.....</b>	<b>60</b>
4.2.1 Benutzeroberfläche .....	61
4.2.2 Logik.....	63
4.2.3 Datenmodell .....	63
<b>4.3 ARCHITEKTUR DER WEBAPPLIKATION.....</b>	<b>64</b>
4.3.1 Hard- und Softwareinfrastruktur für den Betrieb.....	64
4.3.2 Identifizierung der Benutzer und der Anwendungsfälle.....	65
4.3.3 Funktionale Gliederung der Webapplikation .....	67
4.3.4 Benutzeroberfläche und Programmablauf .....	70
4.3.5 Datenmodell .....	75
<b>4.4 TECHNISCHE UMSETZUNG DER WEBANWENDUNG UND ERSTELLUNG EINES PROTOTYPS.....</b>	<b>77</b>
4.4.1 Beschreibung der Entwicklungsumgebung und Übersicht über die verwendete Open-Source-Software.....	77
4.4.2 Technische Umsetzung eines Prototyps .....	79
4.4.2.1 Erstellung der Vorlagen für die JSF Seiten.....	79
4.4.2.2 Gemeinde- und Kennzahlenauswahl .....	80
4.4.2.3 Voranalyse .....	82
4.4.2.4 Auswahl der Prognosemethoden .....	83
4.4.2.5 Berechnung der Vorhersagen .....	84
4.4.2.6 Präsentation der Ergebnisse .....	85
4.4.2.7 Definieren der Berechnungsparameter .....	86
4.4.2.8 Schnittstelle zum Backend und Erstellung der relationalen Datenbank .....	87

<b>4.5 ERWEITERUNGSMÖGLICHKEITEN DER SOFTWARE .....</b>	<b>88</b>
4.5.1 Maßnahmen zur Verbesserung der Berechnungslogik und der Ergebniskontrolle.....	88
4.5.2 Maßnahmen zur Benutzerunterstützung und Automatisierung der Prognose.....	89
4.5.3 Erweiterung des Funktionsumfangs .....	90
<b>4.6 ANWENDUNG DER SOFTWARE UND ANALYSE EINES AUSGEWÄHLTEN     SZENARIOS.....</b>	<b>91</b>
4.6.1 Berechnung einer ausgewählten Kennzahl einer Gemeinde inklusive Prognosemethodenvergleich .....	91
4.6.2 Vergleichsberechnung ausgewählter Kennzahlen zweier Gemeinden .....	93
4.6.3 Einfluss der Initialisierungsphase auf die Prognoseergebnisse.....	100
 <b>5 ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	 <b>102</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>104</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>108</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>109</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>110</b>

# 1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Durch den gleichzeitigen Beitritt zur Europäischen Union (EU) und zur Wirtschafts- und Währungsunion (WWU) verpflichtete sich Österreich die Regeln für eine gemeinsame Wirtschaftspolitik anzuerkennen. Das Hauptziel dieser Vereinbarung ist eine ausgeglichene Haushaltspolitik der Mitgliedstaaten zu erreichen, damit in Zeiten der Globalisierung die Rahmenbedingungen für einen im weltweiten Vergleich konkurrenzfähigen Wirtschaftsraum Europa geschaffen werden können. Eine Überprüfung der Haushaltsdisziplin der einzelnen Mitgliedsstaaten erfolgt durch jährliche Berichte, die der Europäischen Kommission übermittelt werden müssen.

Eine Gegenüberstellung der historischen Entwicklung der Einnahmen und der Ausgaben des Staats Österreich der letzten Jahrzehnte zeigt, dass dieses ehrgeizige Ziel nur erreicht werden kann, wenn alle drei Gebietskörperschaften, das sind der Bund, die Länder und die Gemeinden, jeweils ihren Beitrag dazu leisten. Dafür ist eine sorgfältige, mittelfristige Planung des Budgets eine Grundvoraussetzung.

Diese Arbeit beschäftigt sich im Speziellen mit der zukünftigen Entwicklung der Haushalte auf Gemeindeebene. Ausgehend von den historischen Beobachtungen der Haushaltskennzahlen, soll am Beispiel der oberösterreichischen Gemeinden eine Prognosemethodik entworfen werden, die eine solche Vorhersage ermöglicht. Weil es sich um einen Bereich handelt, in dem politische Motive eine Rolle spielen, ist eine standardisierte, auf formale statistische Methoden beruhende Vorgehensweise wünschenswert.

Damit negative Trends in der Entwicklung des Budgets frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen erarbeitet werden können, soll den Gemeinden als unterstützendes Instrument für ihre Finanzplanung der Prototyp einer Prognosesoftware zur Verfügung gestellt werden. Das Ziel ist eine möglichst automatisierte, realitätsnahe Schätzung der zukünftigen, kommunalen Haushaltskennzahlen. Um die Analyse der Ergebnisse zu erleichtern, sollen diese in Berichtform mittels deskriptiver Statistiken und Grafiken veranschaulicht werden.

Deshalb werden im Rahmen dieser Arbeit folgende Punkte behandelt. In Kapitel 2 werden die Grundlagen und die rechtlichen Rahmenbedingungen für die kommunale Haushaltsanalyse und -prognose dargestellt und die Umsetzung der europäischen Verordnungen in nationales Recht betrachtet. Anschließend werden in Kapitel 3 eine formale, statistische Vorgehensweise in der Form eines Prognoseprozesses entworfen und für die Vorhersage von Haushaltskennzahlen geeignete statistische Methoden ausgewählt. Kapitel 4 beschreibt die Architektur und die technische Umsetzung eines Prototyps einer Webapplikation, die die Prognose kommunaler Haushaltskennzahlen ermöglicht. Abschließend wird anhand ausgewählter Szenarien die Anwendung der Software am Beispiel der oberösterreichischen Gemeinden dargestellt.

## **2 RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE KOMMUNALE HAUSHALTSPROGNOSE**

### **2.1 GRUNDLAGEN DES EUROPÄISCHEN RECHTS**

Österreich hat sich 1996 mit dem Beitritt zur Europäischen Union verpflichtet den 1991 in Maastricht unterzeichneten EG-Vertrag (Amtsblatt Nr. C 321 E) als Teil des Rechtssystems anzuerkennen. Aufgabe dieses Vertrags ist es, in verschiedenen Politikbereichen eine Integration des autonomen Rechts der einzelnen Mitgliedsstaaten in ein gesamteuropäisches System zu erreichen. Dies ist auch in der Wirtschafts- und Währungspolitik der Fall. Der Art. 99, Abs. 1 dieses EG-Vertrags betont, dass es sich hierbei um eine „Angelegenheit von gemeinsamen Interesse“ handelt.

Ein wichtiges Ziel der Europäischen Union ist die Errichtung einer gemeinsamen Wirtschafts- und Währungsunion. Die zwei wichtigsten Schritte zur Umsetzung dieses Vorhabens waren einerseits der Eintritt in die dritte Phase der WWU 1999, es wurde festgestellt, welche Länder die Kriterien für eine Teilnahme an der WWU erfüllen, und andererseits die Einführung der gemeinsamen Währung, dem Euro, im Jahr 2002. Um an der Währungsunion teilnehmen zu können, mussten die Mitgliedsländer versuchen ihre Haushaltsplanung an die definierten Aufnahmevoraussetzungen, die Maastricht-Konvergenzkriterien, anzupassen. In der näheren Zukunft werden auch die neu beigetretenen Länder schrittweise den Euro einführen.

#### **2.1.1 Die Maastricht-Konvergenzkriterien**

Die Maastricht-Konvergenzkriterien bestehen aus drei monetären und einem fiskalischen Kriterium.

##### **2.1.1.1 Monetäre Kriterien**

Die monetären Kriterien werden an dieser Stelle der Vollständigkeit halber erwähnt.

- Kriterium der Preisstabilität
- Haushaltslage der öffentlichen Hand ohne übermäßiges Defizit

- Konvergenz der Zinssätze
- Kriterium der Wechselkursstabilität

Eine genaue Beschreibung ist im Art. 121, Abs. 1 des oben genannten EG-Vertrags zu finden.

#### **2.1.1.2 Das fiskalische Kriterium der Haushaltsdisziplin**

Gemäß Art. 104, Abs. 2 desselben EG-Vertrags wird die Haushaltsdisziplin der Mitgliedsstaaten anhand folgender Kriterien überprüft.

- Das Verhältnis des geplanten oder tatsächlichen, öffentlichen Defizits zum Bruttoinlandsprodukt darf einen gewissen Referenzwert nicht übersteigen, mit der Ausnahme, dass entweder das Verhältnis laufend zurückgegangen ist und ein Wert in der Nähe des Referenzwerts erreicht ist oder es nur ausnahmsweise zu einer Überschreitung kommt und in der Nähe des Referenzwerts bleibt. Unter diesem Kriterium versteht man das so genannte Maastricht-Ergebnis.
- Das Verhältnis des öffentlichen Schuldenstands zum Bruttoinlandsprodukt (Schuldenquote) darf einen bestimmten Referenzwert nicht überschreiten, außer das Verhältnis ist rückläufig und es nähert sich rasch dem Referenzwert.

Die Grenzwerte für die beiden oben erwähnten Kennzahlen sind im Art. 1 des Protokolls Nr. 20 über das Verfahren bei einem übermäßigen Defizit festgelegt und betragen 3 % bzw. 60 % des Bruttoinlandprodukts (BIP).

#### **2.1.2 Der europäische Stabilitäts- und Wachstumspakt**

Der Stabilitäts- und Wachstumspakt besteht aus der Entschließung des Europäischen Rats über den Stabilitäts- und Wachstumspakt vom 17. Juni 1997 (Amtsblatt Nr. C 236), sowie aus den Verordnungen (EG) Nr. 1466/97 und Nr. 1467/97.

Diese Vereinbarung bedeutet im Vergleich zu den Maastricht-Konvergenzkriterien eine Verschärfung der Haushaltsdisziplin. Die Kriterien müssen nicht nur einmalig beim Eintritt in die WWU erfüllt werden, sondern stellen eine dauerhafte Stabilitätsvoraus-

setzung dar. Die Mitgliedsstaaten sind dazu angehalten, dass sie nicht nur laut Art. 104 des EG-Vertrags (Amtsblatt Nr. C 321 E) „übermäßige öffentliche Defizite“ vermeiden, sondern sie verpflichten sich „ein mittelfristiges Ziel eines nahezu ausgeglichenen Haushalts oder eines Haushaltsüberschusses“ anzustreben (Amtsblatt Nr. 236 C).

Außerdem müssen die an der WWU teilnehmenden Länder dem Rat jährlich ein Stabilitätsprogramm vorlegen. Dieses beinhaltet Angaben über die Umsetzung des eben erwähnten „mittelfristigen Ziels“, über die Entwicklung der Wirtschaft, des öffentlichen Defizits im Vergleich zum BIP und der Staatsverschuldung, sowie über die getroffenen haushalts- und wirtschaftspolitischen Maßnahmen. Außerdem werden eine Sensitivitätsanalyse des Basisszenarios beim Auftreten von exogenen Einflüssen und ein Vergleich der tatsächlichen, wirtschaftlichen Entwicklung mit den Prognosen vorangegangener Konvergenzprogramme erstellt. Der genaue Inhalt und das Format des Programms werden in den Vereinbarungen des ECOFIN-Rats vom 11. Oktober 2005 geregelt.

Ebenso sind die Mitgliedsstaaten durch die Verordnung (EG) Nr. 3605/93, geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 475/2000, verpflichtet, das errechnete Maastricht-Ergebnis und den Schuldenstand der Kommission zweimal jährlich mitzuteilen.

## **2.2 DER ÖSTERREICHISCHE STABILITÄTSPAKT**

Die Umsetzung des europäischen Stabilitätspakts in nationales Recht ist in Österreich durch den österreichischen Stabilitätspakt 2005 (BGBl. I Nr. 19/2006) geregelt, welcher von 2005 bis 2008 gültig ist.

Es handelt sich um eine Vereinbarung zwischen Bund, Ländern und Gemeinden, die die Beiträge der einzelnen Gebietskörperschaften zur Haushaltskonsolidierung regelt.

### **2.2.1 Die Stabilitätsbeiträge der Gebietskörperschaften**

Der Bund verpflichtet sich durch den ordentlichen Stabilitätsbeitrag des Bundes, dass das Defizit nach dem europäischen System volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG 95) im Jahr 2005 2,4 % des BIP und 2006 2,2 % des BIP nicht überschreitet und in den Jahren 2007 und 2008 maximal 1,4 % bzw. 0,75 % des BIP beträgt (Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Art. 2).

Die neun Bundesländer müssen in Summe pro Jahr in den Jahren 2005 und 2006 mindestens einen Haushaltsüberschuss von 0,6 % des BIP erwirtschaften. 2007 und 2008 müssen sie mit einem Überschuss von 0,7 % bzw. 0,75 % des BIP zur Konsolidierung beitragen (ordentlicher Stabilitätsbeitrag der Länder). Der zu leistende Betrag eines bestimmten Bundeslands wird mit Hilfe eines in Tabelle 1 dargestellten Verteilungsschlüssels, der sich an der Bevölkerungszahl orientiert, ermittelt (Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Art. 3).

**Tabelle 1: Stabilitätsbeiträge der Bundesländer zum österreichischen Stabilitätspakt**

Bundesländer	Volkszähl 2001 in %	Anteil am Stabilitätsbeitrag in %
Burgenland	3,45528	2,847
Kärnten	6,96323	6,528
Niederösterreich	19,24339	18,548
Oberösterreich	17,13720	17,901
Salzburg	6,41682	6,703
Steiermark	14,73008	13,991
Tirol	8,38485	8,758
Vorarlberg	4,37015	4,565
Wien	19,29900	20,159
Summe	100,00000	100,000

Quelle: Art. 3, Österreichischer Stabilitätspakt 2005.

Den dritten Teil zur Konsolidierung leisten die Gemeinden ohne Wien. Sie verpflichten sich im Landesdurchschnitt ein ausgeglichenes Haushaltsergebnis zu erreichen (Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Art. 4).

Um ein wenig Spielraum in die relativ strenge und genau formulierte Vorschrift zu bringen, sind einige Sonderregelungen ins Gesetz eingearbeitet. Vorübergehende Unterschreitungen der Stabilitätsbeiträge sind gestattet, wenn diese in den Folgejahren durch einen erhöhten Stabilitätsbeitrag ausgeglichen werden. Außerdem ist es den Gebiets-

körperschaften möglich sich gegenseitig auszuhelfen und Haushaltsergebnisse untereinander zu übertragen, wobei aber keine doppelte Anrechnung erfolgen darf und die Vereinbarung schriftlich festgehalten werden muss (Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Art. 5). Zuletzt kann im Falle von außergewöhnlichen Belastungen, wie zum Beispiel einem schwerwiegenden Wirtschaftsabschwung und den damit verbundenen Einnahmenausfällen oder zusätzlichen unvorhersehbaren Ausgaben (Naturkatastrophenhilfe, etc.), eine Verhandlung über die Reduktion der Verpflichtungen geführt werden (Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Art. 6).

Werden die Stabilitätsvereinbarungen von einer Gebietskörperschaft nicht eingehalten, wird ein Schlichtungsgremium damit beauftragt über den Verstoß zu urteilen und gegebenenfalls einen Sanktionsbeitrag festzusetzen. Die Höhe der Strafe richtet sich nach der Art des Vergehens. Bei einer Nichtbeachtung der Informationspflicht wird beispielsweise ein Betrag von 10 Eurocent multipliziert mit der Einwohnerzahl fällig, aber höchstens 100.000 €. Eine Unterschreitung des Stabilitätsbeitrages kann die betroffene Gebietskörperschaft 8 % des vereinbarten Maastricht-Ergebnisses sowie zusätzlich 15 % des Unterschreitungs Betrags kosten (Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Art. 9 bis Art. 12).

### **2.2.2 Mittelfristige Ausrichtung der Haushaltsführung**

Ein weiteres Anliegen des österreichischen Stabilitätspakts ist es, wie im europäischen Stabilitäts- und Wachstumspakt vorgegeben, mittelfristig das Ziel eines nahezu ausgeglichenen Haushalts oder eines Haushaltsüberschusses zu erreichen. Dazu ist es nötig, dass die Gebietskörperschaften eine mittelfristige Ausrichtung der Haushaltsführung sicherstellen. Diese ermöglicht es die Auswirkungen der politischen Handlungen auf das Maastricht-Ergebnis im Vorhinein abzuschätzen, unerwünschte Effekte auf das Budget aufzuzeigen und gegebenenfalls rechtzeitig Maßnahmen einleiten zu können.

Doch was kann man sich unter einer mittelfristigen Ausrichtung konkret vorstellen? Part geht davon aus, dass ein angemessener Zeitraum die Länge eines normalen Konjunkturzyklus, das entspricht in Österreich ungefähr 7 Jahren, oder aber wenigstens den Zeitraum der Stabilitäts- und Konvergenzprogramme, umfassen soll (Part, 2000, S. 9). Das aktuelle österreichische Konvergenzprogramm gilt für die Jahre 2007 bis 2010. Die mittelfristige Finanzplanung der Gebietskörperschaften muss sich folglich über mindes-

tens 4 Jahre erstrecken, da diese Planungen in den Entwurf des österreichischen Programms einfließen. Denkbar ist, zusätzlich die Berücksichtigung der letzten drei Jahre, wodurch sogar der von Part als optimal empfundene normale Konjunkturzyklus von 7 Jahren erreicht wäre. Der Beobachtungszeitraum besteht in diesem Fall aus 3 vergangenen Jahren (Ex-Post Prognose) und 4 zukünftigen Jahren, wobei das aktuelle zu den zukünftigen zählt, da noch keine Wirtschaftsdaten vorhanden sind.

Von Seiten der EU gibt es weder eine genaue Definition des mittelfristigen Ziels noch einheitliche Vorschriften, wie es erreicht werden soll. Vielmehr ist es die Aufgabe der einzelnen Mitgliedsstaaten für eine nationale Umsetzung zu sorgen.

Eine wichtige Richtlinie ist, dass ein gewisser Sicherheitsabstand zur von der EU geforderten 3 %-Defizitobergrenze eingehalten wird, damit konjunkturelle Schwankungen ausgeglichen werden können und eine Überschreitung vermieden wird (Part, 2000, S. 11). Außerdem wird gefordert, dass Einmalmaßnahmen zur Erreichung des Budgetziels herausgerechnet werden müssen, da sonst keine Nachhaltigkeit gewährleistet ist. Gewünscht sind permanente Budgetanpassungen. Optimalerweise sollten langfristig die laufenden Ausgaben eines Haushalts durch die laufenden Einnahmen gedeckt sein (Part, 2000, S. 21 f.).

Weitere wichtige Punkte bei der Ermittlung eines nationalen mittelfristigen Ziels einer ausgeglichenen Haushaltsführung sind eine Bereinigung um konjunkturzyklische Einflussfaktoren, die Höhe des Schuldenstands mit den verbundenen Zinszahlungen sowie die Identifikation von Ungewissheiten in den Budgets und eine Berücksichtigung der Bevölkerungsdemographie in Bezug auf zu erwartende finanzielle Pensionsleistungen.

### **2.2.3 Das österreichische Stabilitätsprogramm**

Die Mitgliedsstaaten der EU müssen, wie bereits erwähnt, dem EU-Rat jährlich ein Konvergenzprogramm (Nichtteilnehmer an der WWU) oder ein Stabilitätsprogramm (Teilnehmer) vorlegen. Das Österreichische wird vom Bundesministerium für Finanzen (BMF) erstellt.

Das Stabilitätsprogramm enthält:

- eine Analyse der aktuellen Wirtschaftssituation
- eine Prognose für die wirtschaftliche Entwicklung der kommenden Jahre

- geplante Maßnahmen zur Erreichung des mittelfristigen Budgetziels
- eine Beschreibung der Umsetzung von Maßnahmen aus früheren Programmen
- die Entwicklung der öffentlichen Schulden
- die Entwicklung des Maastricht-Ergebnisses

Die österreichische Bundesregierung versucht folgende drei Hauptziele in ihrer Finanz- und Wirtschaftspolitik umzusetzen. Erstens einen ausgeglichenen Haushalt über den Konjunkturzyklus zu erreichen, zweitens die Abgabenquote bis 2010 auf unter 40 % des BIP zu senken und drittens das Wachstumspotential des Landes durch verstärkte Investitionen in Forschung, Bildung und Infrastruktur zu erhöhen (BMF, 2005, S. 2).

Die Schuldenquote befindet sich seit 2001 auf einem klaren Abwärtstrend und wird bei einer normalen Wirtschaftsentwicklung voraussichtlich 2008 die 60 %-Grenze unterschreiten. Das Maastricht-Ergebnis soll sich bis 2008 nach einem temporären Anstieg des Defizits wegen der Durchführung der Steuerreform 2004/2005 wieder einem ausgeglichenen Haushaltsergebnis annähern (BMF, 2005, S. 10 f.). Aufgrund der guten Konjunkturlage der Jahre 2006 und 2007 und der Einschränkung der öffentlichen Ausgaben, konnte bereits ein Jahr früher als geplant die Maastricht-Ergebnis relevante 60 %-Grenze unterschritten werden (BMF, 2007, S. 20).

#### **2.2.4 Informationsverpflichtungen**

Schließlich seien noch die Informationsverpflichtungen erwähnt, die aus dem europäischen Stabilitäts- und Wachstumspakt sowie dem österreichischen Stabilitätspakt für die Gebietskörperschaften entstehen. Es können zwei Arten unterschieden werden. Zum einen müssen Länder und Gemeinden dem Bund über ihre wirtschaftliche Entwicklung Auskunft geben, zum anderen verlangt die EU einen Situationsbericht von der österreichischen Regierung.

Die Gebietskörperschaften melden der Statistik Austria die zur Berechnung des Maastricht-Ergebnisses notwendigen Daten. Um welche Daten es sich handelt und wie sie erfasst werden, wird später noch in den Kapiteln 2.3 und 2.4 erläutert. Anhand dieser Berechnungen erstellt das Bundesministerium für Finanzen jährlich ein Stabilitätspro-

gramm und übermittelt dieses der EU. Außerdem teilt das BMF zweimal im Jahr der Kommission die Höhe des geplanten und tatsächlichen Maastricht-Ergebnisses mit.

## **2.3 DAS MAASTRICHT-ERGEBNIS**

Unter dem Begriff Maastricht-Ergebnis versteht man sowohl das öffentliche Defizit als auch den öffentlichen Überschuss eines EU-Mitgliedsstaats. Dieses ist „der Finanzierungssaldo (B.9) des ‚Sektors Staat‘ (S.13) gemäß der Definition des ESVG 95“ (Verordnung (EG) Nr. 475/2000, Art. 1, Abs. 3). Daher ist, um eine genauere Abgrenzung zu treffen, die Betrachtung einiger Grundbegriffe des ESVG 95 nötig.

Die Begriffe Maastricht-Defizit und Maastricht-Ergebnis werden in dieser Arbeit synonym verwendet, obwohl Maastricht-Ergebnis treffender ist, da es sich auch um einen Überschuss handeln kann.

### **2.3.1 Das europäische System volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG 95)**

Beim ESVG 95 handelt es sich um ein „international vereinheitlichtes Rechnungssystem, das systematisch und detailliert eine Volkswirtschaft mit ihren wesentlichen Merkmalen und den Beziehungen zu anderen Volkswirtschaften beschreibt“ (Eurostat, 1996, S. 1). Es wurde mit der Verordnung (EG) Nr. 2223/96 eingeführt.

Ziel des ESVG 95 ist eine Harmonisierung der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen in Europa. Es ermöglicht internationale Wirtschaftsvergleiche zwischen den Mitgliedsstaaten durchzuführen sowie die Entwicklung einer Volkswirtschaft im Zeitablauf zu verfolgen. Außerdem wird für die wichtigsten volkswirtschaftlichen Kennzahlen, wie zum Beispiel das Bruttoinlandsprodukt, das Bruttonationaleinkommen oder das Sparen der Haushalte, eine Ableitungsmethode zur Verfügung gestellt.

Mittels des ESVG 95 werden die einzelnen Phasen des Wirtschaftskreislaufs, das sind beispielsweise die Produktion, die Einkommensentstehung, die Einkommensverteilung, die Einkommensumverteilung, die Einkommensverwendung, die Sachvermögensbildung und die Änderung von finanziellem Vermögen, in Kontenform abgebildet.

### 2.3.1.1 Die Sektoren im ESVG 95

Das kleinste Element einer volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ist eine institutionelle Einheit. Darunter versteht man einen „wirtschaftlichen Entscheidungsträger, der durch einheitliches Verhalten und Entscheidungsfreiheit bezüglich seiner Hauptfunktion gekennzeichnet ist“ (Eurostat, 1996, S. 21).

Weil es unmöglich ist, alle institutionellen Einheiten separat zu betrachten, werden diese im ESVG 95 zu folgenden Sektoren zusammengefasst:

#### Gesamte Volkswirtschaft

- Nicht-finanzielle Kapitalgesellschaften (Aktiengesellschaften, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Genossenschaften, Quasikapitalgesellschaften)
- Finanzielle Kapitalgesellschaften (Banken, Versicherungen, Kreditinstitute)
- Staat (Bund, Länder, Gemeinden, Sozialversicherungen)
- Private Haushalte (Einzelunternehmen, Rentnerhaushalte, Arbeitnehmerhaushalte)
- Private Organisationen ohne Erwerbszweck (Vereine, Parteien, Gewerkschaften, Kirchen, karitative Einrichtungen)

Übrige Welt (EU, Drittländer, internationale Behörden)

### 2.3.1.2 Abgrenzung des Sektors Staat

Diese Arbeit wird sich in der Folge nur mit dem Sektor Staat beschäftigen. Es ist daher zu erörtern, welche Bereiche der österreichischen Volkswirtschaft dem Sektor Staat zuzurechnen sind.

Der Sektor Staat umfasst jene Bereiche, die hauptsächlich hoheitliche Aufgaben erfüllen und die ein kapitalistischer Markt nicht bereit ist, zur Verfügung zu stellen (Bauer et al., 2002, S. 125). Prinzipiell lässt sich die Beantwortung dieser Frage auf drei relativ einfache Regeln zurückführen. Zunächst ist einmal zu klären, ob es sich bei der betrachteten Einheit um eine institutionelle handelt. Das ist der Fall, wenn wirtschaftliche Entscheidungsfreiheit gegeben ist und es möglich ist, eine eigenständige, vollständige Rechnungsführung zu implementieren. Weiters muss festgestellt werden, ob es sich um einen

Marktproduzenten oder um einen Sonstigen Nichtmarktproduzenten handelt. Dabei ist entscheidend, ob mehr oder weniger als 50 % der Produktionskosten durch Erlöse gedeckt werden. Die Sonstigen Nichtmarktproduzenten zählt man entweder zum Sektor Staat oder zu den privaten Organisationen ohne Erwerbszweck. Zuletzt muss noch die Unterscheidung getroffen werden, ob es sich um eine private oder um eine öffentliche Einrichtung handelt. Öffentliche Bereiche sind dadurch gekennzeichnet, dass sie sich hauptsächlich durch Steuern finanzieren oder vom Staat kontrolliert werden (Statistik Austria, 2002, S. 13).

Beispielsweise werden Betriebe aus dem Staat herausgerechnet, wenn es sich um Quasikapitalgesellschaften handelt. Das sind Betriebe mit marktbestimmter Tätigkeit, die eigentlich zu den Marktproduzenten zählen würden, aber keine rechtlich selbständigen Einheiten sind. Das heißt, es besteht wirtschaftliche Entscheidungsfreiheit und ein eigenständiges Rechnungswesen. Die Abgrenzung erfolgt jedoch innerhalb des öffentlichen Haushalts.

Laut ESVG 95 besteht der Staat aus den Teilsektoren Bund, Länder, Gemeinden und Sozialversicherungen. Zum Bund zählen auch Bundesfonds, Bundeskammern, die Österreichische Hochschülerschaft und die Österreichische Akademie der Wissenschaften. Zu den Ländern werden die Bundesländer ohne Wien, Landesfonds und Landeskammern gerechnet. In den Teilsektor Gemeinden fallen die Gemeinden einschließlich Wien, Gemeindefonds und Gemeindeverbände (Statistik Austria, 2002, S. 14 f.).

### **2.3.1.3 Die Kontenfolge im ESVG 95**

Die Kontenfolge im ESVG 95 beschreibt den Zusammenhang der einzelnen Phasen des Wirtschaftskreislaufs. Die einzelnen Konten werden durch Salden miteinander verbunden. Auf der linken Seite der Konten, die sich Verwendungsseite nennt, werden Wertabflüsse verbucht, während hingegen auf der rechten, der Aufkommenseite, Transaktionen vermerkt werden, die zu einer Wertzunahme führen. Die Kontenfolge kann für jeden, der in Kapitel 2.3.1.1 erwähnten Teilsektoren, als auch für die Gesamtwirtschaft aufgestellt werden.

Tabelle 2 beschreibt die Kontenfolge im ESVG 95. Es kann zwischen den Nichtfinanziellen Konten und dem Finanzierungskonto unterschieden werden. Zu den Nichtfinan-

ziellen zählt das Produktionskonto, das jene Transaktionen enthält, die den Produktionsprozess abbilden. Es liefert als Saldo zwei der wirtschaftlich wichtigsten Kenngrößen, das Brutto- und das Nettoinlandsprodukt. Das Einkommensentstehungskonto sowie das Primäre und Sekundäre Einkommensverteilungskonto beschreiben, wie Einkommen entsteht und umverteilt wird. Als Salden entstehen der Nettobetriebsüberschuss, das Nettonationaleinkommen oder das Primäreinkommen und das verfügbare Einkommen. Das Einkommensverwendungskonto zeigt an, wie die Endverbraucher das verfügbare Einkommen auf Konsum und Sparen aufteilen. Der Saldo dieses Kontos ist das Netto-sparen. Das letzte nichtfinanzielle Konto ist das Sachvermögensbildungskonto. Es zeigt die Ursachen für die Veränderung der Aktiva und Verbindlichkeiten sowie des Reinvermögens einer Volkswirtschaft auf.

Als Saldo aller Nichtfinanziellen Konten ergibt sich der Finanzierungssaldo, der gleichzeitig den Übergang zum Finanzierungskonto darstellt. Dieses zeigt die Veränderung der Forderungen und der Verbindlichkeiten, aus denen sich der Finanzierungssaldo zusammensetzt. Das Finanzierungskonto ist definitionsgemäß immer ausgeglichen. Der Finanzierungssaldo kann deshalb entweder als Saldo der nichtfinanziellen Konten oder als Saldo des Finanzierungskonto ermittelt werden.

**Tabelle 2: Kontenfolge im ESVG 95 für die Sektoren**

<b>Konto</b>	<b>Saldo</b>
<b>nicht-finanzielle Konten</b>	
Produktionskonto	Wertschöpfung netto
Einkommensentstehungskonto	Betriebsüberschuss netto
Primäres Einkommensverteilungskonto	Primäreinkommen
Sekundäres Einkommensverteilungskonto	Verfügbares Einkommen
Einkommensverwendungskonto	Sparen netto
Vermögensbildungskonto	<i>Finanzierungssaldo</i>
<b>Finanzierungskonto</b>	

Quelle: Statistik Austria, 2002, S. 40, modifizierte Darstellung, 2008.

Zusätzlich zu den in Tabelle 2 ersichtlichen Konten existieren noch ein Güterkonto und ein Außenkonto für die gesamte Volkswirtschaft als Schnittstelle zu anderen Volkswirtschaften.

### **2.3.2 Definition des Maastricht-Ergebnisses unter Berücksichtigung des ESGV 95**

Das Maastricht-Ergebnis kann auf zwei verschiedene Arten dargestellt werden. Das lässt sich dadurch begründen, weil es für den Finanzierungssaldo neben der Definition des ESGV 95 noch eine zweite Definition gibt. Gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1500/2000 ist der Finanzierungssaldo gleichzusetzen mit der Differenz aus Staatsausgaben und Staatseinnahmen.

#### **2.3.2.1 Darstellung des Maastricht-Ergebnisses als Finanzierungssaldo nach ESGV 95**

Das Maastricht-Ergebnis entspricht in etwa dem Finanzierungssaldo nach ESGV 95 des Sektors Staat. Der Unterschied lässt sich durch die Verordnung (EG) Nr. 2558/2001 erklären. Im ESGV 95 werden Zinsströme, die aufgrund von Abweichungen von im Voraus vereinbarten und tatsächlichen Zahlungen entstehen, als Vermögenseinkommen definiert und wirken sich somit auf das Defizit aus, weil diese im Konto Primäre Einkommensverteilung verbucht werden. Im Gegensatz dazu werden solche Transaktionen aber bei Maastricht-Berechnungen im Finanzierungskonto vorgenommen. Da der Finanzierungssaldo dem Saldo der nichtfinanziellen Konten entspricht, wirken sich diese Buchungen, da sie nur das Finanzierungskonto betreffen, auf das Defizit neutral aus und sind somit herauszurechnen.

Bei der Berechnung des Defizits wird nach der in Tabelle 2 dargestellten Kontenfolge des ESGV 95 vorgegangen. Für eine genaue Darstellung, welche ESGV 95-Transaktionen den einzelnen Konten zugeordnet werden, sei auf die Literatur verwiesen (z. B. Statistik Austria, 2002, S. 40).

### 2.3.2.2 Darstellung des Maastricht-Ergebnisses als Differenz zwischen Staatseinnahmen und Staatsausgaben

Im Grunde handelt es sich hierbei um eine einfache Gegenüberstellung der nicht-finanziellen Einnahmen und der Ausgaben des Sektors Staat. Die Zuordnung der zu den Einnahmen und Ausgaben gehörenden ESVG 95-Positionen ist in der Verordnung (EG) Nr. 1500/2000 geregelt und in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3: Staatseinnahmen und -ausgaben nach ESVG 95**

<b>Verwendung/Ausgaben</b>	<b>Aufkommen/Einnahmen</b>
Vorleistungen	Marktproduktion für die Eigenverwendung
Bruttoinvestitionen	Nichtmarktproduktion für die Eigenverwendung
Arbeitnehmerentgelt	Zahlungen für sonstige Nichtmarktproduktion
Sonstige Produktionsabgaben	Produktions- und Importabgaben
Zu leistende Subventionen	Zu empfangende sonstige Subventionen
Vermögenseinkommen	Vermögenseinkommen
Einkommens- und Vermögenssteuern	Einkommens- und Vermögenssteuern
Monetäre Sozialleistungen	Sozialbeiträge
Soziale Sachleistungen	Sonstige laufende Transfers
Sonstige laufende Transfers	Vermögenstransfers
Zunahme betrieblicher Versorgungsansprüche	
Zu leistende Vermögenstransfers	
Nettozugang an nicht produzierten Vermögensgütern	

Quelle: Verordnung (EG) Nr. 1500/2000, eigene Darstellung, 2008.

Der Saldo der in Tabelle 3 gegenübergestellten Einnahmen und Ausgaben entspricht dem Maastricht-Ergebnis. Zu beachten ist, dass auch in diesem Fall für den Posten Vermögenseinkommen die im Kapitel 2.3.2.1 beschriebene Maastricht-Definition relevant ist.

## **2.4 STRUKTUR DER GEMEINDEHAUSHALTE**

Um das Maastricht-Ergebnis für eine bestimmte Gemeinde berechnen zu können, ist es zuerst nötig zu betrachten, wie der Haushalt einer Kommune gegliedert ist, und anschließend einen kurzen Blick auf den Voranschlag und den Rechnungsabschluss dieser zu werfen.

### **2.4.1 Gliederung der kommunalen Haushalte**

Der österreichische Gesetzgeber sieht für die Gebietskörperschaften Land und Gemeinde in der Voranschlags- und Rechnungsabschlussverordnung (VRV 97) drei unterschiedliche Gliederungsansätze verbindlich vor. Der Haushalt bzw. der Voranschlag und der Rechnungsabschluss einer Gemeinde ist nach haushaltswirtschaftlichen, nach funktionellen oder nach ökonomischen Gesichtspunkten zu unterteilen. Die Unterscheidung nach funktionellen Kriterien kann durch eine finanzwirtschaftliche Betrachtungsweise erweitert werden.

#### **2.4.1.1 Gliederung nach haushaltswirtschaftlichen Kriterien**

Der Gemeindehaushalt besteht aus einem ordentlichen und einem außerordentlichen Teil. Außerordentliche Ausgaben kennzeichnen sich dadurch, dass sie entweder nur „vereinzelt vorkommen oder der Höhe nach den normalen Rahmen erheblich überschreiten und zumindest teilweise durch außerordentliche Einnahmen gedeckt werden“ (VRV 97, § 4). Sie sind als solche besonders zu kennzeichnen. Im ordentlichen Haushalt werden die laufenden Einnahmen und Ausgaben, die sich aus der regelmäßigen Wirtschaftsführung ergeben, sowie der Kauf oder Verkauf von Sachvermögen festgehalten.

Weiters muss zwischen voranschlagswirksamer und voranschlagsunwirksamer Gebärung unterschieden werden. Die voranschlagsunwirksame Gebärung enthält alle Ausgaben und Einnahmen, die nicht eindeutig der Gemeinde zuzuordnen sind oder die aufgrund gesetzlicher Bestimmungen nicht veranschlagt werden dürfen. Ein Beispiel wäre eine Ausgabe für eine Leistung, die zwar von der Gemeinde bereitgestellt worden ist,

aber an einen Dritten weiterverrechnet wird. Voranschlagswirksame Einnahmen und Ausgaben wirken sich im Voranschlag und im Rechnungsabschluss aus.

Daher wird der Haushalt im Anhang 1 der VRV 97 gegliedert in:

- Ordentliche Ausgaben 1 (Zuordnungsziffer im Haushaltshinweis)
- Ordentliche Einnahmen 2
- Außerordentliche Ausgaben 5
- Außerordentliche Einnahmen 6

Außerdem sind noch die beiden Zuordnungsziffern 0 und 9 für die Kennzeichnung von

- Einnahmen der voranschlagsunwirksamen Gebarung (0) und
- Ausgaben der voranschlagswirksamen Gebarung (9)

reserviert.

#### **2.4.1.2 Gliederung nach funktionellen/institutionellen Kriterien**

Eine zweite rechtsverbindliche Gliederung des Gemeindehaushalts ist eine Gliederung nach funktionellen/institutionellen Gesichtspunkten (Ansätze gemäß VRV 97, Anlage 2). Jeder Ansatz entspricht einer Aufgabe, die die Gemeinde zu erfüllen hat.

Die Ansätze sind dekadisch nummeriert und können aus bis zu 5 Stellen bestehen, wobei die 1. Dekade die Gruppe, die 2. Dekade den Abschnitt und die 3. Dekade den Unterabschnitt beschreibt. Die 4. und 5. Dekade sind optional und für eine weitere Unterteilung der Unterabschnitte gedacht, was jedoch in der Praxis nur von großen Gemeinden gemacht wird, da eine kleine Gemeinde kaum derart komplexe Aufgaben zu erfüllen hat, die eine weitere Unterteilung verlangen.

Die VRV 97 unterscheidet folgende Ansatz-Gruppen:

- 0 Vertretungskörper und allgemeine Verwaltung
- 1 Öffentliche Ordnung und Sicherheit
- 2 Unterricht, Erziehung, Sport und Wissenschaft
- 3 Kunst, Kultur und Kultus
- 4 Soziale Wohlfahrt und Wohnbauförderung
- 5 Gesundheit

- 6 Straßen- und Wasserbau, Verkehr
- 7 Wirtschaftsförderung
- 8 Dienstleistungen
- 9 Finanzwirtschaft

In einem speziellen Fall kann ein Ansatz aus 6 Dekaden bestehen. Wenn das Ansatzverzeichnis nach finanzwirtschaftlichen Kriterien gegliedert ist, wird durch die 6. Stelle eine Information über die finanzwirtschaftliche Zweckwidmung der Einnahme bzw. Ausgabe hinzugefügt (VRV 97, Anlage 4).

#### **2.4.1.3 Gliederung nach ökonomischen Kriterien**

Die dritte Haushaltsgliederung für Gemeinden ist die ökonomische Gliederung nach Postenklassen, wie sie in der Anlage 3b der VRV 97 für Gemeinden geregelt ist. Das Postenverzeichnis hat unter anderem die Aufgabe, die für die Bestimmung des Maastricht-Ergebnisses notwendigen, nach ökonomischen Kriterien gegliederten Daten möglichst direkt aus den Voranschlägen und Rechnungsabschlüssen zu erhalten.

Wie beim Konzept der Ansätze sind die einzelnen Postenklassen dekadisch nummeriert. Die 1. Dekade der sechsstelligen Posten beschreibt die Klasse, die 2. Dekade die Unterklasse und die 3. Dekade die Postengruppe. Die 4. Dekade, die Postenstelle, ist für Gemeinden und die 5. und 6. Dekade sind für alle Gebietskörperschaften optional.

Die VRV 97 enthält folgende Postenklassen:

- 0 Anlagen
- 1 Vorräte
- 2 Geld, Forderungen, aktive Rechnungsabgrenzung, Rücklagen
- 3 Verbindlichkeiten, passive Rechnungsabgrenzung
- 4 Gebrauchs- und Verbrauchsgüter sowie Handelswarenverbrauch
- 5 Leistungen für Personal
- 6 Sonstiger Verwaltungs- und Betriebsaufwand
- 7 Sonstiger Verwaltungs- und Betriebsaufwand
- 8 Laufende Einnahmen
- 9 Kapital- und Abschlusskonten

Auffallend ist, dass sich der „Sonstige Verwaltungs- und Betriebsaufwand“ wegen seines Umfangs und wegen der Beschränkung der Unterteilung durch die dekadische Nummerierung auf zwei Postenklassen aufteilt.

## **2.4.2 Rechnungsquerschnitt der Gemeinden**

Jede Gemeinde muss jährlich einen Voranschlag für das kommende Jahr erstellen. Dieser bildet die rechtlich verbindliche Grundlage für die Führung des Gemeindehaushalts und beinhaltet eine Gegenüberstellung der im folgenden Jahr fällig werdenden Einnahmen und Ausgaben. Am Ende des Finanzjahres werden die Soll-Beträge des Voranschlags mit den Ist-Beträgen verglichen und daraus der Rechnungsabschluss der Gemeinde erstellt. Dieser besteht aus dem Kassenabschluss, der Haushalts- und der Vermögensrechnung.

Die Erfassung der Haushaltsdaten erfolgt nach den im vorigen Kapitel beschriebenen Gliederungssystematiken. Daher besteht jede Voranschlagsstelle aus einem Haushalts-hinweis, einem Ansatz und einer Post.

Gemäß VRV 97 i.d.g.F. müssen die Einnahmen und Ausgaben der Gemeinden im Voranschlag und im Rechnungsabschluss zusätzlich nach dem Budgetkonzept „Laufende und Vermögensgebarung“ zusammengefasst werden (VRV 97, Anlage 5b).

Die Einnahmen und Ausgaben der Gemeinde nach Posten-Gruppen lassen sich nach ihrer Verwendung einem 4-Konten-Schema nach Kategorien der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) zuteilen. Die laufende Gebarung besteht aus dem Produktionskonto und dem Einkommenskonto. Dem Produktionskonto werden der Personalaufwand, der Sachaufwand und auf der Einnahmenseite die Benützungsgebühren für bereitgestellte Güter und Dienstleistungen zugeordnet. Die wichtigsten Elemente des Einkommenskontos sind Zinsen, laufende Transfers, und öffentliche Abgaben. Die Vermögensgebarung setzt sich aus dem Sachvermögenskonto und dem Finanzvermögenskonto zusammen. Das Sachvermögenskonto beinhaltet Kapitaltransfers und die Investitionen in oder den Verkauf von langfristigem Sachvermögen. Im Finanzvermögenskonto werden Darlehen und Wertpapiere sowie die Entnahme oder Zuführung von Kapital aus Rücklagen behandelt.

## **2.5 DAS MAASTRICHT-ERGEBNIS AUF KOMMUNALEBENE**

In diesem Abschnitt der Arbeit soll erörtert werden, wie für eine Gemeinde auf Basis der Daten des Voranschlags und des Rechnungsabschlusses das Maastricht-Ergebnis berechnet werden kann. Die im vorigen Kapitel beschriebene Strukturierung der Haushalte hat den Vorteil, dass sich daraus ohne großen Aufwand wichtige ökonomische Kennzahlen, wie das öffentliche Sparen oder der Finanzierungssaldo ermitteln lassen.

### **2.5.1 Die Berechnung des Maastricht-Ergebnisses der österreichischen Gemeinden nach detaillierten VGR-Kriterien mittels der VRV 97**

In Österreich wird das Maastricht-Ergebnis mittels des modifizierten Haushaltsquerschnitts gemäß der Anlage 5b der VRV 97 berechnet. Das entspricht der Maastricht-Ergebnis-Darstellung als Differenz zwischen Ausgaben und Einnahmen. Das hat im Gegensatz zur Definition mittels des Finanzierungssaldos nach ESVG 95-Konten den Vorteil, dass man die Bereiche, die für die Entstehung des Defizits verantwortlich sind, leichter identifizieren kann. Dazu werden die Ausgaben und die Einnahmen nach ihrer Art geordnet. Es wird zwischen laufenden und vermögenswirksamen Daten unterschieden, wobei in der Vermögensgebarung Finanztransaktionen extra erfasst werden. Ordentliche und außerordentliche Transaktionen des Haushalts werden zusammengefasst dargestellt.

In der Tabelle 4 ist zu erkennen, dass sich das Maastricht-Ergebnis aus dem Ergebnis der laufenden Gebarung zuzüglich des Ergebnisses der Vermögensgebarung und dem Ergebnis der Abschnitte 85-89 (Marktbestimmte Betriebe) zusammensetzt.

**Tabelle 4: Berechnung des Maastricht-Ergebnisses mittels der VRV 97**

Minus <b>Saldo 1</b>	Einnahmen der laufenden Gebarung (ohne A 85-89) Ausgaben der laufenden Gebarung (ohne A 85-89) <b>Ergebnis der laufenden Gebarung (öffentliches Sparen)</b>
Minus <b>Saldo 2</b>	Einnahmen der Vermögensgebarung (ohne A 85-89) Ausgaben der Vermögensgebarung (ohne A 85-89) <b>Ergebnis der Vermögensgebarung ohne Finanztransaktionen</b>
Plus <b>Saldo 3</b>	Saldo 1 Saldo 2 <b>Jahresergebnis Haushalt ohne A 85-89 und Finanztransaktionen</b>
Plus <b>Saldo 4</b>	Saldo 3 Jahresergebnis der Finanztransaktionen der Abschnitte 85-89 <b>Finanzierungssaldo (Maastricht-Ergebnis) nach VRV 97</b>

Quelle: Österreichischer Gemeindebund, 2001, S. 24, modifizierte Darstellung, 2008.

### **2.5.2 Sonderbehandlung von Betrieben mit marktbestimmter Tätigkeit (Abschnitte 85-89)**

Für die Berechnung des Maastricht-Ergebnisses werden nur die Finanztransaktionen und die Vermögensverhältnisse des Sektors Staat herangezogen. Es sind deshalb die institutionellen Einheiten einer Gemeinde, die aufgrund der in Kapitel 2.3.1.2 definierten Kriterien zu den Marktproduzenten zu zählen sind, vom öffentlichen Leistungsbereich abzugrenzen, um eine innereuropäische Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Die VRV 97 erlaubt durch die Abschnitte 85-89 des Ansatzverzeichnis für Länder und Gemeinden auch auf Gemeindeebene eine Unterteilung zwischen privatem und öffentlichem Sektor vorzunehmen, ohne eine zwingende Gründung oder eine Ausgliederung des entsprechenden Bereichs in eine rechtlich selbstständige Einheit zu verlangen. Abschnitt 85 beinhaltet Betriebe mit marktbestimmter Tätigkeit, im Abschnitt 86 werden land- und forstwirtschaftliche Betriebe verbucht und die Abschnitte 87-89 widmen sich wirtschaftlichen Unternehmen.

Der Unterschied zu einer rechtlich eigenständigen, öffentlichen Kapitalgesellschaft besteht darin, dass zwischen der Gemeinde und der Quasikapitalgesellschaft Vermögens-einheit besteht. Investitionen in den Betrieb (Kapitalaufstockung) oder Erlöse durch den Verkauf von Aktiva und Tilgung von Schulden (Kapitalentnahmen) haben deshalb keine Auswirkung auf das Maastricht-Ergebnis, weil sie im Finanzierungskonto verbucht werden. Gewinnentnahmen oder Zuschüsse zum Ausgleich von Fehlbeträgen aus dem operativen Geschäft werden im Vermögenskonto verbucht und beeinflussen deshalb das Maastricht-Ergebnis.

### **2.5.3 Hierarchische Herleitung der zur kommunalen Haushaltsprognose verwendeten Datengrundlage**

Ausgangspunkt für die kommunale Haushaltsprognose sind die Daten der Rechnungsabschlüsse der Gemeinden. In der vorliegenden Arbeit wurden für die empirische Untersuchung exemplarisch die Haushaltsdaten der oberösterreichischen Gemeinden herangezogen. Die einzelnen Ausgaben und Einnahmen des Rechnungsabschlusses einer Gemeinde werden in der Gemeindegebarung, wie aus Kapitel 2.4.2 ersichtlich, nach haushaltswirtschaftlichen, ökonomischen und bzw. oder funktionellen Kriterien gegliedert. In der Anlage 5b der VRV 97, im Voranschlags- oder Rechnungsquerschnitt für Gemeinden, werden die einzelnen Posten des Postenverzeichnisses für Gemeinden zu einer Gemeindegebarung nach detaillierten VGR-Kriterien aggregiert. Die bei diesem Schritt entstandenen Kennzahlen des Haushaltsquerschnitts (HQ) werden weiters anhand Tabelle 5 und Tabelle 6 zur Gemeindegebarung nach groben VGR-Kriterien zusammengefasst.

**Tabelle 5: Zuordnung der Ausgaben des kommunalen Voranschlagsquerschnitts gemäß VRV 97 zu den Haushaltskennzahlen nach groben VGR-Kategorien**

<b>Kennzahl</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Zuordnung gemäß VRV 97</b>
BonA01	Ausgaben für aktive Bedienstete	HQ 20: Leistungen für Personal HQ 22: Bezüge der gewählten Organe
BonA02	Laufender Sachaufwand	HQ 23: Gebrauchs- und Verbrauchsgüter, Handelswaren HQ 24: Verwaltungs- und Betriebsaufwand
BonA03	Zinsausgaben	HQ 25: Zinsen für Finanzschulden
BonA041	Laufende Transfers an Träger öffentlichen Rechts	HQ 26: Laufende Transferzahlungen an Träger des öffentlichen Rechts
BonA042	Laufende Transfers an Träger privaten Rechts	HQ 21: Pensionen und sonstige Ruhebezüge HQ 27: Sonstige laufende Transferausgaben HQ 28: Gewinnentnahmen der Gemeinde von Unternehmungen und marktbe- stimmten Betrieben der Gemeinde (A 85-89)
BonA05	Brutto-Sachvermögensbildung (Investitionsausgaben)	HQ 40: Erwerb von unbeweglichem Vermögen HQ 41: Erwerb von beweglichem Vermögen HQ 42: Erwerb von aktivierungsfähigen Rechten
BonA061	Kapitaltransfers an Träger öffentlichen Rechts	HQ 43: Kapitaltransferzahlungen an Träger des öffentlichen Rechts
BonA062	Kapitaltransfers an Träger privaten Rechts	HQ 44: Sonstige Kapitaltransferausgaben
BonA07	Kauf von Wertpapieren und Beteiligungen	HQ 60: Erwerb von Beteiligungen und Anlagewertpapieren
BonA08	Darlehensgewährung	HQ 62: Gewährung von Darlehen an Träger des öffentliche Rechts HQ 63: Gewährung von Darlehen an andere und von Bezugsvorschüssen
BonA09	Schuldentilgung	HQ 64: Rückzahlung von Finanzschulden bei Trägern des öffentlichen Rechts HQ 65: Rückzahlung von Finanzschulden bei anderen
BonA10	Zuführung an Rücklagen	HQ 61: Zuführungen an Rücklagen

Quelle: IFIP, TU Wien, 2007.

**Tabelle 6: Zuordnung der Einnahmen des kommunalen Voranschlagsquerschnitts gemäß VRV 97 zu den Haushaltskennzahlen nach groben VGR-Kategorien**

Kennzahl	Bezeichnung	Zuordnung gemäß VRV 97
BonE01	Laufende Einnahmen für Güter und Dienstleistungen	HQ 12: Gebühren für die Benutzung von Gemeindevorrichtungen und -anlagen HQ 13: Einnahmen aus Leistungen
BonE02	Sonstige Einnahmen aus Besitz und Unternehmertätigkeit	HQ 14: Einnahmen aus Besitz und wirtschaftlicher Tätigkeit HQ 18: Entnahmen aus Veräußerungen und sonstige Einnahmen
BonE031	Eigene Steuern	HQ 10: Eigene Steuern
BonE032	Ertragsanteile	HQ 11: Ertragsanteile
BonE041	Laufende Transfers von Trägern öffentlichen Rechts	HQ 15: Laufende Transferzahlungen von Trägern des öffentlichen Rechts
BonE042	Laufende Transfers von Trägern privaten Rechts	HQ 16: Sonstige laufende Transfereinnahmen HQ 17: Gewinnentnahmen der Gemeinde von Unternehmungen und marktbestimmten Betrieben der Gemeinde (A 85-89)
BonE05	Verkauf von bestehendem Sachanlagevermögen	HQ 30: Veräußerung von unbeweglichem Vermögen HQ 31: Veräußerung von beweglichem Vermögen HQ 32: Veräußerung von aktivierungsfähigen Rechten
BonE061	Kapitaltransfers von Trägern öffentlichen Rechts	HQ 33: Kapitaltransferzahlungen von Trägern des öffentlichen Rechts
BonE062	Kapitaltransfers von Trägern privaten Rechts	HQ 34: Sonstige Kapitaltransfereinnahmen
BonE07	Verkauf von Wertpapieren und Beteiligungen	HQ 50: Veräußerung von Beteiligungen und Wertpapieren
BonE08	Rückzahlungen von gewährten Darlehen	HQ 52: Einnahmen aus der Rückzahlung von Darlehen an Träger des öffentlichen Rechts HQ 53: Einnahmen aus der Rückzahlung von Darlehen an andere und von Bezugsvorschüssen
BonE09	Schuldenaufnahmen	HQ 54: Aufnahme von Finanzschulden von Trägern des öffentlichen Rechts HQ 55: Aufnahme von Finanzschulden von anderen
BonE10	Entnahme aus Rücklagen	HQ 51: Entnahmen aus Rücklagen

Quelle: IFIP, TU Wien, 2007.

#### **2.5.4 Berechnungsmodell für das Maastricht-Ergebnis auf Kommunalebene nach groben VGR-Kriterien**

In dieser Arbeit soll eine Abstraktion auf die Ebene der Haushaltskennzahlen nach groben VGR-Kriterien erfolgen. Deshalb ist eine Adaptierung des in der VRV 97 vorgeschlagenen Berechnungsschemas nötig.

Tabelle 7 gibt einen kurzen Überblick darüber, wie der Finanzierungssaldo aus den Kennzahlen nach groben VGR-Kriterien ermittelt werden kann. Die Einnahmen und Ausgaben werden nach Arten geordnet, damit wichtige Haushaltsindikatoren einfach abgelesen werden können.

Der Finanzierungssaldo, sprich das Maastricht-Ergebnis, berechnet sich aus dem Ergebnis der laufenden Gebarung, auch „öffentliches Sparen“ genannt, dem Ergebnis der Vermögensgebarung ohne Finanztransaktionen und dem Ergebnis der Finanztransaktionen der Abschnitte 85-89. Er gibt somit darüber Auskunft, wie gut es der Gemeinde gelingt, ihre Investitionen in Vermögen durch die laufende Gebarung zu decken. Im Optimalfall sollte es die Gemeinde schaffen durch „öffentliches Sparen“ einen gewissen Spielraum für die Vermögensbildung zu schaffen.

**Tabelle 7: Berechnungsschema für das Maastricht-Ergebnis auf Gemeindeebene mittels IFIP-Kennzahlen**

BonE01	Laufende Einnahmen für Güter und Dienstleistungen
BonE02	Sonstige Einnahmen aus Besitz und Unternehmertätigkeit
BonE031	Eigene Steuern
BonE032	Ertragsanteile
BonE041	Laufende Transfers von Trägern öffentlichen Rechts
BonE042	Laufende Transfers von Trägern privaten Rechts
<i>Summe1</i>	<i>Laufende Einnahmen</i>
BonA01	Ausgaben für Bedienstete
BonA02	Laufender Sachaufwand
BonA03	Zinsen
BonA041	Laufende Transfers an Träger öffentlichen Rechts
BonA042	Laufende Transfers an Träger privaten Rechts
<i>Summe2</i>	<i>Laufende Ausgaben</i>
<b>Saldo1</b>	<b>Ergebnis der laufenden Gebarung (Summe1-Summe2)</b>
BonE05	Verkauf von bestehendem Sachanlagevermögen
BonE061	Kapitaltransfers von Trägern öffentlichen Rechts
BonE062	Kapitaltransfers von Trägern privaten Rechts
<i>Summe3</i>	<i>Einnahmen der Vermögensgebarung ohne Finanztransaktionen</i>
BonA05	Brutto-Sachvermögensbildung (Investitionsausgaben)
BonA061	Kapitaltransfers an Träger öffentlichen Rechts
BonA062	Kapitaltransfers an Träger privaten Rechts
<i>Summe4</i>	<i>Ausgaben der Vermögensgebarung ohne Finanztransaktionen</i>
<b>Saldo2</b>	<b>Ergebnis der Vermögensgebarung ohne Finanztransaktionen (Summe3-Summe4)</b>
BonE12Finanz85_89	Summe der Einnahmen des Finanzierungskontos (Abschnitte 85-89)
BonA12Finanz85_89	Summe der Ausgaben des Finanzierungskontos (Abschnitte 85-89)
<b>Saldo3</b>	<b>Ergebnis der Finanztransaktionen der Abschnitte 85-89</b>
<b>Saldo4</b>	<b>Finanzierungssaldo (Maastricht-Ergebnis) nach VRV 97 (Summe aus Saldo1, Saldo2 und Saldo3)</b>

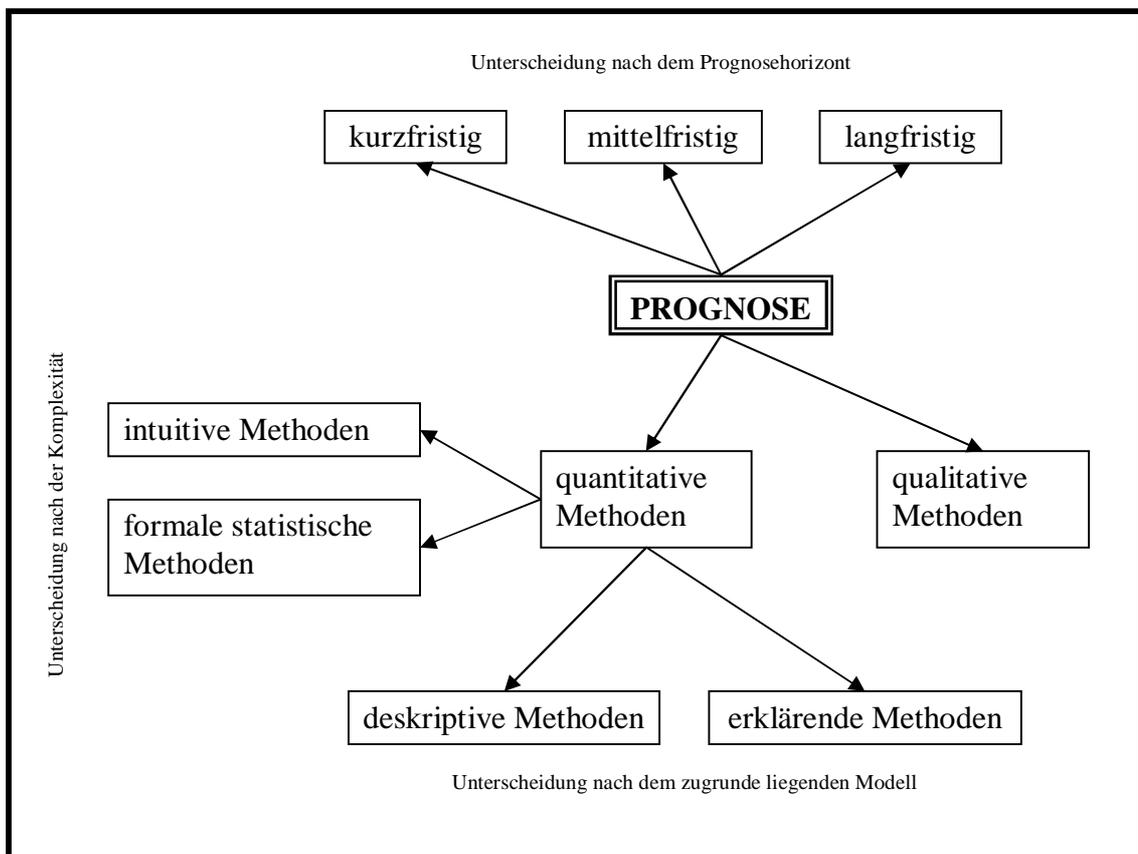
Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

### 3 STATISTISCHE GRUNDLAGEN UND AUSWAHL DER PROGNOSEMETHODEN

#### 3.1 ÜBERBLICK UND KATEGORISIERUNG VON PROGNOSEMETHODEN

Allgemein lassen sich Prognosemethoden bezüglich des Horizonts in kurz-, mittel- und langfristige Prognosen einteilen. Bei den kommunalen Haushaltsprognosen handelt es sich um einen kurz- bis mittelfristigen Prognosezeitraum. Außerdem kann wie in Abbildung 1 dargestellt, zwischen quantitativen und qualitativen Prognosen unterschieden werden. Weiters gibt es Fälle, für die keine aussagekräftigen Vorhersagen berechnet werden können, weil zu wenig oder gar kein Datenmaterial zur Verfügung steht.

Abbildung 1: Klassifizierung von Prognosemethoden



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Quantitative Techniken kommen vor allem zum Einsatz, wenn erstens genügend Informationen über die Vergangenheit verfügbar sind, zweitens die vorhandenen Daten numerisch aufbereitet werden können und drittens die Annahme besteht, dass sich manche Aspekte der Entwicklung in der Vergangenheit näherungsweise in der Zukunft fortsetzen. Sie liefern konkrete, zahlenmäßige Resultate.

Qualitative Techniken dienen zur Prognose eines Problems, bei dem nicht genügend numerische Daten, jedoch qualitative Informationen vorhanden sind. In anderen Worten, es handelt sich nicht um eine rein statistische Methodik, sondern es können auch Elemente der Spieltheorie oder Expertenwissen in die Vorhersage einfließen oder verschiedene Szenarien erstellt werden. Sie zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie oft keine numerischen Ergebnisse liefern, sondern nur versuchen, eine Tendenz vorherzusagen oder einen Hinweis zur Entscheidungsfindung zu geben. Daher werden diese Methoden meistens in Kombination mit quantitativen eingesetzt. Der Einsatzbereich liegt vor allem in der mittel- bis langfristigen Planung (Makridakis et al., 1998, S 8 ff.).

Armstrong geht davon aus, dass ab einem Datenumfang von sechs bis acht verfügbaren Beobachtungen quantitative Prognosemethoden geeigneter sind als qualitative Methoden (Armstrong, 2001b, S. 373). Zu den Haushaltsdaten der österreichischen Gemeinden sind grundsätzlich lange Zeitreihen (ab 1956) aggregierter Konjunkturdaten vorhanden. Da die Gemeinden aber erst seit dem Bestehen des ESVG 95 und dem Beitritt zur Währungsunion dazu verpflichtet sind, ihre jährlichen Haushaltsdaten nach den Grundsätzen der VRV 97 zu erfassen und der Statistik Austria differenziert zu übermitteln, liegen weitgehend kompatible, detaillierte Haushaltsdaten zur Zeit für etwa 10 Jahre vor. Die Beobachtungszahl liegt damit nur knapp über der genannten Mindestanzahl. Dessen Umfang wird kritisch, wenn Werte einzelner Jahre fehlen oder es nötig ist, Ausreißer zu bereinigen. Dennoch ist quantitativen Methoden der Vorzug zu geben, weil bei einem längerfristigen Einsatz des Prognosetools die Ergebnisse tendenziell besser werden, da jedes Jahr neue Zahlen als Grundlage hinzukommen.

Des Weiteren sind quantitative Methoden, wenn deren Anwendung möglich ist, qualitativen vorzuziehen, weil sie effizienter die vorhandenen Daten nutzen und wegen der systematischeren Vorgehensweise die Ergebnisse nicht so stark beeinflussen (Armstrong, 2001a, S. 692). Dieser Punkt ist bei der Prognose von Haushaltsdaten wichtig,

da es sich hierbei um einen stark politisch motivierten Bereich handelt. Außerdem lässt diese systematische Vorgehensweise weniger Kritik bezüglich der Qualität der Vorhersageergebnisse aufkommen. Deshalb werden in dieser Arbeit lediglich die quantitativen Prognosetechniken näher betrachtet.

Wie bereits in Abbildung 1 ersichtlich können quantitative Vorhersagemethoden weiters nach der Art des zugrunde liegenden Wissens und dem zugrunde liegendem Modell unterschieden werden.

Intuitive Methoden basieren auf empirischen Erfahrungen, die stark von der Vorhersagesituation abhängen. Sie sind in der Regel zwar leichter durchzuführen, liefern aber nicht so präzise Ergebnisse, weil keine Qualitätskriterien integriert sind. Formale statistische Methoden hingegen bedienen sich eines systematischen Ansatzes, dessen Ziel es ist, Vorhersagefehler zu minimieren (Makridakis et al., 1998, S. 9). Diese Art ist intuitiven Methoden vorzuziehen, weil die Vorhersagegenauigkeit meistens ein Hauptkriterium der Prognose darstellt (Armstrong, 2001a, S. 692).

Die zweite Möglichkeit ist die Unterteilung nach dem verwendeten statistischen Modell, wobei deskriptive Methoden einfach eine Beschreibung eines zukünftigen Zustands liefern. Es handelt sich in diesem Fall um ein reines Black-Box-Verhalten des Modells. Das heißt, es werden nur die Inputs und Outputs der Vorhersage betrachtet. Das hat den Vorteil, dass nicht alle Beziehungen zwischen den Variablen des Systems verstanden oder gemessen werden müssen. Das Ziel deskriptiver Methoden ist es, ein Muster in den vorhandenen Daten zu entdecken und dieses in die Zukunft fortzusetzen. Im Gegensatz dazu stehen erklärende Prognosen, die auf der Annahme beruhen, dass zwischen den Variablen des Vorhersagemodells funktionale Zusammenhänge bestehen, die näher untersucht werden (White-Box-Verhalten) (Makridakis et al., 1998, S. 10 f.).

Analysiert man die Vorhersagesituation nach Armstrong (2001b), wie in Abbildung 2, gezeigt, so bieten sich Extrapolationsmethoden für die Prognose der kommunalen Haushaltskennzahlen an, da diese versuchen in den vorhandenen Daten ein Muster zu erkennen und dieses in der Zukunft fortzusetzen.



Extrapolationsmethoden versuchen definitionsgemäß eine in den Daten vorhandene mathematische Beziehung zu erkennen und diese über den Zeitraum, in dem sie ursprünglich gefunden wurde, also in die Zukunft, auszudehnen (Brockhaus Enzyklopädie, 1988, Bd. 7, S. 35).

Zu den Extrapolationsmethoden zählen unter anderem Glättungs- und Regressionsmodelle, die im Rahmen dieser Arbeit für die vorliegende Problemstellung ausgewählt wurden und daher im folgenden Kapitel näher vorgestellt werden.

## **3.2 BESCHREIBUNG DER AUSGEWÄHLTEN PROGNOSE-METHODEN**

### **3.2.1 Naive Prognosemethode**

Die naive Prognosemethode stellt die einfachste Möglichkeit dar, eine Vorhersage zu erstellen. Sie basiert auf keiner statistischen Vorgehensweise und es werden auch keine Annahmen getroffen. Es wird einfach der zuletzt beobachtete Wert als Prognose für die nächste Periode verwendet. Eine mögliche Variation dieser Methode für die kommunale Haushaltsprognose wäre die Multiplikation des letzten Wertes mit der Inflationsrate.

### **3.2.2 Prognose mit Hilfe von Glättungsmethoden**

Glättungsmethoden lassen sich, wie in Tabelle 8 beschrieben, in einfache und exponentielle einteilen. Der Unterschied liegt in der Gewichtung der einzelnen Zeitreihenwerte. Die erste Gruppe bewertet alle Beobachtungen gleich, während hingegen die zweite ungleiche Gewichte verwendet, die für länger zurückliegende Beobachtungen exponentiell abnehmen (Makridakis et al., 1998, S. 136). Die einzelnen exponentiellen Glättungsmethoden unterscheiden sich durch die Anzahl der verwendeten Parameter und dadurch, ob ein Parameter über die Zeit konstant ist oder angepasst wird. Der Vorteil von exponentiellen Glättungsmethoden ist, dass mit ihnen auch Daten die einen Trend und bzw. oder eine Saisonalität aufweisen ohne Transformation der Zeitreihe zuverlässiger prognostiziert werden können.

**Tabelle 8: Klassifikation von Glättungsmethoden und deren Verwendung**

<b>Einfache Glättungsmethoden</b>	<b>Verwendung</b>
Einfacher Durchschnitt	Kein Trend, keine Saisonalität
Gleitender Durchschnitt	Kein Trend, keine Saisonalität
<b>Exponentielle Glättungsmethoden</b>	<b>Verwendung</b>
Einfache Exponentielle Glättung	Kein Trend, keine Saisonalität
Holt's Lineare Methode	Trend, keine Saisonalität
Holt-Winters Methode	Trend und Saisonalität

Quelle: Eigene Darstellung, 2008 (angelehnt an: Makridakis et al., 1998, S. 137).

### 3.2.2.1 Einfache Glättungsmethoden

Damit die einfachen Glättungsmethoden gute Vorhersagen liefern, muss die Bedingung, dass die Datenreihe stationär ist, erfüllt sein. Folglich muss sich der datenerzeugende Prozess in einem Gleichgewicht um den Mittelwert bewegen und die Varianz um den Mittelwert über die Zeit hinweg konstant bleiben (Makridakis et al., 1998, S. 136). Da diese Annahme für Wirtschaftsdaten aber eher unwahrscheinlich ist (u. a. wenn die Zeitreihe eine Trend-, Zyklus- oder Saisonalitätskomponente enthält), sind diese Methoden ohne Modifikation der Zeitreihe nur bedingt anwendbar.

#### 3.2.2.1.1 Einfacher Durchschnitt (Mittelwert)

Bei dieser Methode wird der Mittelwert als Prognose verwendet.

$$F_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i$$

$F_{t+1}$ ...Prognose für den Zeitpunkt  $t+1$  (die nächste Periode)

$t$ ...Anzahl der Beobachtungen

$Y_i$ ...Beobachtung zum Zeitpunkt  $i$

Eine Besonderheit stellt die Tatsache dar, dass die Anzahl der verwendeten Datenpunkte für später erstellte Prognosen steigt. Eine Glättung der Daten führt in der Regel zu einer Verbesserung der Ergebnisse, weil für die Prognose teure Extremwerte in der Datenreihe entschärft werden.

### 3.2.2.1.2 *Gleitender Durchschnitt*

Das Prinzip dieser Prognosemethode beruht darauf, dass für einen Prognosezeitpunkt  $F_{t+1}$  immer die  $k$  aktuellsten Beobachtungen verwendet werden. Daher bleibt im Gegensatz zum einfachen Durchschnitt die Anzahl der verwendeten Beobachtungen für einen Prognosezeitpunkt gleich (Makridakis et al., 1998, S. 142).

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i$$

*k...Anzahl der Beobachtungen zur Bildung des Durchschnitts*

Entscheidend für den Prognoseerfolg dieser Methode ist die Wahl des Parameters  $k$ , d.h. die Menge der Datenpunkte, die für die Berechnung des Durchschnitts verwendet werden. Werden wenige Beobachtungen verwendet, so wird ein gegebenenfalls in der Zeitreihe enthaltenes Muster besser wiedergegeben. Andererseits tritt bei der Wahl eines größeren Wertes ein Datenglättungseffekt auf, der zu einer Abschwächung enthaltener Extremwerte führt.

Bei genauerer Betrachtung erkennt man, dass es sich sowohl bei der naiven Prognose (es wird nur die letzte Beobachtung als Prognose verwendet) als auch beim einfachen Durchschnitt (es werden alle vorhandenen Beobachtungen zur Prognose verwendet) um Spezialfälle dieser Methode handelt.

### 3.2.2.2 **Exponentielle Glättungsmethoden**

Exponentielle Glättungsmethoden zeichnen sich dadurch aus, dass im Gegensatz zu einfachen Glättungsmethoden die einzelnen Datenpunkte, die für die Vorhersage verwendet werden, unterschiedlich gewichtet werden. Da die aktuellsten Beobachtungen in der Regel am meisten über die Zukunft aussagen, werden die Gewichte so gewählt, dass sie mit dem Alter des Datenpunktes exponentiell abnehmen.

Eine Besonderheit aller exponentiellen Glättungsmethoden ist, dass die rekursive Darstellung der Gleichung eine Initialisierungsphase notwendig macht, weil es am Anfang der Zeitreihe noch keinen vorherigen Prognosewert gibt. Hier hat man zwei Möglichkeiten. Entweder man nimmt einfach die erste Beobachtung als erste Prognose oder man bildet, wenn man viele Beobachtungen zur Verfügung hat, aus den ersten Beobachtun-

gen einen Mittelwert und verwendet die erhaltene Zahl als erste Vorhersage (Makridakis et al., 1998, S. 150).

### 3.2.2.2.1 Einfache exponentielle Glättung

Bei der einfachen exponentiellen Glättung wird der Prognosewert der vorangegangenen Periode als Ausgangswert genommen und mittels des Vorhersagefehlers der letzten Periode angepasst. Dabei wird der Prognosewert immer entgegengesetzt zum Vorhersagefehler korrigiert. Es ergibt sich ein Feedbackeffekt, der als ein bereits in die Methode integrierter Qualitätssicherungsmechanismus angesehen werden kann (Makridakis et al., 1998, S. 147 f.).

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$$

$\alpha$ ...Glättungsparameter

Die Ermittlung des Glättungsparameters  $\alpha$  wird im Kapitel 3.2.2.2.3 beschrieben. Der Vorhersagehorizont für diese Methode ist genau eine Periode. Will man mehrere Perioden voraussagen, nimmt man eine flache Funktion an und gebraucht den ersten Prognosewert der Zukunft für alle nachfolgenden Perioden (Makridakis et al., 1998, S. 153). Diese Vorgehensweise ist gerechtfertigt unter der Annahme der Stationarität.

Das Prognosemodell dieser Methode kann adaptiert werden, indem das Glättungsgewicht  $\alpha$  nicht konstant gehalten, sondern systematisch angepasst wird. Der Vorteil dabei ist, dass eine optimale Wahl des Parameters zu Beginn nicht ausschlaggebend für die Qualität der Prognoseergebnisse ist. Außerdem können so eventuell in der Zeitreihe vorkommende Levelschwankungen schneller ausgeglichen werden.

$$F_{t+1} = \alpha_t Y_t + (1 - \alpha_t) F_t$$

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{A_t}{M_t} \right|$$

$$A_t = \beta (Y_t - F_t) + (1 - \beta) A_{t-1}$$

$$M_t = \beta |Y_t - F_t| + (1 - \beta) M_{t-1}$$

$\alpha, \beta$ ...Glättungsparameter

*A<sub>t</sub>...geglättete Schätzung des Vorhersagefehlers*

*M<sub>t</sub>...geglättete Schätzung des absoluten Vorhersagefehlers*

Makridakis und Mitarbeiter schlagen vor, den berechneten Wert von  $\alpha$  nicht für die Prognose der nächsten Periode zu verwenden, sondern erst für die übernächste, weil die Methode bei einer Änderung in der Zeitreihe mitunter zu stark reagiert (Makridakis et al., 1998, S. 156). Außerdem kann eine obere Schranke für die erlaubte Änderung des Parameters  $\alpha$  innerhalb einer Periode eingeführt werden. Die Glättungsparameter  $\alpha$  und  $\beta$  werden wie im Kapitel 3.2.2.2.3 beschrieben ermittelt.

Die adaptierte Version stellt ein automatisches Prognoseverfahren dar und hat den Vorteil, dass das Risiko von schwerwiegenden Fehlern durch die Selbstjustierung reduziert wird. Hingegen liefert die einfache Methode bei einer optimalen Wahl des Glättungsparameters bessere Ergebnisse (Makridakis et al., 1998, S. 158).

### **3.2.2.2.2 Holts Lineare Methode**

Holts Lineare Methode erweitert das Konzept der einfachen exponentiellen Glättung dahingehend, dass sie eine Prognose von Zeitreihen mit Trends erlaubt.

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$F_{t+n} = L_t + nb_t$$

*L<sub>t</sub>...geglättete Schätzung für den Level der Zeitreihe*

*b<sub>t</sub>...Schätzung des Trends zum Prognosezeitpunkt*

Zuerst wird aus der Beobachtung der Zeitreihe und der Prognose der vorangegangenen Periode eine geglättete Schätzung für den Level der Zeitreihe ermittelt. Anschließend wird eine Schätzung des zum Prognosezeitpunkt vorherrschenden Trends ermittelt. Dazu werden die letzten beiden Schätzungen des Levels sowie die Schätzung des Trends aus der vorigen Periode verwendet.

Schließlich ergibt sich der Prognosewert, indem der aktuelle Schätzwert des Levels und des Trends multipliziert mit der Anzahl der Perioden, die vorausgesagt werden sollen,

addiert werden (Makridakis et al., 1998, S. 158). Man beachte hier den Gegensatz zur exponentiellen Glättung, bei der eine flache Prognosefunktion angenommen wird.

Wegen der rekursiven Vorgehensweise ist auch bei dieser Methode eine Initialisierungsphase notwendig. Die ersten Schätzungen für Level und Trend werden entweder mittels einer Regression aus den ersten Werten ermittelt oder es wird einfach die erste Beobachtung als Level und die Differenz der ersten und zweiten Beobachtung als Trend verwendet.

Die Glättungsparameter  $\alpha$  und  $\beta$  werden wie im Kapitel 3.2.2.2.3 beschrieben ermittelt.

#### **3.2.2.2.3 Bestimmung der Glättungsgewichte für exponentielle Glättungsmethoden**

Glättungsgewichte werden immer im Intervall  $[0,1]$  festgelegt. Wird der Wert des Gewichts in der Nähe der oberen Schranke gewählt, kommt es zu einer geringeren Glättung der Zeitreihe und somit zu einer Fokussierung auf das Muster der letzten Beobachtungen. Im entgegen gesetzten Fall wird die Reihe stärker geglättet, es dauert länger bis das Prognoseergebnis auf vorhandene Vorhersagefehler reagiert und ältere Beobachtungen, insbesondere die Initialisierungsphase der Methode, haben einen stärkeren Einfluss auf die Prognose.

Um den optimalen Wert für das Gewicht zu erhalten, wird ein absolutes oder relatives Fehlermaß gewählt und dieses mittels eines Testsets aus der Reihe der Beobachtungen minimiert. Die gängigsten Fehler die verwendet werden, sind der quadratische Durchschnittsfehler (MSE) und der absolute relative Durchschnittsfehler (MAPE).

Entweder wird für eine Reihe von Werten des Glättungsgewichts der Fehler berechnet und schließlich der Wert genommen bei dem der Fehler minimal ist oder alternativ dazu kann ein nichtlinearer Optimierungsalgorithmus verwendet werden, um die Parameter zu bestimmen (Makridakis et al., 1998, S. 153).

### **3.2.3 Regressionsmodelle**

Regressionsmodelle gehören zur Klasse der quantitativen, erklärenden Prognosemethoden. Es wird versucht, eine funktionale Beziehung zwischen einer abhängigen Variable, die vorhergesagt werden soll, und einer unabhängigen (einfache Regression) oder meh-

ren unabhängigen Variablen (multiple Regression) aufzuzeigen (Casella und Berger, 1990, S. 554).

Prinzipiell ist es möglich lineare, quadratische und exponentielle Funktionen zu verwenden. Meistens wird jedoch der lineare Ansatz gewählt, weil ein solches Regressionsmodell den Vorteil hat, dass es exakt berechnet werden kann. Nichtlineare Systeme müssen dagegen oft näherungsweise gelöst werden.

### 3.2.3.1 Einfache Lineare Regression

Laut Modelldefinition setzt sich die Beobachtung der zu prognostizierenden Variable aus einem Muster und einer Fehlerkomponente zusammen.

$$Y_i = \hat{Y}_i + e_i$$

$$\hat{Y}_i = a + bX_i$$

*Y<sub>i</sub>...Beobachtung der abhängigen Variable*

*$\hat{Y}_i$ ...Schätzung der abhängigen Variable (Muster)*

*X<sub>i</sub>...Beobachtung der unabhängigen Variable*

*e<sub>i</sub>...Residuen (Fehlerkomponenten)*

*a, b...Regressionskoeffizienten*

Unter Zuhilfenahme der Beobachtung der unabhängigen Variablen wird mittels der linearen Regressionsgeraden ein Schätzwert für die Prognosevariable errechnet. Der Unterschied zwischen beobachtetem und geschätztem Wert wird durch eine Fehlerkomponente erklärt. Die Fehlerkomponenten werden auch Residuen genannt.

Außerdem werden für das Modell folgende Annahmen getroffen (Makridakis et al., 1998, S. 209):

- Die Werte der unabhängigen Variablen beinhalten keinen Fehler oder sind unkorreliert zu den Residuen der Regression.
- Es gibt keine Korrelation zwischen den einzelnen Residuen.
- Die Residuen sind normalverteilt mit Mittelwert null und Varianz  $\sigma^2$   $N(0, \sigma^2)$ .

Die Regressionskoeffizienten müssen in der Initialisierungsphase der Prognose geschätzt werden. Eine Möglichkeit dazu stellt die in Kapitel 3.4.4 beschriebene Methode der kleinsten Quadrate dar. Es wird versucht, die Werte dieser Parameter zu finden, die die bestmögliche Anpassung der Regressionsgerade an die vorhandenen Beobachtungen gewährleisten.

### 3.2.3.1.1 Punktschätzungen

Nach der Schätzung der Regressionsparameter ergibt sich das Prognosemodell der einfachen linearen Regression mit den Regressionsparametern, sowie der Varianz der Fehler.

$$\hat{Y}_0 = a + bX_0$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$s_e^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n e_i^2, \text{ mit } e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

$\hat{Y}_0$ ... Punktschätzung

$X_0$ ... neue Beobachtung

$\bar{X}, \bar{Y}$  ... Mittelwerte der Beobachtungen

$s_e^2$  ... Varianz der Fehler

Mittels dieses Modells kann für einen bestimmten Wert der unabhängigen Variablen (die Jahre des Beobachtungszeitraums) eine Punktschätzung für die abhängige Prognosevariable (die Beobachtungen) errechnet werden.

### 3.2.3.1.2 Intervallschätzungen

Anstelle einer Punktschätzung kann auch eine Intervallschätzung errechnet werden. Dazu ist es notwendig, wie in Kapitel 3.4.3 beschrieben, ein Prognoseintervall für die lineare Regression zu bestimmen. Die Punktschätzung kombiniert mit dem Prognosein-

tervall ergibt die Intervallschätzung für das Intervall  $(1-\alpha)$ . In anderen Worten, die Schätzung liegt mit der Wahrscheinlichkeit von  $100 \times (1-\alpha) \%$  im angegebenen Prognoseintervall.

$$\hat{Y}_0 \pm t_{n-2, \alpha/2} s_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}}$$

$t_{n-2, \alpha/2} \dots (1-\alpha/2)$ -Quantil der  $t$ -Verteilung mit  $n-2$  Freiheitsgraden

Die Freiheitsgrade  $(n-2)$  erklären sich aus der Anzahl der Beobachtungen minus der Anzahl der im Modell geschätzten Parameter. Außerdem beachte man, dass die Weite des Prognoseintervalls nur davon abhängt, wie weit die neue Beobachtung  $X_0$  vom Mittelwert entfernt ist. Alle anderen Variablen sind nach deren Bestimmung Konstanten (Casella und Berger, 1990, S. 576 f.).

### 3.2.3.1.3 Der Korrelationskoeffizient und das Bestimmtheitsmaß

Der Korrelationskoeffizient zwischen zwei Variablen besagt, wie stark die lineare Abhängigkeit zwischen den Variablen ist. Er ist insofern für die lineare Regression relevant, weil bei einer starken linearen Beziehung die Anpassung der Regressionsgerade an die Beobachtungen besser gelingt, was gleichzeitig zu genaueren Vorhersagen führt. Daher ist es möglich die Regressionsparameter durch den Korrelationskoeffizienten auszudrücken (Makridakis et al., 1998, S. 198 f.).

Neben dem Korrelationskoeffizienten gibt es im Regressionsmodell noch eine wichtige Korrelation, nämlich den Determinationskoeffizienten oder das Bestimmtheitsmaß. Nach der Initialisierungsphase der Regression, können für die Zeitpunkte der Beobachtungen Schätzwerte errechnet werden. Vergleicht man nun die geschätzten und die beobachteten Werte paarweise, so ergibt sich das Bestimmtheitsmaß. Der Determinationskoeffizient kann als Korrelationskoeffizient zwischen beobachteten und geschätzten Werten interpretiert werden.

$$R^2 = r_{\hat{Y}Y}^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

$R^2 \dots$  Determinationskoeffizient

*$r_{\hat{y}y}$ ... Korrelationskoeffizient zwischen Beobachtung und Schätzung*

Außerdem gibt er an, welcher Anteil der Varianz durch die Anpassung der Regressionsgeraden an die Beobachtungen erklärbar ist ( $R^2$ ). Der unerklärte Residualteil ( $1-R^2$ ) ist zufälliger Natur.

Beim Spezialfall der einfachen linearen Regression entspricht der Korrelationskoeffizient genau dem Determinationskoeffizienten (Makridakis et al., 1998, S. 200).

#### **3.2.3.1.4 Überprüfung der Signifikanz des einfachen linearen Regressionsmodells**

Abschließend sollte noch anhand des Qualitätskriteriums der Genauigkeit überprüft werden, ob die mittels des Regressionsmodells berechneten Werte überhaupt aussagekräftig sind. Um diese Frage zu beantworten, bietet sich die in Kapitel 3.4.5 beschriebene Varianzanalyse an. Es kann festgestellt werden, ob zwischen den Regressionsvariablen eine echte Abhängigkeit besteht. Je stärker die lineare Beziehung zwischen den Regressionsvariablen ist, desto genauer kann das Modell an die beobachteten Werte angepasst werden.

### **3.3 DIE VORANALYSE DER ZEITREIHEN**

Ausgangspunkt für die Voranalyse stellen die ermittelten Datenreihen der Rechnungsabschlüsse der Gemeinden dar. In dieser Phase sollen die einzelnen Zeitreihen für die Prognosemethoden so vorbereitet werden, dass die Annahmen, auf denen das zugrunde liegende Prognosemodell beruht, erfüllt sind.

Wichtige Punkte sind die Untersuchung der Zeitreihe auf Extremwerte, die Behandlung von Lücken oder unerwünschten Nullwerten im Datenmaterial und das Erkennen und Eliminieren von eventuell vorhandenen unerwünschten Mustern.

#### **3.3.1 Behandlung von Nullwerten**

Werden die historischen Daten der Gemeinden als Basis genommen, so kann es sein, dass einzelne Zeitreihen Nullwerte enthalten. In der Voranalyse soll untersucht werden, ob es sich um erwünschte oder um unerwünschte Nullwerte handelt.

Weil es aufgrund des Umfanges des Datenmaterials nicht möglich ist jeden einzelnen Datenwert im Kontext mit den Handlungen der einzelnen Gemeinden zu untersuchen, ist es notwendig eine allgemeinere Vorgehensweise zu entwickeln.

Es bietet sich an, jede Haushaltskennzahl, siehe Tabelle 5 und Tabelle 6, daraufhin zu bewerten, ob das Vorkommen eines Nullwertes sinnvoll erscheint. Betrachtet man zum Beispiel BonA01 „Ausgaben für aktive Bedienstete“, so sind Nullwerte eher auszuschließen, weil das bedeuten würde, dass die Gemeinde keine Bedienstete hat oder das ganze Jahr keinen Lohn an ihre Angestellten bezahlt hätte. Während es hingegen durchaus vorkommen kann, dass eine Gemeinde ein Jahr lang keine Kredite zur Finanzierung von Investitionen benötigt (BonE09 „Schuldenaufnahmen“).

Nachdem ein Nullwert als unerwünscht identifiziert worden ist, bietet sich an, den Wert für diesen Zeitraum entweder ganz aus der Zeitreihe zu eliminieren oder ihn durch einen geglätteten Wert, zum Beispiel dem Mittelwert aus der vorangegangenen und der folgenden Periode zu ersetzen.

### **3.3.2 Behandlung von Extremwerten**

Wie unerwünschte Nullwerte verfälschen auch Extremwerte das Prognoseergebnis. Daher ist es notwendig diese zu identifizieren und zu behandeln.

Extremwerte werden in der Literatur meistens als jene Werte definiert, die außerhalb des Intervalls der zweifachen Standardabweichung vom Mittelwert liegen (Thome, 2005, S. 34).

Die erste Art sich dem Extremwert zu nähern ist, wie bei den Nullwerten, ihn direkt zu eliminieren oder ihn durch einen Mittelwert aus den vorangegangenen und folgenden Beobachtungen zu ersetzen. Eine weitere Möglichkeit ist eine Glättung der gesamten Zeitreihe. Der Vorteil dieser Methode ist, dass nicht die gesamte Information aus der Beobachtung verloren geht, sondern der Extremwert nur entschärft wird. Außerdem kann man eine Ober- und eine Unterschranke für die maximale Ausprägung einer Beobachtung einfügen. Es bietet sich zum Beispiel die kritische Grenze von zweimal der Standardabweichung vom Mittelwert an.

### 3.3.3 Stationarität der Zeitreihe

Einige statistische Methoden, vor allem einfachere, können nicht gut mit einem Muster in der Zeitreihe umgehen. Um diese Klasse von Prognosemethoden dennoch anwenden zu können, ist es möglich den zugrunde liegenden, datenerzeugenden Prozess stationär zu machen. Ein stationärer Prozess zeichnet sich dadurch aus, dass er sich in einem „statistischen Gleichgewicht“ befindet (Box, 1976, S. 26). In anderen Worten ausgedrückt, die Beobachtungen verteilen sich um einen konstanten Mittelwert und die Varianz der Zeitreihe bleibt konstant über die Zeit (Mills, 1999, S. 10).

Diese einschränkende Modelleigenschaft kann einerseits durch statistische Tests auf Stationarität oder andererseits durch eine visuelle Inspektion der Autokorrelationsfunktion der Zeitreihe mittels Korrelogrammen festgestellt werden.

#### 3.3.3.1 Statistische Tests auf Stationarität

Eine Möglichkeit, Stationarität in der Zeitreihe festzustellen, sind Einheitswurzeltests. Dabei wird getestet, ob der datenerzeugende Prozess eine Einheitswurzel enthält. Prozesse ohne Einheitswurzel sind stationär (Johnston und DiNardo, 1997, S. 224).

Zwei Beispiele für solche Tests sind der Dickey-Fuller-Test oder der KPSS-Test.

##### 3.3.3.1.1 Dickey-Fuller-Test

Beim Dickey-Fuller-Test wird angenommen, dass die Daten durch einen nicht-stationären Prozess erzeugt werden.

Modell mit deterministischem Trend und Drift:

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} = \alpha_0 + (\rho - 1)X_{t-1} + \mu t + \varepsilon_t$$

$\varepsilon_t$ ... Fehlerkomponente

$\mu t$ ... deterministischer Trend

$\alpha_0$ ... Drift

$X_t$ ... Beobachtungen

Die Koeffizienten werden mittels einer geeigneten Schätzmethode, zum Beispiel mit der Methode der kleinsten Quadrate oder der Maximum-Likelihood-Methode, ermittelt. Die

Zeitreihe ist nicht-differenz-stationär, wenn der Koeffizient  $(\rho - 1)$  gleich Null ist und nicht-trend-stationär, wenn der Koeffizient  $\mu$  ungleich Null ist. Sie ist hingegen stationär, wenn  $(\rho - 1)$  kleiner Null ist (Dougherty, 2007, S. 394).

Die Testgröße ergibt sich aus den mittels der Methode der kleinsten Quadrate (siehe Kapitel 3.4.4) geschätzten Koeffizienten:

$$t = \frac{\hat{\rho} - 1}{\hat{\delta}_{\hat{\rho}}}$$

$\hat{\delta}_{\hat{\rho}}$  ...Mittelwert der Schätzung von  $\hat{\rho}$

### 3.3.3.1.2 *Erweiterter Dickey-Fuller-Test*

Der erweiterte Dickey-Fuller-Test sollte angewendet werden, wenn die Fehlerkomponenten autokorreliert sind. Für nähere Informationen zu diesem Test siehe Eckey und Mitarbeiter, 2004 (S. 235 f.) sowie Johnston und DiNardo, 1997 (S. 226).

### 3.3.3.2 **Eliminieren von Nicht-Stationarität**

Eine Zeitreihe kann trendstationär oder differenz-stationär sein. Welches Verfahren zur Eliminierung von Nicht-Stationarität angewendet wird, hängt davon ab, um welche Art von Nicht-Stationarität es sich handelt. Die ersten beiden der im Anschluss beschriebenen Verfahren dienen dazu, die Trendkomponente zu entfernen. Mit dem letzten Verfahren kann eine eventuell vorhandene Differenz-Nicht-Stationarität beseitigt werden.

#### 3.3.3.2.1 *Eliminierung von Nicht-Stationarität durch Schätzung des Trends mittels Methode der kleinsten Quadrate*

Die Trendkomponente wird unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate geschätzt und von der Zeitreihe subtrahiert. Dieses Modell beruht auf der Annahme, dass sich ein beobachteter Wert aus einer Trend-Zyklus-, einer Saisonalitäts- und einer Fehlerkomponente zusammensetzt. Die Saisonalitätskomponente kann im Falle der Haushaltsprognose vernachlässigt werden, weil es sich bei den Daten des Rechnungsabchlusses um Jahresdaten handelt. Übrig bleiben die Residuen, die nun auf Stationarität

untersucht werden können. Für weiterführende Informationen sei auf Kapitel 3.4.4 sowie auf Brockwell und Davis, 1991 (S. 15 f.) verwiesen.

### 3.3.3.2.2 *Eliminierung von Nicht-Stationarität durch Glättung der Daten mittels eines gleitenden Durchschnitts*

Die Trendkomponente kann auch unter Zuhilfenahme von Methoden der Zeitreihenzerlegung geschätzt und von der Zeitreihe subtrahiert werden. Durch eine Glättung der Zeitreihe wird die Zufälligkeit oder das Rauschen in den Werten reduziert. Am besten dafür geeignet sind Methoden, die auf einem gleitenden Durchschnitt basieren.

- Einfacher gleitender Durchschnitt:

Eine ungerade Anzahl an Datenpunkten wird zur Berechnung eines einfachen gleitenden Durchschnitts verwendet mit der zentrierten Beobachtung des Zeitpunkts  $t$ .

$$T_t = \frac{1}{k} \sum_{j=-m}^m Y_{t+j}$$

$m$ ...Anzahl der Datenpunkte, die links und rechts vom Zeitpunkt  $t$  zur Berechnung verwendet werden

- Gewichteter gleitender Durchschnitt:

$$T_t = \frac{1}{k} \sum_{j=-m}^m a_j Y_{t+j}$$

$a_j$ ...Gewichte

- Doppelter gleitender Durchschnitt:

Von einem doppelten gleitenden Durchschnitt wird gesprochen, wenn ein gleitender Durchschnitt noch einmal durch einen anderen gleitenden Durchschnitt geglättet wird.

- Zentrierter gleitender Durchschnitt:

Erweitert das Konzept des einfachen gleitenden Durchschnitts um den Punkt, dass auch eine gerade Anzahl an Beobachtungen verwendet werden kann. Ein zentrierter gleitender Durchschnitt entspricht einem doppelten gleitenden Durchschnitt oder ei-

nem gewichteten gleitenden Durchschnitt mit dem Gewicht  $\frac{1}{2}$  für das erste und letzte Element, sowie dem Gewicht 1 für alle anderen.

Ein Problem an dieser Methode ist, dass es am Beginn und am Ende der Zeitreihe zu einem Verlust der zur Berechnung verwendeten Daten kommt, was zu einer Zunahme der Zufälligkeit in den Werten führt und somit genau dem Grund der Anwendung dieser Methode widerspricht. Vor allem die Daten am Ende der Zeitreihe sind aber wichtig, weil von ihnen ausgehend die Prognosen erstellt werden. Ein Lösungsansatz, um die Daten zu erhalten, ist die Glättung der Daten mittels einer lokalen Regression. Für weiterführende Informationen diesbezüglich sei auf Makridakis und Mitarbeiter, 1998 (S. 101) verwiesen.

#### **3.3.3.2.3 *Eliminierung von Nicht-Stationarität durch Differenzieren der Zeitreihe***

Diese Methode unterscheidet sich von den beiden vorher erwähnten dadurch, dass sie nicht versucht das Muster zu schätzen und dann zu subtrahieren, sondern dass sie direkt in die Daten eingreift. Eine differenzierte Zeitreihe erhält man, indem man die Veränderung zwischen zwei nacheinander beobachteten Werten der Originalzeitreihe bildet. Die differenzierte Zeitreihe besitzt nun einen Wert weniger, weil es nicht möglich ist für die erste Beobachtung die Berechnung durchzuführen.

$$\nabla X_t = X_t - X_{t-1}$$

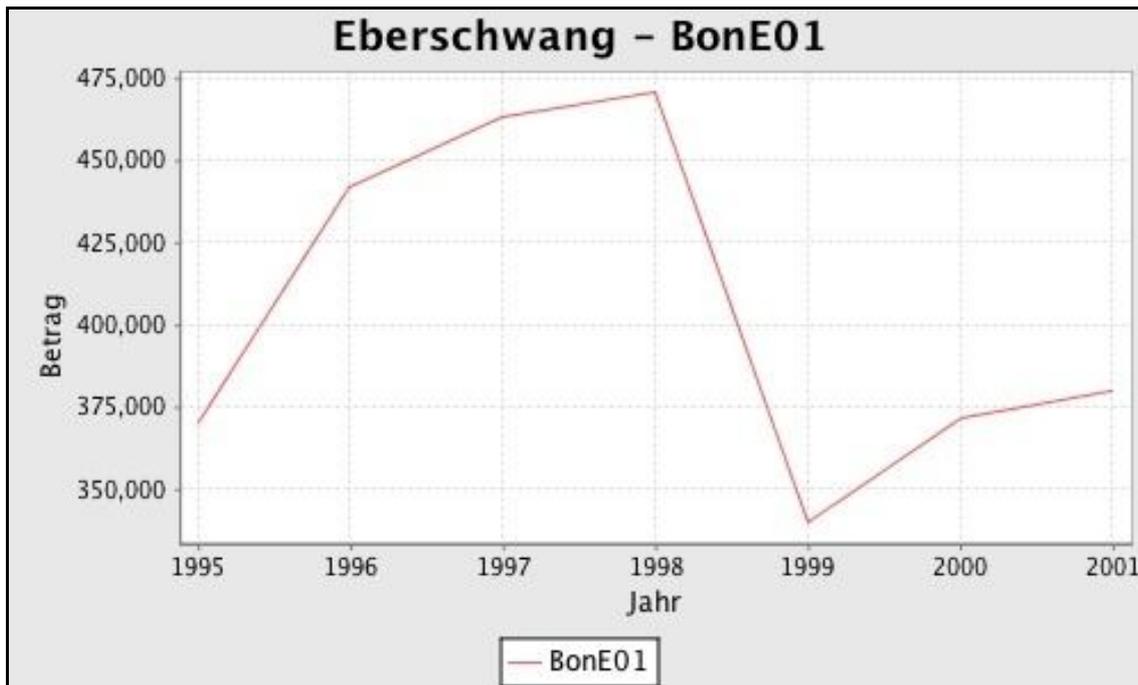
Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Zeitreihe stationär ist. In der Praxis reicht es aus, die Zeitreihe einmal oder zweimal zu differenzieren, um Nicht-Stationarität zu beseitigen (Makridakis et al., 1998, S. 329; Dougherty, 2007, S. 386).

#### **3.3.4 *Strukturbrüche in der Zeitreihe***

Von einem Strukturbruch in der Zeitreihe wird gesprochen, wenn sich die Beobachtungen innerhalb einer Periode bezüglich des Levels oder des Trends so grundlegend ändern, dass die Zeitreihe in zwei Phasen unterteilt werden kann. Wird beispielsweise Abbildung 3 betrachtet, so ist zwischen den Jahren 1995 und 1998 sowie ab dem Jahre

1999 ein Trend nach oben erkennbar. Zwischen den Jahren 1998 und 1999 senkte sich jedoch das Level der Einnahmen nach unten. Danach ist wieder das vorher beobachtete Muster erkennbar.

**Abbildung 3: Strukturbruch bei den laufenden Einnahmen für Güter und Dienstleistungen (BonE01) der oberösterreichischen Gemeinde Eberschwang**



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Eine mögliche Erklärung für einen solchen Strukturbruch wäre zum Beispiel, dass eine Leistung, die vorher von der Gemeinde angeboten und für die ein Entgelt eingehoben worden ist, an ein privates Unternehmen ausgegliedert wurde.

Die Identifizierung eines Strukturbruchs kann durch eine Analyse der prozentuellen, jährlichen Abweichungen der einzelnen Beobachtungswerte erfolgen. Bei Zeitreihen, die einen Strukturbruch beinhalten, ist es notwendig beide Phasen der Zeitreihe einzeln zu betrachten. Ändert sich die Trend- oder die Levelkomponente der Zeitreihe, haben die Werte vor dem Strukturbruch nur noch wenig Aussagekraft über zukünftige Entwicklungen. Daher bietet sich eine Prognose mit den Beobachtungen ab dem Bruch an. Der Nachteil dieser Vorgehensweise ist, dass die Qualität der Prognose mitunter leidet, weil zu wenige Beobachtungen für eine vernünftige Initialisierung der Prognosemethoden zur Verfügung stehen. Alternativ dazu können die Werte der Zeitreihe nach dem

Bruch an die vorherigen angepasst werden und dann die Prognose durchgeführt werden. Bei der Ergebnisanalyse muss diese Transformation jedoch wieder rückgängig gemacht werden.

### **3.4 QUALITÄTSKRITERIEN FÜR DIE PROGNOSE**

Nachdem die Voranalyse durchgeführt, das Vorhersagemodell aufgestellt und die Prognosen erstellt worden sind, fehlt noch der letzte aber durchaus wichtige Schritt im Prognoseprozess, die Überprüfung der Ergebnisse auf ihre „Güte“. Dazu ist es notwendig, statistische Qualitätskriterien zu definieren, damit die einzelnen Ergebnisse vergleichbar werden.

#### **3.4.1 Genauigkeit**

Das am häufigsten verwendete Qualitätskriterium in der Zeitreihenanalyse ist die Genauigkeit. Mit einfachen Fehlermaßen wird festgestellt, wie gut das Prognosemodell an die vorhandene Zeitreihe angepasst worden ist und in welcher Qualität die Werte der Zeitreihe durch das Modell reproduziert werden (Makridakis et al., 1998, S. 41 f.).

Erstellt man eine Ex-Post Prognose kann außerdem noch die Qualität der Vorhersagen durch die Berechnung der Residuen bestimmt werden. Von Ex-Post Prognosen wird gesprochen, wenn eine Prognose für einen Zeitpunkt errechnet wird, zu dem bereits ein Beobachtungswert vorliegt. Das kann entweder erreicht werden indem am Ende der Zeitreihe eine bestimmte Anzahl an Werten nicht für die Initialisierung des Modells verwendet wird oder im Nachhinein neue Beobachtungen verfügbar werden.

##### **3.4.1.1 Einfache Fehlermaße**

Eine Prognose wird immer für die folgende Periode erstellt, wobei die historischen Beobachtungen bis zur vorangegangenen Periode für die Berechnung verwendet werden. Aus dem Vergleich des prognostizierten mit dem beobachteten Wert kann für jede Periode der Zeitreihe ein Fehlermaß bestimmt werden.

Es wird zwischen absoluten und relativen Fehlermaßen unterschieden. Absolute Fehlermaße lassen keinen Vergleich zwischen verschiedenen Zeitreihen und verschiedenen

Zeitintervallen zu, weil sie von der Größenordnung der Beobachtungen abhängen. Um solche Vergleiche durchführen zu können, sind relative Fehler notwendig. Dies sind prozentuelle Fehler, die auf die Beobachtungen normiert sind.

$$e_t = Y_t - F_t$$

$e_t$ ...absoluter Fehler zum Zeitpunkt  $t$

$Y_t$ ...Beobachtung zum Zeitpunkt  $t$

$F_t$ ...Prognosewert zum Zeitpunkt  $t$

$$Pe_t = \left( \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) * 100$$

$Pe_t$ ...relativer Fehler zum Zeitpunkt  $t$

Einen Überblick über die absoluten und relativen Fehlermaße geben Tabelle 9 und Tabelle 10.

**Tabelle 9: Absolute Fehlermaße**

Bezeichnung	Berechnung	Bewertung
Durchschnittsfehler $ME$	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	Geringe Aussagekraft, da sich positive und negative Fehler ausgleichen
Absoluter Durchschnittsfehler $MAE$	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	Leichter interpretierbar als der $MSE$
Quadratischer Durchschnittsfehler $MSE$	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	Kein Eliminieren der Fehler durch die Quadrierung, sowohl positive als auch negative Fehler bleiben erhalten

Quelle: Makridakis et al., 1998, S. 43, modifizierte Darstellung, 2008.

**Tabelle 10: Relative Fehlermaße**

<b>Bezeichnung</b>	<b>Berechnung</b>	<b>Bewertung</b>
Relativer Durchschnittsfehler <i>MPE</i>	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Pe_t$	Geringe Aussagekraft, da sich positive und negative Fehler ausgleichen (wie beim <i>ME</i> )
Absoluter relativer Durchschnittsfehler <i>MAPE</i>	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  Pe_t $	

Quelle: Makridakis et al., 1998, S. 44, modifizierte Darstellung, 2008.

Es ist zu beachten, dass, wenn eine Zeitreihe Nullwerte enthält, die Berechnung von relativen Fehlermaßen wegen der Division durch Null nicht möglich ist. Wenn die Zeitreihe Werte enthält, die nahe an Null liegen konvergiert der relative Fehler gegen unendlich.

Komplexere Prognosemodelle haben in der Regel kleinere Fehlerwerte. Das ist darauf zurückzuführen, dass das zugrunde liegende statistische Prognosemodell besser an die historischen Beobachtungen angepasst ist (Makridakis et al., 1998, S. 62). Es kann aber auch zu einer Überanpassung kommen, wodurch Zufälligkeit in die Zeitreihe inkludiert wird. Daher liefern sie nicht zwangsläufig bessere Prognosen als einfachere Methoden. Ein Nachteil des Qualitätskriteriums der einfachen Fehlermaße ist, dass verschiedene statistische Prognosemethoden verschiedene Arten der Anpassung verwenden. Beispielsweise hängen Glättungsmethoden sehr stark von der Schätzung der Anfangswerte ab, die Zeitreihenzerlegung verwendet einen eventuell vorhandenen Trend oder Zyklus als ob er bekannt wäre, Regressionsmethoden minimieren den quadratischen Durchschnittsfehler durch Gleichgewichtung aller Beobachtungen und Box-Jenkins Methoden minimieren den quadratischen Durchschnittsfehler mittels einer nichtlinearen Optimierungsmethode.

Ein Vergleich der Qualität der Vorhersagen von verschiedenen Prognosemethoden mittels dieses einen Kriteriums ist aus diesem Grund nur schwer möglich. Es sollte daher

zusätzlich die Out-Of-Sample-Performance der Prognosemethode mittels einer Ex-Post Prognose untersucht werden.

#### **3.4.1.2 Ex-Post Prognosen**

Dazu werden die historischen Daten in Initialisierungswerte und Testwerte aufgeteilt. Die Initialisierungswerte werden zur Schätzung der Parameter und zum Aufstellen des Prognosemodells verwendet. Dann wird die Prognose durchgeführt und die erhaltenen Werte mit den Testwerten verglichen. Dieses Vorgehen ist möglich, weil es sich um „echte“ Prognosenergebnisse handelt, da die Testwerte ja nicht in der Initialisierungsphase der Methode verwendet worden sind. Abschließend wird die Prognosequalität unter Verwendung der Fehler, die sich aus dem Vergleich der erstellten Prognosen und der Beobachtungen der Testwerte ergeben, bestimmt (Makridakis et al., 1998, S. 45 f.).

### **3.4.2 Vergleich von Prognosemethoden**

Ob und wie gut eine Prognosemethode überhaupt für das Vorhersagen einer Zeitreihe geeignet ist, lässt sich am besten durch einen Vergleich der verschiedenen Methoden feststellen.

#### **3.4.2.1 Relativer Vergleich von Prognosemethoden**

Eine Möglichkeit einen solchen Vergleich durchzuführen ist das Definieren einer einfachen Prognosemethode. Die Fehlermaße werden dann sowohl für die einfache als auch für die komplexere Methode berechnet und verglichen. Ein Beispiel für eine solche einfache Methode ist die naive Prognose (siehe Kapitel 3.2.1). Diese Vorgehensweise erlaubt im Gegensatz zur einfachen Berechnung der Fehlermaße eine Bestimmung der relativen Genauigkeit der Prognose (Makridakis et al., 1998, S. 46 f.).

#### **3.4.2.2 Theil's U-Statistik**

Eine Erweiterung zum vorher beschriebenen relativen Vergleich von Prognosemethoden stellt die Theil's U-Statistik dar. Diese verwendet das Konzept des mittleren quadratischen Fehlers. Durch das Quadrieren erhalten große Fehler mehr Bedeutung und es bie-

tet sich die Möglichkeit eines relativen Vergleichs einer einfacheren mit einer komplexeren Prognosemethode.

Dabei wird anhand der folgenden Formeln vorgegangen (Makridakis et al., 1998, S. 48):

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} (FPE_{t+1} - APE_{t+1})^2}{\sum_{t=1}^{n-1} (APE_{t+1})^2}}$$

mit  $FPE_{t+1} = \frac{F_{t+1} - Y_t}{Y_t}$

und  $APE_{t+1} = \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t}$

Daraus ergibt sich vereinfacht folgende Formel:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{F_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t} \right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}}$$

*U ... Wert der U-Statistik*

*FPE ... relative Veränderung der Prognose*

*APE ... tatsächliche relative Veränderung*

*F<sub>t+1</sub> ... Prognosewert für den Zeitpunkt t+1 (für die nächste Periode)*

*Y<sub>t</sub> ... Beobachtung zum Zeitpunkt t*

*Y<sub>t+1</sub> ... Beobachtung für den Zeitpunkt t+1 (für die nächste Periode)*

Der Wert der U-Statistik wird null, wenn die tatsächliche relative Veränderung *APE* gleich der relativen Veränderung der Prognose *FPE* für alle Zeitpunkte ist oder anders ausgedrückt keine Fehler vorhanden sind und die Prognose somit exakt ist. Im Gegensatz dazu wird U eins, wenn die relative Veränderung der Prognose *FPE* null wird. Dieser Fall tritt ein, wenn die Fehler der Vorhersagemethode gleich den Fehlern sind, die

enthalten wären, wenn keine Veränderung stattfindet, was genau der Definition der naiven Prognose entspricht.

In Bezug auf die Genauigkeit von zwei Prognosemethoden, die miteinander verglichen werden, ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- $U=1$ : Beide Vorhersagemethoden sind gleich gut geeignet.
- $U<1$ : Die komplexere Vorhersagemethode ist genauer als der naive Ansatz. Je näher der Wert bei Null ist, umso genauer ist die Methode im Vergleich zur naiven Vorhersage.
- $U>1$ : Da die Ergebnisse der naiven Prognose genauer sind, ist die Verwendung der komplexeren Methode nicht notwendig.

(Makridakis et al., 1998, S. 50)

### 3.4.3 Prognoseintervalle

Wird eine neue Beobachtung verfügbar für einen Zeitpunkt, für den bereits vorher eine Prognose erstellt worden ist, so stimmt dieser prognostizierte meistens nicht mit dem beobachteten Wert überein. Wie groß der Unterschied zwischen diesen beiden Werten ist, gibt der Standardfehler der Prognose an.

Prognoseintervalle stellen deshalb ein Qualitätskriterium dar, weil sie Punktschätzungen erweitern und es ermöglichen Intervallschätzungen vorzunehmen. Sie geben die Wahrscheinlichkeit an, zu der sich eine Beobachtung im angegebenen Bereich befindet.

Das Konzept ist ähnlich dem der Konfidenzintervalle mit dem Unterschied, dass Konfidenzintervalle für Prognoseparameter errechnet und um einen Mittelwert angegeben werden. Prognoseintervalle hingegen werden für eine einzelne Beobachtung oder Vorhersage ermittelt.

Unter der Annahme, dass die Residuen normalverteilt sind, ergibt sich das geschätzte Prognoseintervall für die nächste Beobachtung folgendermaßen:

$$F_{t+1} \pm z\sqrt{MSE}$$

$F_{t+1}$  ... Prognosewert für den Zeitpunkt  $t+1$  (für die nächste Periode)

$MSE$  ... Quadratische Durchschnittsfehler

$z$  ... Tabellenwert der Standardnormalverteilung (abhängig vom gewählten Wahrscheinlichkeitsintervall)

Prognoseintervalle basieren in der Regel auf dem mittleren quadratischen Fehler, weil dieser als Schätzer für die Varianz der Vorhersagefehler angesehen werden kann. Daher ist die Wurzel des MSE eine Schätzung für die Standardabweichung der Vorhersagefehler. Die Variable  $z$  bestimmt die Wahrscheinlichkeit und somit die Weite des Prognoseintervalls. Ein 95%-Prognoseintervall besitzt eine 95-prozentige Wahrscheinlichkeit, dass sich die nächste Beobachtung in diesem Intervall befindet.

Der Nachteil dieser Methode ist, dass nur die Berechnung des Intervalls für die nächste Periode ( $t+1$ ) möglich ist, weil der mittlere quadratische Fehler nur für die nächste Periode definiert ist. In der Regel sollen aber bei der Haushaltsprognose Vorhersagen für mehrere Jahre erstellt werden. Folglich ist es notwendig, Prognoseintervalle mehrerer Perioden zu berechnen.

Dazu muss der MSE so modifiziert werden, dass er auf Vorhersagen beruht, die mehrere Perioden in die Zukunft blicken.

$$MSE_h = \frac{1}{n-h} \sum_{t=h+1}^n (e_t^{(h)})^2$$

$e_t^{(h)}$  ... Fehler, der durch eine Prognose zum Zeitpunkt  $t$  von  $h$  Perioden in die Zukunft entsteht

Wiederum unter der Annahme, dass die Residuen normalverteilt sind, ergibt sich folgendes geschätztes Prognoseintervall:

$$F_{t+h} \pm z \sqrt{MSE_h}$$

(Makridakis et al., 1998, S. 52 ff.)

### 3.4.4 Die Methode der kleinsten Quadrate

Die Methode der kleinsten Quadrate beruht auf der Annahme einiger Prognosemethoden, dass ein in der Realität beobachteter Wert eine Kombination aus einem Muster (funktionale Beziehung) und einer Zufälligkeit (Fehlerkomponente) darstellt.

Die kritische Aufgabe beim Prognostizieren ist es, das Muster von der Fehlerkomponente zu trennen. Das erfolgt durch eine Kombination aus der Anpassung der vorhandenen Daten an eine funktionale Form und aus dem Minimieren der Fehlerkomponente.

Die Aufgabe der Methode der kleinsten Quadrate ist das Minimieren der Fehlerkomponente (Vorhersagefehler) der zugrunde liegenden Prognosemethode. Sie kann außerdem zur Ermittlung von Schätzwerten verwendet werden.

Ein großer Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass sie für jede Prognosemethode unabhängig von der mathematischen Komplexität der Methode angewendet werden kann (Makridakis et al., 1999, S. 58).

Das folgende Beispiel zeigt die praktische Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate. Dabei werden zwei unterschiedliche Fälle behandelt. Im ersten Fall (Fall a) wird die Minimierung der Fehlerkomponente für die Glättungsmethode „Einfacher Durchschnitt“ gezeigt. Im zweiten Fall (Fall b) werden die Schätzwerte der Parameter der einfachen linearen Regression berechnet.

1. Bestimmung der Fehlerkomponente  $e_i$ , die der Abweichung zwischen der Beobachtung  $Y_i$  und dem durch die Prognosemethode ermittelten Schätzwert  $\hat{Y}$  entspricht:

$$e_i = Y_i - \hat{Y}$$

2. Berechnung der Summe der quadrierten Fehler  $SSE$ :

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n \left( Y_i - \hat{Y} \right)^2$$

3. a) Bestimmung des Minimums durch Ableitung nach der zu minimierenden Variable und null setzen der Gleichung:

$$\frac{\partial SSE}{\partial \hat{Y}} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}) = 0$$

oder

- b) Bestimmung des Minimums durch Ableitung nach den zu schätzenden Parametern und null setzen der Gleichung:

$$\frac{\partial SSE}{\partial a} = -2 \sum (Y_i - a - bX_i) = 0$$

$$\frac{\partial SSE}{\partial b} = -2 \sum X_i (Y_i - a - bX_i) = 0$$

4. a) Umformen der Ableitung nach der zu minimierenden Variable:

$$\hat{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \bar{Y}$$

oder

- b) Umformen der Ableitung nach den zu schätzenden Parametern:

$$a = \frac{1}{n} (\sum Y_i - b \sum X_i) = \bar{Y} - b \bar{X}$$

$$b = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

(Makridakis et al., 1999, S. 228 f. und S. 57 f.)

### 3.4.5 Analyse der Varianzen (ANOVA)

Diese Methode versucht die Frage zu beantworten, ob zwischen zwei Variablen eine reale Abhängigkeit besteht. Dazu werden die Varianzen verglichen.

Mittels des F-Tests wird festgestellt, ob die Varianzen signifikant verschieden sind. Die F-Statistik zeichnet sich dadurch aus, dass sie das Verhältnis angibt, welcher Anteil der Varianz durch die statistische Prognosemethode zu erklären ist und welcher auf Fehler zurückzuführen ist.

$$F = \frac{\frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{dfR}}{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{dfE}}$$

*F ... F-Wert*

*dfR...Freiheitsgrade der statistischen Methode*

*dfE...Freiheitsgrade des Fehlers*

Der p-Wert gibt an, zu welcher Wahrscheinlichkeit der berechnete Wert der F-Statistik zutrifft (Gigerenzer et al., 1989, S. 95). Je kleiner der p-Wert ist, desto signifikanter ist die gewählte statistische Methode. Die Grenzen für bestimmte p-Wahrscheinlichkeiten werden unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade aus einer F-Tabelle ermittelt. Die Anzahl der Freiheitsgrade hängt bei den Residuen von der Menge der vorhandenen Beobachtungen und bei den Methoden von den zu schätzenden Variablen ab. Ist der berechnete F-Wert größer als der aus der Tabelle ermittelte p-Wert, so ist die statistische Methode mindestens zur Wahrscheinlichkeit p signifikant.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse werden in der Regel in Tabellenform präsentiert. Tabelle 11 zeigt eine typische Darstellung.

**Tabelle 11: Darstellung einer ANOVA**

	<b>df</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F-Wert</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Methode</b>	dfR	SSR	MSR=SSR/dfR	F=MSR/MSE	p-Wert
<b>Fehler</b>	dfE	SSE	MSE=SSE/dfE		
<b>Gesamt</b>	df=dfE+dfE	SS=SSR+SSE			

*df, dfR, dfE ... Freiheitsgrade*

*SS, SSR, SSE ... Summe der Quadrate*

*MS, MSR, MSE ... Mittlere Quadrate*

*F-Wert ... berechnete Wert (Formel siehe oben)*

*p-Wert ... Tabellenwert*

Quelle: Makridakis et al., 1999, S. 213.

### 3.5 DER PROGNOSEPROZESS

Der Prognoseprozess kann, wie in Tabelle 12 dargestellt ist, in drei Phasen untergliedert werden.

**Tabelle 12: Übersicht über den Ablauf des Prognoseprozesses inklusive des Ziels, der Aufgaben und der möglichen Methoden, die die einzelnen Phasen charakterisieren**

	Ziel	Aufgaben	Methoden
<b>Phase 1: Voranalyse</b>	Vorbereiten der Ausgangsdaten für die Prognose	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nullwerte behandeln</li> <li>• Extremwerte behandeln</li> <li>• Transformation der Zeitreihe um die Varianz zu stabilisieren</li> <li>• Differenzieren der Zeitreihe um Stationarität zu erreichen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graphische Analyse der Zeitreihe</li> <li>• Autokorrelation der Zeitreihe</li> <li>• Statistische Tests (u. a. Dickey-Fuller Test)</li> </ul>
<b>Phase 2: Modellspezifikation</b>	Auswahl eines geeigneten Prognosemodells und Anpassung an die historischen Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl einer Methode</li> <li>• Schätzung der Modellparameter</li> <li>• Untersuchung der Residuen, ob eine Verbesserung in der Anpassung an die Daten möglich ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autokorrelation der Residuen</li> <li>• Portmanteau Test</li> <li>• Residuen auf Stationarität prüfen</li> <li>• Ex-Post Prognose</li> </ul>
<b>Phase 3: Prognose</b>	Erstellen einer Prognose mittels des ausgewählten Modells und graphische Präsentation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung des Prognosewertes und eines Prognoseintervalls</li> <li>• Überprüfung der Qualität der Prognose</li> <li>• Darstellung der Ergebnisse mittels Graphiken und statistischen Kennzahlen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache und komplexe Prognosemethoden</li> <li>• Absolute und relative Fehlermaße</li> <li>• Prognoseintervalle</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Die erste Phase, jene der Voranalyse, dient dazu, die Ausgangsdaten für die Prognose vorzubereiten. Die konkreten Aufgaben dieser Phase und die dafür anzuwendenden Methoden wurden genauer in Kapitel 3.3 beschrieben. Danach wird in der zweiten Phase, der Modellspezifikation, das geeignete Prognosemodell ausgewählt und die entsprechenden Prognoseparameter werden geschätzt. Erst dann folgt in der dritten Phase die Erstellung der Vorhersagen mit Hilfe des ausgewählten Modells. Eine Übersicht über mögliche Prognosemethoden gibt Kapitel 3.1 und einige ausgewählte wurden in Kapitel

3.2 genauer beschrieben. In dieser Phase wird die Prognose berechnet und die Ergebnisse werden entweder tabellarisch oder graphisch ausgegeben. Außerdem muss in dieser Phase die Qualität der Prognose überprüft werden. Dies ist genauer in Kapitel 3.4 beschrieben.

## **4 DESIGN UND IMPLEMENTIERUNG EINER SOFTWARE FÜR DIE PROGNOSE KOMMUNALER HAUSHALTSKENNZAHLEN**

### **4.1 ANFORDERUNGEN AN DIE ZU ENTWICKELNDE APPLIKATION**

Das Ziel des Tools ist es, aus den zur Verfügung stehenden historischen Daten der einzelnen Gemeinden, Prognosen für die Zukunft errechnen zu können. Das soll möglichst automatisiert erfolgen.

Der Benutzer soll aber die Möglichkeit haben in die Berechnung einzugreifen, indem er an gewissen Stellen der Berechnung entscheidet, wie weiter vorgegangen werden soll. Er soll außerdem die Prognoseparameter verändern können. Das Programm soll dem User Optionen anbieten, welche Schritte als nächstes ausgeführt werden können. Die Kontrolle und somit endgültige Entscheidung muss aber immer beim User liegen. Er soll durch eine manuelle Inspektion der historischen Datenreihe die Möglichkeit haben, Schwachstellen in den Daten zu erkennen und diese eventuell zu bearbeiten oder einzelne Daten zu entfernen.

Der Ablauf des Prognoseprozesses sieht folgendermaßen aus. Nachdem sich der Benutzer eingeloggt und somit authentifiziert hat, wählt er auf einer Seite aus, welche Kennzahlen prognostiziert werden sollen und für welche Gemeinde bzw. Gemeinden das erfolgen soll. Der User hat nun die Möglichkeit die Ausgangsdaten manuell zu inspizieren und gegebenenfalls die historischen Daten anzupassen. Nach der Voranalyse wählt der Benutzer die zu verwendenden Prognosemethoden aus. Hier ist eine Unterstützung durch das System angedacht. Die verschiedenen zur Auswahl stehenden Methoden können mittels einer statistischen Vorgehensweise verglichen werden, um das für die Vorhersage am besten geeignete Verfahren herauszufinden. Werden mehrere Kennzahlen geschätzt, soll die Auswahlmöglichkeit bestehen, ob eine Vorhersagemethode verwendet wird, oder ob jeder Kennzahl eine bestimmte Methode individuell zugeordnet wird. Die Prognoseparameter der Schätzmethoden können auf einer eigenen Seite manuell

definiert werden. Danach wird die Berechnung mittels der gewählten Methoden durchgeführt. Die Ergebnisse sollen in einer entsprechenden Form als Diagramme, die exportiert werden können, präsentiert werden. Außerdem soll eine Qualitätsanalyse der Ergebnisse durch das System angeboten werden. Der Anwender soll die Wahl haben nach welchem Qualitätskriterium die Bewertung der prognostizierten Werte erfolgen soll.

## **4.2 VERWENDETE KONZEPTE UND TECHNOLOGIEN**

Ein Anliegen bei der Umsetzung des Tools zur Prognose von Haushaltskennzeichen war, standardisierte Technologien zu verwenden und weitestgehend auf proprietäre Softwareprodukte zu verzichten und stattdessen Open-Source-Lösungen den Vorzug zu geben. Der Vorteil von Open-Source-Software ist, dass die Nutzung an nur wenige Bedingungen geknüpft ist, dass keine Lizenzgebühren anfallen und dass die Weiterentwicklung nicht von einer bestimmten Herstellerfirma abhängig ist, da bei fehlenden Funktionalitäten oder bei fehlerhaften Implementierungen sogar eigenhändige Veränderungen am Code erlaubt sind.

Entworfen wurde das Tool als Webanwendung. Der Vorteil an diesem Ansatz ist im Gegensatz zu einer Client-Server- oder einer Standalonelösung der einfachere Zugang für den Anwender. Das Tool kann jederzeit mit wenig Aufwand und plattformunabhängig genutzt werden, da auf dem Rechner des Benutzers, abgesehen von einem Standardwebbrowser und einem Internetzugang, nichts installiert werden muss, und somit kein Softwareverteilungskonzept notwendig ist. Sonst müsste sichergestellt werden, dass der Benutzer immer die aktuelle oder zumindest eine zur aktuellen, kompatible Softwareversion verwendet. Außerdem wurde die zentrale Architektur über den Webserver und somit implizit auch eine zentrale Datenhaltung gewählt, damit keine Daten synchronisiert werden müssen und es zu keinen inkonsistenten Datensätzen durch eine Offlinebenutzung kommen kann.

Ein in der Webentwicklung häufig verwendetes Architektur- und Designmuster ist das Model-View-Controller-Konzept (MVC). Die Anwendung wird dabei logisch in drei voneinander unabhängige Schichten getrennt, die durch definierte Schnittstellen miteinander verbunden sind. In der Viewschicht ist das Graphical User Interface (GUI) und somit die gesamte Kommunikation zwischen Benutzer und Anwendung, die sich aus

manuellen Eingaben des Users und aus Grafiken oder Textausgaben der Applikation zusammensetzt, gekapselt. In der Modellschicht sind sämtliche Funktionalitäten, die mit der Anbindung an eine physische Datenbank in Verbindung stehen, zusammengefasst. Sie kümmert sich um die zu speichernden Daten, stellt Verbindungen zum Backend her und überwacht den korrekten Ablauf von Transaktionen mit der Datenbank. Das Herzstück einer nach dem MVC-Konzept entwickelten Applikation, bildet die Controller-schicht. Sie steuert den Programmablauf, beinhaltet die gesamte Geschäftslogik, die sich aus den Anforderungen an die Software ergibt, verbindet das Schichtenmodell und steuert die Kommunikation und den Datenaustausch zwischen den Schichten. Der Vorteil von diesem Ansatz ist, dass die einzelnen Komponenten unabhängig voneinander gegen eine definierte Schnittstelle entwickelt werden können und somit austauschbar sind, ohne dass die anderen Bereiche verändert werden müssen.

#### **4.2.1 Benutzeroberfläche**

Eine sehr mächtige Technologie zur Entwicklung von Benutzeroberflächen für Webanwendungen ist das Java Server Faces (JSF) Framework. Es werden dem Entwickler einerseits standardisierte serverseitige GUI-Komponenten zur Verfügung gestellt, andererseits können eigene wiederverwendbare, erweiterbare Komponenten für auf Java basierende Webanwendungen entwickelt werden. Die zwei am meisten verwendeten Referenzimplementierungen sind die Apache MyFaces Bibliothek und die JSF Implementierung von Sun Microsystems. Über Java Namespaces ist es möglich mehrere Bibliotheken in eine Webseite einzubinden und die darin enthaltenen Komponenten für die Entwicklung zu nutzen. Dargestellt werden die JSF-Komponenten mittels Java Server Pages (JSP) oder wie später gezeigt wird mittels XHTML. Über eine XML-Datei wird die Seitennavigation definiert und die Verbindung der Seitenelemente zur Geschäftslogik und den in der Datenbank gespeicherten, persistenten Daten hergestellt.

Eine Erweiterung zu den Java Server Faces stellen Facelets dar. Die Webseiten werden nicht als JSP sondern als normale HTML-Dateien im XHTML-Format erstellt. Das hat den Vorteil, dass Standard HTML-Tags verwendet werden können. Außerdem handelt es sich um gültige XML-Dateien, die auf ihre Wohlgeformtheit validiert werden können. Daher kann der Entwickler beim Erstellen der Seiten auf unterstützende Entwick-

lungswerkzeuge wie zum Beispiel herkömmliche HTML-Editoren zurückgreifen. Die Verbindung zwischen den HTML-Elementen und den JSF Komponenten wird mittels eines Attributs in den HTML Tags hergestellt. Beim Kompilieren der Webpages kommt es zum „Component-Aliasing“. Das heißt, es werden die HTML Elemente durch die entsprechenden JSF Elemente der verlinkten Bibliothek ersetzt. Zusätzlich ermöglicht dieses Konzept die Verwendung von Templates. Eine Webseite besteht meistens aus einigen grundlegenden Teilen, die sich im Anwendungsablauf nicht oder nur kaum verändern, wie zum Beispiel eine Kopf-, eine Fußzeile oder ein Navigationsmenü. Außerdem sind die Positionen der Elemente der Webseiten meistens fixiert. Facelets ermöglicht es eine Vorlage mit editierbaren Bereichen zu erstellen, die im Bedarfsfall befüllt oder verändert werden können ohne, dass die gesamte Seite neu entworfen werden muss.

Eine spannende Technologie zur Realisierung von dynamischen Webinhalten ist AJAX (engl.: Asynchronous JavaScript and XML). Es kann eine asynchrone Kommunikation mit dem Webserver realisiert werden. Einer der Vorteile dieses Konzeptes besteht darin, dass bei einer Änderung der darzustellenden Inhalte nicht die gesamte Webseite neu geladen werden muss, sondern nur die Teile, die verändert wurden. Das führt dazu, dass die Seite viel schneller auf Eingaben des Benutzers reagiert. Außerdem kann der Anwender wegen der asynchronen Realisierung des Datenaustausches weiterarbeiten und muss nicht warten bis das Neuladen der Seite im Browser abgeschlossen ist. Leider besitzt diese Technologie auch einige Nachteile. AJAX setzt voraus, dass auf Seiten des Clients JavaScript aktiviert ist. Zusätzlich kann durch das Nachladen von Seitenelementen, vor allem wenn viele User gleichzeitig die Applikation verwenden, die Belastung auf einen Webserver recht groß werden, weil die zur Zeit erhältlichen Webserver keine asynchrone Kommunikation zum Client unterstützen und somit der Client ständig nachfragen muss, ob die Inhalte verändert wurden. Es gibt bereits mehrere JSF-Bibliotheken mit AJAX Funktionalität wie zum Beispiel das von Exadel entwickelte JBoss RichFaces Paket, die MyFaces Trinidad Implementierung von Apache oder ICEFaces von ICEsoft Technologies Inc.

### 4.2.2 Logik

Die JavaBeans Technologie ermöglicht es dem Entwickler voneinander unabhängige, wiederverwendbare, ineinander geschlossene Softwarekomponenten zu entwerfen. Der Unterschied zu einem Softwarepaket besteht darin, dass Beans über definierte Schnittstellen und mittels Ereignissen miteinander kommunizieren können. JavaBeans sind einfache Java Klassen, die jedoch einigen Konventionen folgen. Sie haben zum Beispiel öffentliche Zugriffsmethoden für die Attribute der Klassen, einen standardisierten Konstruktor und sind serialisierbar. Unter Serialisierung versteht man die Abbildung des momentanen Zustands eines Objekts auf eine sequenzielle Darstellungsform, wie zum Beispiel eine Folge von Bytes oder eine XML-Darstellung, was beispielsweise die Speicherung in einer Datei ermöglicht. Leider sind einige Java Objekte nicht serialisierbar, daher ist der Einsatz der Serialisierung als Persistenzframework nur eingeschränkt möglich. In der Controllerschicht einer Webapplikation übernehmen JavaBeans die Aufgabe, dass sie die Daten, die zwischen Präsentations- und Modellschicht ausgetauscht werden müssen, verwalten. Außerdem kann einfache Applikationslogik nach bestimmten Aktionen, wie zum Beispiel Validierungen, umgesetzt werden.

### 4.2.3 Datenmodell

Bei der Verwendung einer Webanwendung entstehen Daten, die über die Laufzeit hinaus erhalten bleiben sollen. Der Einsatz einer Datenbank ist eine Möglichkeit diese Persistenz zu gewährleisten. Es gibt zwar bereits objektorientierte Datenbanken am Markt, aber es werden nach wie vor hauptsächlich relationale Produkte verwendet, weil diese etabliert und durch die längere Entwicklung technisch besser ausgereift sind. Bei der Verwendung einer relationalen Datenbank als Backend einer Webanwendung, die in einem objektorientierten, komponentenbasierten Programmierframework erstellt wurde, entsteht eine Schnittstelle zwischen zwei grundlegend verschiedenen Konzepten. Relationale Datenbanken speichern die Daten in zweidimensionalen Tabellen, während hingegen komplexere Objekte verschachtelt sein können. Außerdem ist das Konzept der Vererbung im Relationenmodell nicht bekannt.

Ein Lösungsansatz für dieses Problem stellt die Technik der objektrelationalen Abbildung (engl.: object-relational mapping oder ORM) dar. Es wird die komplexe Datenstruktur der Objekte aufgelöst und in eine relationale Tabellenform gebracht. Um diesen enormen zusätzlichen Programmieraufwand bei der Erstellung einer Web- oder Businessanwendung zu vermeiden, werden Persistenztools, wie zum Beispiel Hibernate, eingesetzt, die die Synchronisation zwischen den im Speicher befindlichen Objekten und den persistenten Daten in der relationalen Datenbank übernehmen. Ein zweiter Ansatz ist die Verwendung von Enterprise JavaBeans (EJB3.0) und des Java Persistence API.

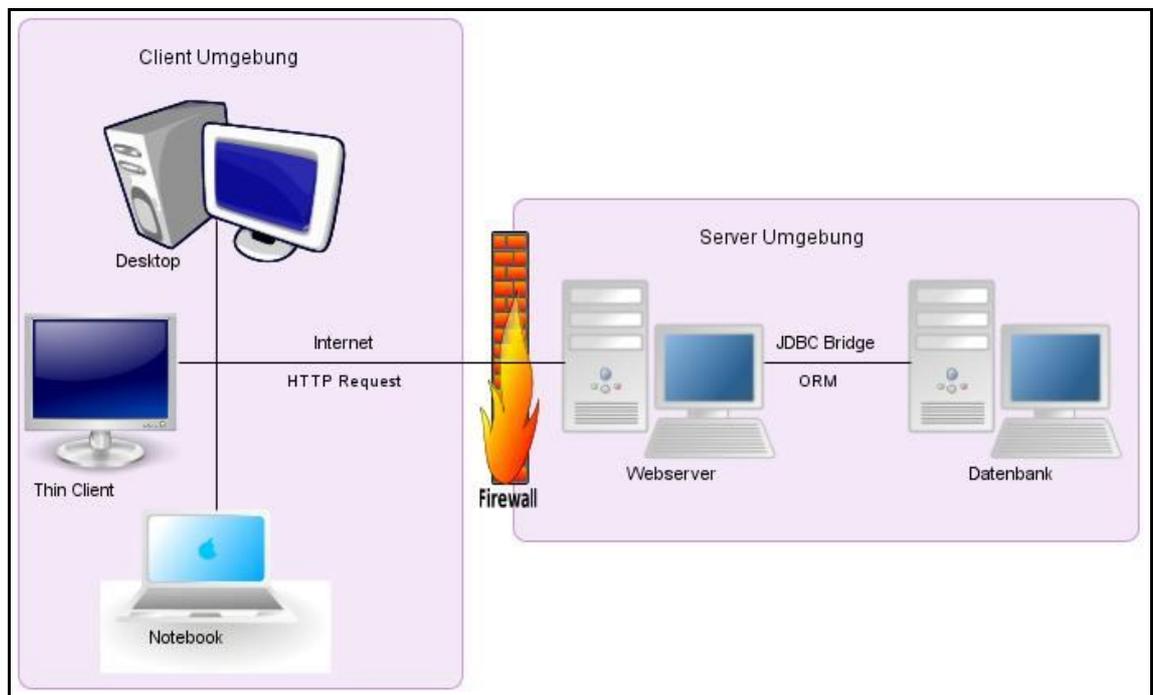
## **4.3 ARCHITEKTUR DER WEBAPPLIKATION**

### **4.3.1 Hard- und Softwareinfrastruktur für den Betrieb**

Die Webanwendung wurde so entworfen, dass möglichst wenige Anforderungen an die Infrastruktur entstehen. Beispielsweise kann die Abbildung 4 dargestellte, recht einfache Hardwareumgebung verwendet werden, um den Betrieb sicherzustellen.

Auf Seiten des Clients sind nur ein handelsüblicher Rechner, ein Webbrowser und ein Internetzugang notwendig, unabhängig davon, welche Hardware und welches Betriebssystem eingesetzt werden. Die Server Umgebung benötigt einen Web- bzw. Applikationsserver und eine Datenbankanbindung. Diese beiden Elemente können, je nachdem wie viele Benutzer das System gleichzeitig verwenden, auf einem physischen Rechner bereitgestellt oder auf mehrere verteilt werden.

**Abbildung 4: Hardwarearchitektur für die Webapplikation**

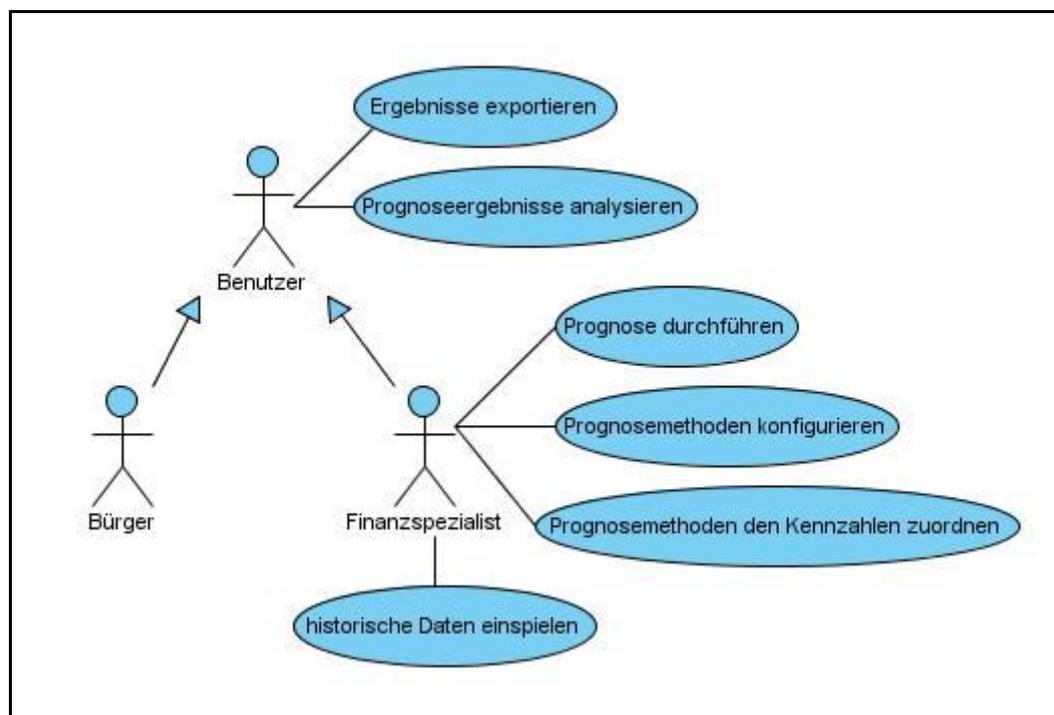


Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

### 4.3.2 Identifizierung der Benutzer und der Anwendungsfälle

Die Webanwendung zur Prognose von kommunalen Haushaltskennzahlen kann, wie in Abbildung 5 dargestellt, von verschiedenen Benutzergruppen verwendet werden. Es wird einerseits zwischen dem Bürger einer Gemeinde und einem Finanzspezialisten unterschieden. Der Gemeindegänger kann, sofern er einen gültigen Zugang zum System hat, die historische und prognostizierte Entwicklung des Haushalts online betrachten oder die Ergebnisse exportieren. Der Finanzspezialist ist zusätzlich dazu berechtigt Prognosen zu berechnen, die Methoden zu konfigurieren und den Kennzahlen zuzuordnen sowie noch nicht im System vorhandene, historische Werte der Haushaltsdaten einzuspielen.

Abbildung 5: Anwendungsfälle der Benutzer

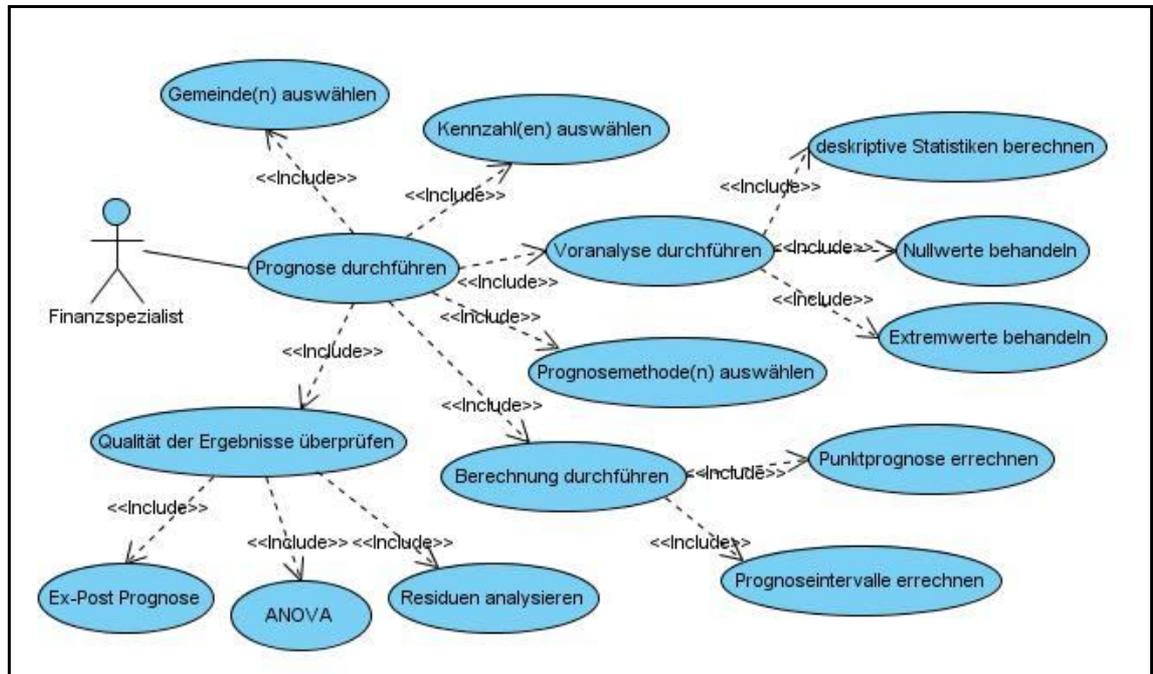


Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Um die Unterscheidung zwischen den Rollen Bürger und Finanzspezialist vornehmen zu können, ist die Authentifizierung des Benutzers notwendig. Über bestimmte Berechtigungen soll gesteuert werden können, wie viele Informationen der Benutzer einsehen und welche er bearbeiten darf. Beispielsweise kann ein Finanzspezialist auf Gemeindeebene nur auf die Haushaltskennzahlen seines Zuständigkeitsbereiches zugreifen, auf Landesebene können Auswertungen für das gesamte Bundesland gemacht werden und auf Bundesebene alle Gemeinden miteinander verglichen werden.

Die umfangreichste Aktion, die mittels der Webanwendung durchgeführt werden kann, ist die Vorhersage von Haushaltskennzahlen einer Gemeinde. Abbildung 6 zeigt die zahlreichen Schritte, die notwendig sind, um aus den ermittelten Haushaltsdaten der Vergangenheit eine aussagekräftige Schätzung für die zukünftige Entwicklung zu erhalten.

Abbildung 6: Anwendungsfall Prognose durchführen



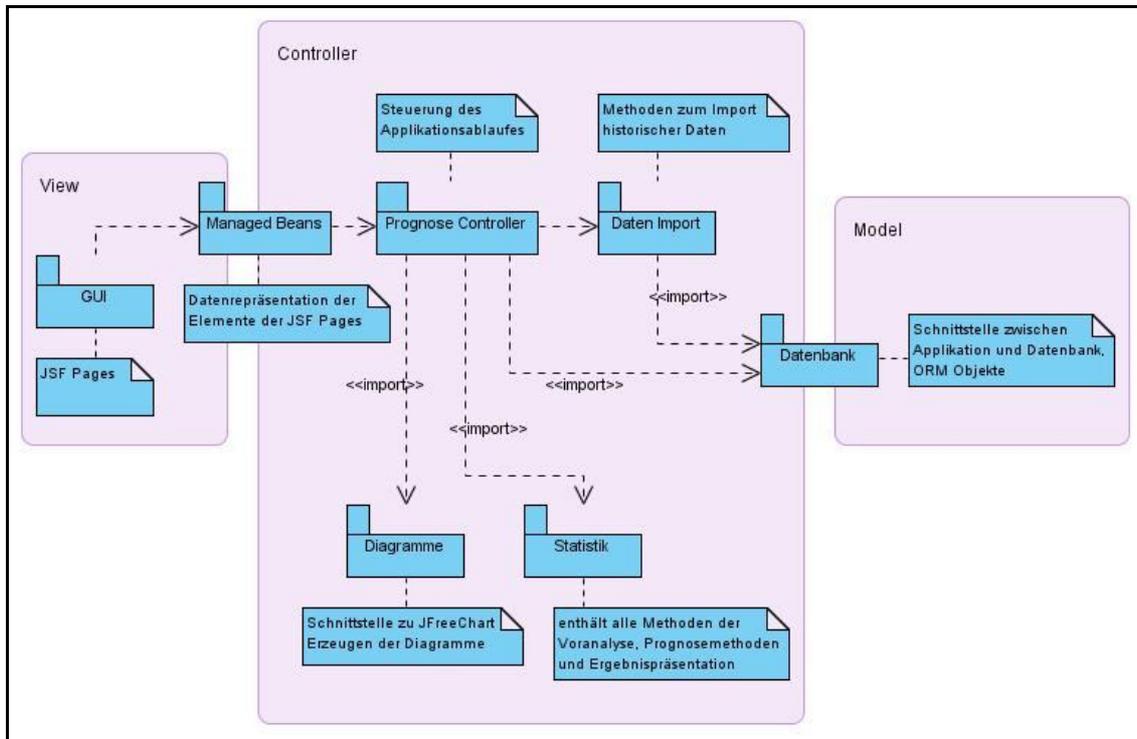
Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Nachdem gewählt wurde, was vorhergesagt werden soll (Gemeinde auswählen, Kennzahl auswählen), welche Methodik verwendet werden soll (Prognosemethode auswählen) und die Daten für die Vorhersage vorbereitet wurden (Voranalyse durchführen), kann die eigentliche Berechnung durchgeführt werden. Schließlich muss noch überprüft werden, ob die Qualität der Ergebnisse zufrieden stellend ist oder ob die Prognose mit anderen Parametern oder einer eventuell besser geeigneten Methode neu durchgeführt werden muss.

### 4.3.3 Funktionale Gliederung der Webapplikation

Wie bereits in Kapitel 4.2 erwähnt, soll die Webanwendung auf das Designmuster MVC aufbauen. Eine Trennung in diese drei Schichten hat den Vorteil, dass diese unabhängig voneinander gegen eine definierte Schnittstelle entwickelt werden können. Unter Berücksichtigung dieses Konzepts und ausgehend von den im vorigen Kapitel ermittelten Benutzeraktionen, können die für die Applikation notwendigen Module identifiziert werden. In Abbildung 7 sind diese übersichtsartig dargestellt.

Abbildung 7: Modularer Aufbau der Applikation



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Die View-Schicht der Software wird vom Modul „GUI“ implementiert. Die Besonderheit an diesem Paket ist, dass es keine Javaklassen enthält, sondern die Elemente, die zur Darstellung der Benutzeroberfläche verwendet werden, wie die JSF Seiten, Stylesheet-Dateien und diverse Grafikdateien und Logos.

Die Verbindung zwischen der Benutzeroberfläche und der Controller-Schicht der Webanwendung erfolgt durch das Paket „Managed Beans“. In einem XML-Konfigurationsfile werden die Verknüpfungen zwischen den einzelnen Seiten und den dazugehörigen Beanklassen sowie die Gültigkeitsdauer der Instanzen der Beanobjekte, die beim Aufruf der Seite zur Laufzeit vom Webcontainer erzeugt werden, definiert. Die Lebenszeit eines Objekts kann von der Dauer eines Requests über die Dauer einer Benutzersession bis zum Beenden der gesamten Applikation am Server variieren. Die einzelnen Variablen einer Beanklasse werden mittels einer eigenen JSF Expression Language in den Komponenten der JSF Seiten angesprochen.

Das Herzstück der Applikation ist das Modul „Prognose Controller“, das die Programmsteuerung implementiert. Wenn vom Benutzer über das GUI eine Aktion ausge-

löst worden ist, wird dieses Ereignis an den „Prognose Controller“ weitergeleitet. Die Aufgabe dieses Teils der Software ist es die für die Ausführung der Anfrage notwendigen Module zu identifizieren, in der korrekten Reihenfolge und mit den richtigen Parametern aufzurufen, eine entsprechende Antwort zu generieren und im Fehlerfall dem Benutzer mitzuteilen, dass die von ihm angeforderte Funktionalität derzeit nicht zur Verfügung gestellt werden kann.

Das umfangreichste Paket der Anwendung ist das Modul „Statistik“. Es ist hierarchisch gegliedert in ein Basispaket, das Methoden für die Berechnung von allgemeinen deskriptiven Statistiken beinhaltet, wie zum Beispiel dem Mittelwert, der Standardabweichung, der Kovarianz und von relativen und absoluten Fehlern. Weiters enthält es noch drei Unterpakete, eines, in dem die in Kapitel 3.2 beschriebenen, statistischen Prognosemethoden implementiert sind, ein zweites, in dem die voranalysespezifischen Methoden umgesetzt sind, siehe dazu Kapitel 3.3, und ein drittes für die Ergebnispräsentation, das beispielsweise die Berechnungslogik für die Prognoseintervalle und die ANOVA Berechnung beinhaltet. Außerdem kann ein Vergleich der verschiedenen Prognosemethoden durchgeführt werden, damit die für die Vorhersagesituation Optimale ausgewählt werden kann.

Numerische Daten lassen sich meistens intuitiver interpretieren, wenn man sie grafisch darstellt. Das Paket „Diagramme“ verwendet die Klassenbibliotheken des Freewaretools JFreeChart, das bereits die Implementierungen verschiedener Diagrammtypen enthält. Außerdem können Achsenbeschriftungen und Legenden verwendet werden. Das Modul stellt dem Benutzer eine Schnittstelle zur Verfügung, dass er in der Voranalysephase die Möglichkeit hat, Zeitreihendaten in eine Grafik umzuwandeln, und somit eine visuelle Inspektion vornehmen kann. Außerdem sollen die Prognoseergebnisse inklusive der eventuell berechneten Prognoseintervalle als Grafik für die Ergebnispräsentation zur Verfügung stehen.

Im Modul „Datenbank“ sind alle Funktionalitäten, die im Zusammenhang mit der Benutzung der Datenbank stehen, gekapselt. Es bildet die Modell-Schicht der Webanwendung und beinhaltet weiters die Java Objekte, die über eine objektrelationale Abbildung die Schnittstelle zur relationalen Datenbank bilden. Es werden bei Bedarf Verbindungen hergestellt oder geschlossen und Transaktionen abgewickelt, die im Fehlerfall rückgängig gemacht werden, damit es zu keinen inkonsistenten Daten im Backend kommt.

Das Softwaremodul „Daten import“ gibt dem Benutzer die Möglichkeit neu ermittelte, historische Beobachtungen als Grundlage für die Prognose in die Datenbank zu importieren. Nachdem solche Daten in der Regel in Tabellenform vorliegen und es die meisten Tabellenkalkulationsprogramme erlauben die Werte in einer durch Kommas getrennten Textdatei zu speichern, kann so eine relativ einfache Importschnittstelle entworfen werden. Außerdem soll der Benutzer einen Report generieren können, der das Ergebnis einer erfolgreich durchgeführten Berechnung enthält. Dieser kann dann entweder über eine Exportschnittstelle in einer externen Datei gespeichert oder über einen Drucker zu Papier gebracht werden.

#### **4.3.4 Benutzeroberfläche und Programmablauf**

Über die Benutzeroberfläche erfolgt der Austausch von Informationen zwischen der Anwendung und dem User. Nachdem eine Benutzerzielgruppe der Gemeindebürger ist, sollen sich die Seiten durch einen einheitlichen, selbsterklärenden Aufbau und eine logische Navigation auszeichnen, damit keine Einstiegsbarrieren für den Gebrauch bestehen. Die vom Anwender gewünschten Aktionen können in einer beliebigen Reihenfolge ausgeführt werden. Dazu gibt es auf der linken Seite einerseits eine detaillierte Navigationsleiste, die ausgewählte Verknüpfungen zu den Grundfunktionen enthält, und eine Kopfzeile, die Links zu themenverwandten externen Internetseiten verwaltet. Weiters bestehen die Seiten aus einem Logo und einer Fußzeile. Die dynamischen Inhalte, die von der Applikation erzeugt werden, werden im Inhaltsteil, dem größten Bereich der Seite, dargestellt.

Ausgehend von den in Kapitel 4.3.2 ermittelten Anwendungsfällen und den in Kapitel 4.3.3 beschriebenen Modulen und Funktionalitäten lassen sich die JSF Seiten identifizieren, die für den Programmablauf benötigt werden. In Abbildung 8 sind diese inklusive der Seitennavigation schematisch dargestellt.



Es erscheint sinnvoll den Selektionsprozess in zwei Phasen abzuwickeln. Die Auswahl der zu berechnenden Gebietskörperschaften und Kennzahlen muss sofort erfolgen, damit die Zeitreihen eindeutig identifiziert werden können, die in der Voranalyse untersucht werden sollen. Die Prognosemethoden werden in einem zweiten Schritt nach der Bereinigung der Daten zugeordnet.

Durch die Betätigung eines Links auf der Navigationsleiste entscheidet der Anwender zuerst, welche Art der Berechnung (Einzel- oder Vergleichsberechnung) er durchführen will. Je nachdem welche Option gewählt wurde, soll eine eigene *Auswahlseite* erscheinen. Die Selektion könnte zwar auf einer Page erfolgen, aus Gründen der Benutzerfreundlichkeit wird jedoch eine Trennung vorgenommen. Werden alle Gemeinden des Bundes oder auch nur eines Bundeslandes im System verwaltet, muss eine geeignete Darstellungsform für die Auswahl gefunden werden. Eine lange Liste mit allen Gemeinden wird schnell unübersichtlich und es wird schwer die Gemeinde zu finden, die berechnet werden soll. Für die Vergleichsberechnung bei der mehrere Gebietskörperschaften gewählt werden, bietet sich daher eine Baumstruktur an. Die Unterteilung soll sich an der politischen Aufteilung in Bundesländer, Bezirke und Gemeinden orientieren. Will der Benutzer eine bestimmte Gemeinde wählen, muss er zuerst das Bundesland und anschließend den Bezirk aufklappen, damit er die Liste mit den Gemeinden des Bezirkes angezeigt bekommt. Vor jeder Organisationseinheit soll eine Checkbox sein, damit jede Gebietskörperschaft einzeln auswählbar ist. Weil bei der Einzelberechnung nur eine Gebietskörperschaft gewählt wird, kann die Anzeige der Auswahl vereinfacht werden. Die Selektion soll mittels drei Drop-Down-Boxen erfolgen. Die Bezirks- und die Gemeindelisten werden dynamisch geladen, wenn eine Auswahl in der übergeordneten Hierarchieebene getroffen worden ist.

Für die Wahl der zu berechnenden Kennzahlen wird eine zweiseitige Auswahlliste verwendet. Auf der linken Seite befinden sich die nicht gewählten Kennzahlen. Durch einen Doppelklick mit der Maus oder durch Markieren und Betätigen eines Buttons können die zu berechnenden Zeitreihen in die rechte Spalte geschoben werden. Der Vorteil an dieser Anzeigart ist, dass der Anwender auf diese Weise die Ausgabereihenfolge der Voranalyse- und Berechnungsergebnisse steuern kann. Auf eine Eingliederung der Kennzahlenwahl in den Baum der Vergleichsberechnung als vierte Ebene wurde bewusst verzichtet, weil es semantisch nicht sinnvoll ist, unterschiedliche Budgetposten

zweier Gemeinden zu vergleichen. Außerdem hätte dadurch die Übersichtlichkeit enorm gelitten, weil für jede Gemeinde nochmals eine aufklappbare Liste mit 25 Elementen dazugekommen wäre.

Nachdem die gewünschten Einstellungen vorgenommen worden sind, wird mittels eines Buttons auf die *Voranalyseseite* verzweigt. Die Zeitreihendaten der gewählten Gemeinden und Kennzahlen werden aus der Datenbank ausgelesen und in Tabellenform dargestellt. Als Zusatzinformationen werden vom System einige Auswertungen, die für jede Zeile explizit berechnet werden, bereitgestellt, damit der Benutzer einen ersten Einblick über die bisherige Entwicklung der Gemeinde erhält. Das sind zum einen deskriptive Statistiken wie der Median, der Mittelwert und die Standardabweichung und bivariate Statistiken wie die Kovarianz und die Korrelation. Außerdem wird durch zwei nicht editierbare Checkboxen angezeigt, ob die Zeitreihe Extremwerte oder unerwünschte Nullwerte enthält. Die Definition, ob für eine Kennzahl Nullwerte erlaubt sein sollen, erfolgt über ein eigenes Attribut in der Datenbank. Diese Funktionalität kann als Sicherungsmechanismus für die Qualität der Ausgangsdaten gesehen werden. Ist die Checkbox gesetzt, sollte auf jeden Fall eine genauere Betrachtung der historischen Beobachtungen oder eine statistische Behandlung durch die Webanwendung erfolgen. Ein Wert wird als Extremwert gekennzeichnet, wenn er sich außerhalb des Intervalls von zweimal der Standardabweichung um den Mittelwert befindet.

Die in der Tabelle angezeigten Informationen sind vom Anwender nicht editierbar. Am Ende jeder Zeile befindet sich aber ein Bearbeitungssymbol, das bei Betätigung unterhalb der Kennzahlenübersicht für die gewählte Zeile eine grafische Darstellung der Zeitreihe inklusive des Mittelwertes und der Grenzen für einen Extremwert und eine Aufzählung der von der Software angebotenen Bearbeitungsmöglichkeiten erzeugt. In der Voranalyse sind das Funktionen, die Null- und Extremwerte behandeln oder ein unerwünschtes in den Daten vorhandenes Muster erkennen und durch Glättungsmethoden abschwächen, damit die statistischen Prognosemethoden bessere Ergebnisse liefern. Wird eine dieser Aktionen vom Benutzer mittels Button ausgelöst, werden die angezeigten Werte in der bearbeiteten Zeile sowie die Grafik aktualisiert und neu dargestellt. Es können für jede Zeile beliebig viele Bearbeitungsschritte durchgeführt werden. Ist der User mit den zur Berechnung der Prognosen verwendeten Daten zufrieden, kann

über einen Button, der sich am unteren Ende der Seite befindet, der nächste Schritt im Prognoseprozess, die Auswahl der statistischen Prognosemethoden, erfolgen.

Diese Phase kann entweder automatisch vom System durchgeführt werden oder es kann eine manuelle Zuteilung durch den Benutzer vorgenommen werden. Wird die automatische Variante gewählt, ermittelt ein Softwaremodul unter Verwendung einer Ex-Post Prognose für jede Kombination aus Gemeinde und Kennzahl die am besten geeignete Methode. Die endgültige Zuordnung wird zur Information des Benutzers auf einer eigenen Seite dargestellt.

Die manuelle Wahl erfolgt auf der *Methodenwahlseite*. Eine möglichst individuelle aber doch benutzerfreundliche Selektion wird durch eine Zweiteilung dieser gewährleistet. Im oberen Bereich können die für alle Kennzahlen und im unteren die für ein bestimmtes Paar aus Gemeinde und Kennzahl zu verwendenden Berechnungsverfahren definiert werden. Die vom System angebotenen Prognosemethoden werden in einer Zeile mit Checkboxen dargestellt. Wenn der User für alle ausgewählten Gemeinden dieselbe Methode rechnen will, reichen wenige Klicks in der oberen Leiste. Soll ein spezielles Verfahren für die Vorhersage verwendet werden, kann dieses unten in der entsprechenden Zeile ergänzt werden. Die Auswahl für alle Methoden ist aber verbindlich und übersteuert eine fehlende Auswahl im unteren Bereich.

Ein Button startet die Berechnung der Schätz- und Prognosewerte. Dieser Schritt erfolgt systemintern. Die Liste der Kombinationen aus Gemeinde, Kennzahl und Verfahren wird abgearbeitet und die Ergebnisse werden auf der *Ergebnisseite* ausgegeben.

Wegen der Ähnlichkeit der anzuzeigenden Informationen ist diese im Aussehen stark an die Voranalyseseite angelehnt. In einer Tabelle werden die berechneten Schätzungen für die Zeitpunkte der historischen Beobachtungen und die Prognosewerte für den definierten Prognosehorizont angezeigt. Je nach Vorhersagemethode kann es vorkommen, dass am Beginn der Zeitreihe Werte fehlen, weil diese zur Initialisierung verwendet worden sind. Daher sind die Zeitreihen nicht gleich lang. Die statistischen Auswertungen, sprich die deskriptiven und bivariaten Statistiken, werden für die Schätzungen inklusive der Prognosen errechnet. Über einen Button am Ende jeder Zeile kann sich der Benutzer die ermittelten Punktprognosen und die dazugehörigen Prognoseintervalle in grafischer Form anzeigen lassen. Die Schätzungen und die Prognosen werden farblich unterschiedlich dargestellt, damit eine Unterscheidung auf den ersten Blick erfolgen kann.

Statt den Bearbeitungsmethoden der Voranalyseseite gibt es einen Bereich, der für die Qualitätskontrolle der Vorhersageergebnisse reserviert ist. Es werden die verschiedenen Fehlermaße aus Kapitel 3.4.1.1 und das Kriterium Theil's U-Statistik angeboten, damit der Benutzer analysieren kann, ob Prognosen aussagekräftig sind oder ob sie mit anderen Parametern oder besser geeigneten Methoden wiederholt werden müssen. Außerdem können noch weitere Qualitätskriterien angezeigt werden, wie eine ANOVA Berechnung in Tabellenform, eine Residualanalyse oder die Ergebnisse einer Ex-Post Prognose.

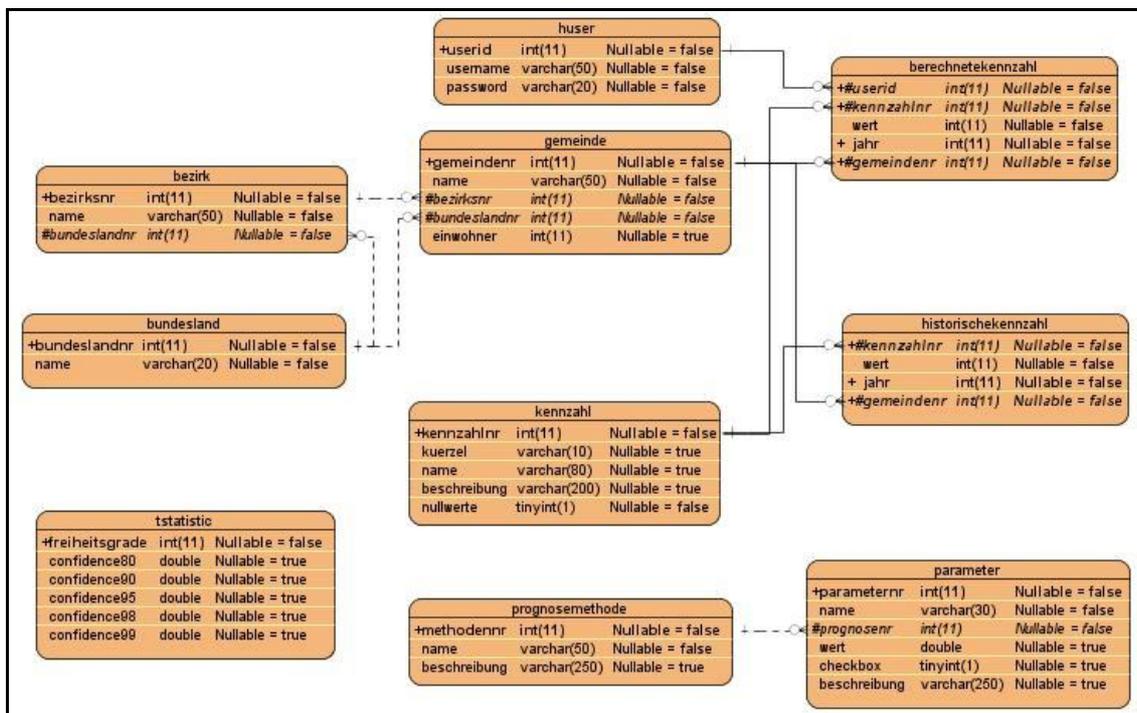
Neben den Berechnungsseiten soll es noch eine Reihe von Hilfsseiten geben, die dazu dienen das System zu konfigurieren und zu verwalten. Auf der *Parameterkonfigurationsseite* werden die allgemeinen und die prognosemethodenspezifischen Parameter nach Methoden sortiert dargestellt. Das ist deshalb wichtig, weil es einige Parameter gibt, die in mehreren Methoden vorkommen, und somit der Benutzer einen besseren Überblick behält, welche Einstellung er gerade vornimmt.

Zuletzt seien noch eine Seite zum Import von neuen Beobachtungen in die Datenbank und eine Seite, die die Tabelle der Ergebnisseite so vorbereitet, dass sie in ein externes Tabellenkalkulationsprogramm exportiert oder ausgedruckt werden kann, erwähnt. Außerdem kann ein Report, der die Grafik und die Auswertung einer Berechnung enthält, erstellt und in ein externes Textverarbeitungsprogramm exportiert werden.

### **4.3.5 Datenmodell**

Die Prognosesoftware für kommunale Haushaltskennzahlen benötigt für die Berechnungen, die zur Laufzeit durchgeführt werden, diverse Informationen, wie die Ausgangsdaten oder die Parameter der Methoden, die dauerhaft zur Verfügung stehen müssen. Außerdem kann der Benutzer Berechnungen, die er durchgeführt hat, speichern. Abbildung 9 zeigt die für den Betrieb der Applikation benötigten Informationen und deren bestehende Abhängigkeiten in relationaler Darstellung.

Abbildung 9: Relationales Datenmodell



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Die Struktur der in Kapitel 4.3.2 ermittelten Benutzeraktionen findet sich auch nach der Abbildung der Daten in die relationale Form wieder. Die Tabellen des Datenmodells können semantisch in drei Bereiche zusammengefasst werden. Die miteinander verknüpfte Gruppe „gemeinde“, „bezirk“ und „bundesland“ zeigt, wie die Kommunen regional verteilt sind und die Einwohnerzahl der Gemeinden. Diese Informationen werden benötigt, wenn eine aggregierte Auswertung nach bestimmten Kriterien, wie zum Beispiel nach Bezirk, nach Bundesland oder nach Gemeindegrößenklasse, erfolgen soll.

Der zweite Bereich ist die Tabelle „kennzahl“. Von dieser sind die Tabellen „historischekennzahl“ und „berechnetekennzahl“ abgeleitet. In der Tabelle „historischekennzahl“ sind die in der Vergangenheit ermittelten Werte der Beobachtungen der einzelnen Haushaltsbudgetposten gesichert. Jedes Tupel beinhaltet den Wert einer bestimmten Kennzahl einer bestimmten Gemeinde eines bestimmten Jahres. Die Tabelle „berechnetekennzahl“ erlaubt es jedem User die letzte Berechnung zu speichern, die er durchgeführt hat. Diese Funktionalität ist zwar nicht unbedingt notwendig, weil die Prognoseergebnisse auch beim neuerlichen Aufruf der Webseite wieder berechnet werden könnten,

soll aber aus Performancegründen implementiert werden, weil es sich beim gleichzeitigen Prognostizieren von mehreren Kennzahlen von mehreren Gemeinden, um eine relativ ressourcenintensive Aufgabe handelt. Die Berechnungen der für die Ergebnispräsentation benötigten, deskriptiven Statistiken werden aber im Prototyp noch zur Laufzeit durchgeführt.

Abschließend sollen noch die voneinander abhängigen Tabellen „prognosemethode“ und „parameter“ betrachtet werden. In der ersten sind die im System zur Verfügung stehenden Prognosemethoden aufgelistet, in der letztgenannten die allgemeinen sowie die zur Initialisierung der statistischen Methoden benötigten Berechnungsparameter enthalten. Es können sowohl numerische Werte als auch die Ja- oder Neinbelegung einer Checkbox gespeichert werden.

Zusätzlich werden noch einige Hilfstabellen für die restlichen Benutzeraktionen aus Kapitel 4.3.2 benötigt. Die von der Webanwendung angebotenen, statistischen Berechnungsmethoden und Entscheidungshilfen für den Benutzer beruhen auf formalen, statistischen Tests. Dabei wird eine Testhypothese aufgestellt und mit einem Wert einer Verteilungstabelle verglichen. Natürlich müssen diese Daten in persistenter Form in der Datenbank verfügbar sein. Nachdem es sich um eigenständige Tabellen ohne Verknüpfung zu anderen Daten handelt, wurde in Abbildung 9 die Tabelle „tstatistic“ beispielhaft für diese Klasse von Daten ausgewählt.

Die Tabelle „huser“ enthält die Informationen zu den einzelnen Benutzern.

## **4.4 TECHNISCHE UMSETZUNG DER WEBANWENDUNG UND ERSTELLUNG EINES PROTOTYPS**

### **4.4.1 Beschreibung der Entwicklungsumgebung und Übersicht über die verwendete Open-Source-Software**

Die Applikation wurde mittels der erweiterbaren, integrierten Entwicklungsumgebung Eclipse unter Verwendung des Java EE 5 SDK erstellt. Es wurde ein CVS Server verwendet, damit Änderungen während der Entwicklung und dadurch auftauchende Fehler im Nachhinein nachvollziehbar sind. Die Webanwendung benötigt als Laufzeitumgebung einen Webserver. Es wurde der von Sun entwickelte Glassfish gewählt, wobei

aber auch ein Apache Tomcat Server als Alternative denkbar ist. Das Backend der Software bildet eine MySQL Datenbank. Einen genaueren Überblick über die Entwicklungsumgebung vermittelt die Tabelle 13.

**Tabelle 13: Übersicht über die verwendete Hard- und Software**

<b>Hardware</b>	
Apple iMac Intel Core 2 Duo 2,4 GHz	
<b>Betriebssystem</b>	
Mac OS X 10.5	
Windows XP SP3	
<b>Modellierung</b>	
Visual Paradigm for UML 6.3	<a href="http://www.visual-paradigm.com/">http://www.visual-paradigm.com/</a>
<b>Entwicklungsumgebung</b>	
Eclipse Europa Java SDK 3.3	<a href="http://www.eclipse.org/europa/">http://www.eclipse.org/europa/</a>
Eclipse Ganymede Java SDK 3.4	<a href="http://www.eclipse.org/ganymede/">http://www.eclipse.org/ganymede/</a>
Eclipse WTP (Web Tools Platform)	<a href="http://www.eclipse.org/webtools/">http://www.eclipse.org/webtools/</a>
JBossTools	<a href="http://www.jboss.org/tools/">http://www.jboss.org/tools/</a>
CVS Server	<a href="http://www.nongnu.org/cvs/">http://www.nongnu.org/cvs/</a>
Java EE 5 SDK	<a href="http://java.sun.com/javaee/">http://java.sun.com/javaee/</a>
<b>Applikationsserver</b>	
Glassfish v2ur2	<a href="https://glassfish.dev.java.net/">https://glassfish.dev.java.net/</a>
<b>Tools Frontend GUI</b>	
Apache MyFaces Core 1.1.4	<a href="http://myfaces.apache.org/">http://myfaces.apache.org/</a>
Facelets 1.1.14	<a href="https://facelets.dev.java.net/">https://facelets.dev.java.net/</a>
JBoss Richfaces 3.2.1	<a href="http://www.jboss.org/jbossrichfaces/">http://www.jboss.org/jbossrichfaces/</a>
JFreeChart 1.0.11	<a href="http://www.jfree.org/jfreechart/">http://www.jfree.org/jfreechart/</a>
ChartCreator 1.2.0	<a href="http://jsf-comp.sourceforge.net/components/chartcreator/index.html">http://jsf-comp.sourceforge.net/components/chartcreator/index.html</a>
<b>Tools Backend Datenbank</b>	
MySQL Server 5.0.45	<a href="http://dev.mysql.com/downloads/mysql/5.0.html">http://dev.mysql.com/downloads/mysql/5.0.html</a>
MySQL J-Connector 5.1.6	<a href="http://dev.mysql.com/downloads/connector/j/5.1.html">http://dev.mysql.com/downloads/connector/j/5.1.html</a>
MySQL Query Browser	<a href="http://www.mysql.de/products/tools/query-browser/">http://www.mysql.de/products/tools/query-browser/</a>
MySQL Administrator	<a href="http://www.mysql.de/products/tools/administrator/">http://www.mysql.de/products/tools/administrator/</a>
MySQL Workbench	<a href="http://www.mysql.de/products/workbench/">http://www.mysql.de/products/workbench/</a>
Hibernate 3.2.6	<a href="http://www.hibernate.org/">http://www.hibernate.org/</a>

Quelle: Eigene Darstellung, 2008, Internetseiten abgerufen am 19.10.2008.

## 4.4.2 Technische Umsetzung eines Prototyps

In diesem Abschnitt der Arbeit wird ausgehend vom im Kapitel 4.3 beschriebenen Anwendungsdesign die Implementierung des Prototyps einer Webapplikation zur Prognose kommunaler Haushaltskennzahlen skizziert. Im Folgenden soll vor allem auf die technischen Thematiken, die bei der Umsetzung aufgetreten sind, eingegangen werden.

### 4.4.2.1 Erstellung der Vorlagen für die JSF Seiten

Mittels Facelets wurde eine XHTML-Vorlage für die einzelnen JSF Seiten erstellt. Die einzelnen Bereiche (die Kopfzeile, das Logo, die Fußzeile, der Navigationsbereich und der Inhaltsteil) der in Abbildung 10 dargestellten Musterseite wurden in eigenen XHTML-Dateien definiert und zu einer Vorlage zusammengefügt. Ausgehend von dieser wurden die unterschiedlichen Seiten der Webanwendung realisiert.

**Abbildung 10:** Darstellung der einzelnen Seitenkomponenten inklusive der dynamisch erstellten Auswahlseite für eine Einzelberechnung im Inhaltsteil



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Der ui:composition-Tag ermöglicht es dem Entwickler eine Vorlage zu entwickeln, die aus mehreren Bereichen zusammengesetzt ist. Die innerhalb eines solchen Tags defi-

nierten Elemente können problemlos auf den einzelnen Seiten überschrieben werden. Es ist daher möglich Bereiche auszuwechseln, ohne die gesamte Seite neu erstellen zu müssen. Diese Funktionalität wurde für die individuelle Erstellung des Inhaltsteils genutzt.

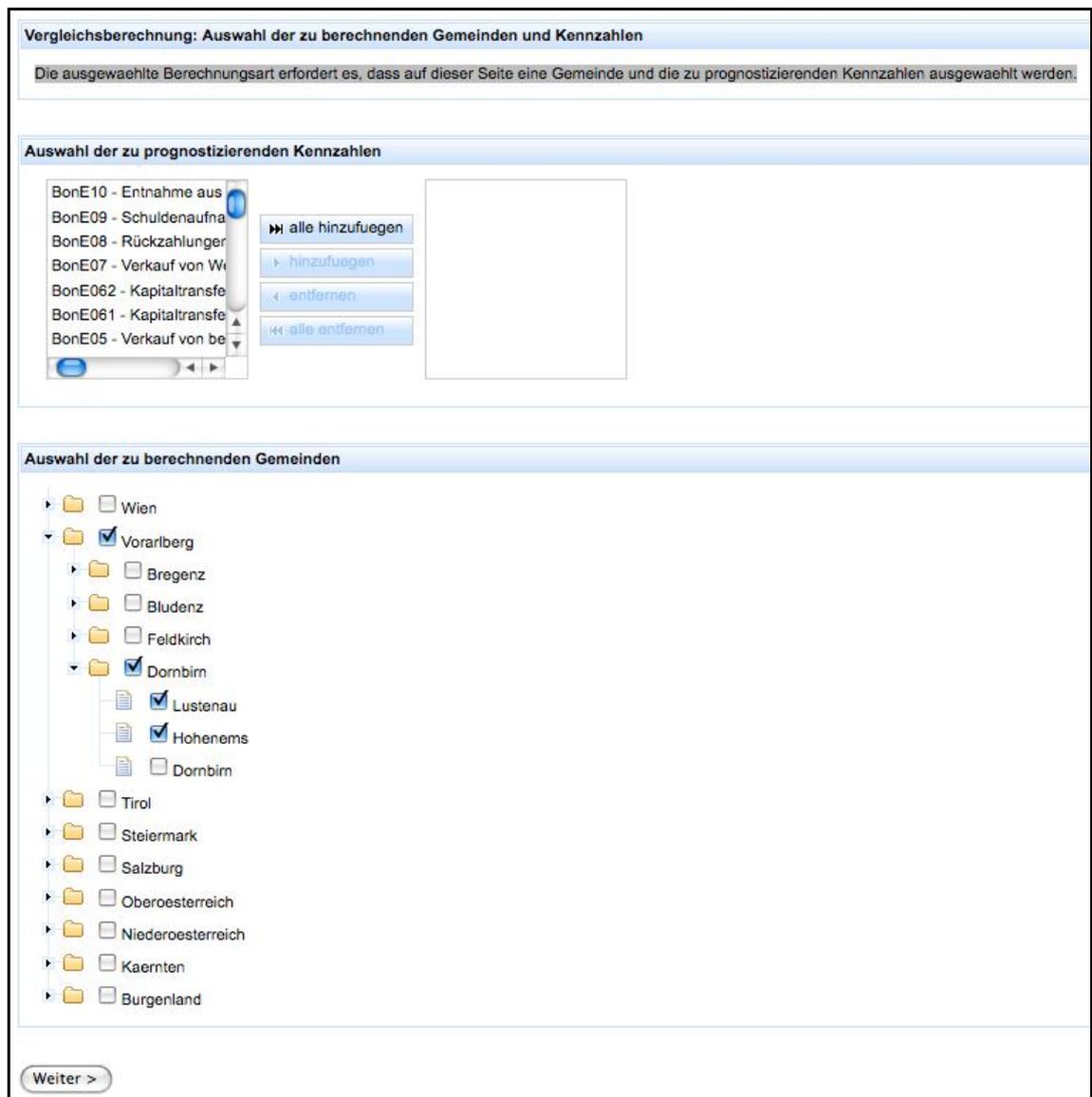
Die Positionierung der Elemente und die Definition des Aussehens der einzelnen Komponenten erfolgten mittels Cascading Style Sheets (CSS). Schriftarten, Hintergrundfarben, Rahmen, usw. können für jedes Element individuell festgelegt werden. Das hat den Vorteil, dass Layoutinformationen nicht in der Seite enthalten sind, und daher das Erscheinungsbild verändert werden kann, indem die CSS-Dateien ausgetauscht werden, ohne die einzelnen Komponenten der JSF Seiten verändern zu müssen.

Weil manche Objekte über den Request Scope zur Verfügung stehen müssen, wurde im Prototyp ein Link zum manuellen Zurücksetzen der aktuellen Berechnung eingefügt. In einer nachfolgenden Softwareversion sollte diese Funktionalität in die Verknüpfungen, die zum Starten der Berechnung dienen, eingebaut werden.

#### **4.4.2.2 Gemeinde- und Kennzahlenauswahl**

Je nachdem, welche Berechnungsmethode vom Benutzer gewählt wurde, wird entweder die Einzelberechnungsseite aus Abbildung 10 oder die Vergleichsberechnungsseite aus Abbildung 11 angezeigt. Die Gemeinde- und Kennzahlenauswahlseiten wurden mit Komponenten der Richfaces- und der JSF Standardbibliothek umgesetzt.

Abbildung 11: Auswahlseite für eine Vergleichsberechnung



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

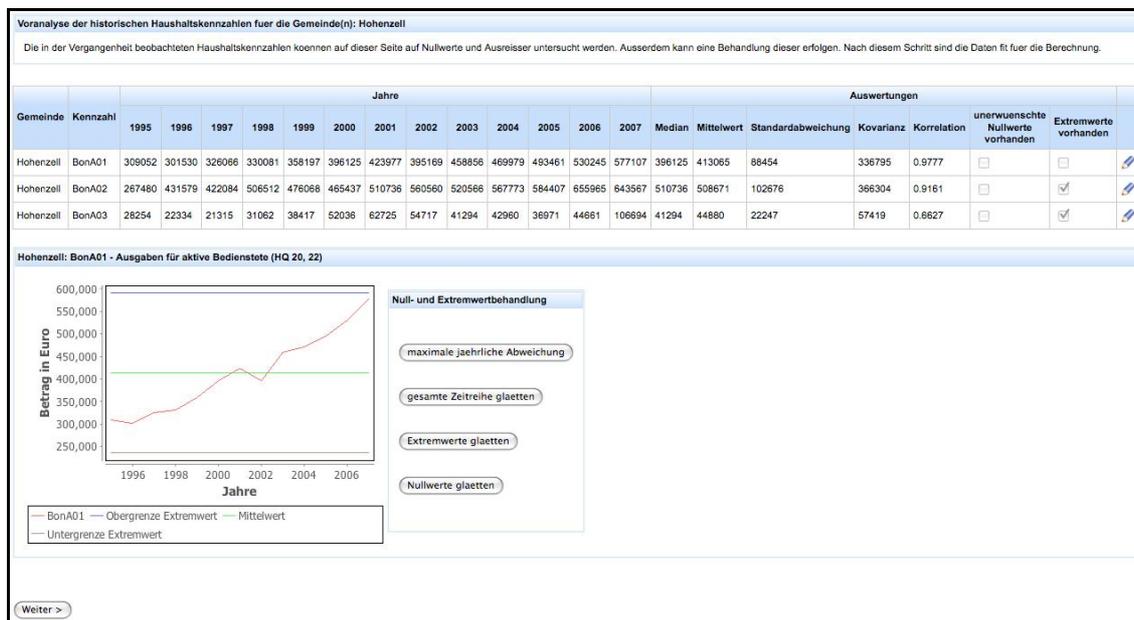
Für die Kennzahlenauswahl wurde in beiden Fällen eine Picklist verwendet. Der Vorteil an dieser Darstellungsart ist, dass vom Anwender die Reihenfolge der Berechnung der Kennzahlen festgelegt werden kann. Die Gemeindeauswahl wurde im ersten Fall mittels drei Drop-Down-Listboxen und im Zweiten mittels eines Baumes umgesetzt. Über „Value Binding“ sind diese Komponenten mit Java Objekten verbunden, die in den Klassen des Pakets „mangedbeans“ implementiert sind und die die Auswahlmöglichkeiten und eine bereits getroffene Wahl verwalten. Die Lebensdauer dieser sowie die Navigations-

regeln, die festlegen nach welcher Aktion auf welche Seite verzweigt werden soll, wurden in einer extra Konfigurationsdatei umgesetzt. Durch die Betätigung des Weiterbut-  
tons wird ein Event ausgelöst, der von einem registrierten Action Listener abgefangen  
wird. Während dieser Aktion wird im Prognosecontroller-Objekt eine Liste aufgebaut,  
die für jede Kombination der selektierten Gemeinden und Kennzahlen einen Eintrag  
enthält. Außerdem werden diese Objekte mit den historischen Zeitreihendaten aus der  
Datenbank befüllt. Danach wird die Voranalyseseite aufgerufen.

### 4.4.2.3 Voranalyse

Die Voranalyseseite verwendet die Liste des Prognosecontrollers und stellt die Zeitrei-  
hen und statistischen Auswertungen, die zur Laufzeit berechnet werden, wie in  
Abbildung 12 ersichtlich, in Tabellenform dar.

Abbildung 12: Voranalyseseite



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Es muss sichergestellt werden, dass das in der Auswahlphase erstellte Prognosecontrol-  
ler-Objekt noch zur Verfügung steht. Voraussetzung dafür ist also mindestens der Le-  
benszeitraum der Session. Der Prognosecontroller wurde außerdem nach dem Ent-

wurfsmuster Singleton umgesetzt. Die Gründe dafür sind, dass es sich, falls viele Prognoseszenarien in der Liste vorhanden sind, um ein speicherintensives Objekt handelt, das deshalb nur einmal pro Benutzersession erzeugt werden soll. Weiters kann so sichergestellt werden, dass im Laufe der Prognose immer dasselbe Objekt verwendet wird.

Für die Erzeugung der Grafik zur visuellen Inspektion der Zeitreihe wurde die Bibliothek JFreeChart verwendet. Die ChartCreator Bibliothek stellt eine Komponente zur Verfügung, die es erlaubt ein mittels JFreeChart erstelltes Diagramm in eine JSF Seite einzubinden und mit einem Diagrammtitel und Achsenbeschriftungen zu versehen.

Zur Null- und Extremwertbehandlung wurden ein einfacher gleitender Durchschnitt, um die gesamte Zeitreihe zu glätten, eine lokale Regression, zur Null- und Extremwertglättung, und eine Methode, die einen Wert korrigiert, wenn er außerhalb einer maximalen jährlichen Abweichung liegt, implementiert. Wird eine dieser Aktionen auf die Zeitreihe angewendet, erfolgt ein Update der Werte im Prognosecontroller-Objekt und die Seite wird mit den neu ermittelten Daten neu aufgebaut.

#### **4.4.2.4 Auswahl der Prognosemethoden**

Die Methodenauswahl ist, wie in Abbildung 13 zu erkennen ist, aufgeteilt in eine Auswahl von Verfahren, die für alle Kennzahlen berechnet werden sollen und in eine gemeindespezifische Auswahl. Für die Umsetzung der einzelnen Zeilen wurde eine Checkbox verwendet, die mit den Namen der Prognosemethoden befüllt wurde und die es erlaubt, dass mehrere Elemente gleichzeitig angekreuzt werden können.

Die Implementierung der gemeindespezifischen Auswahl zeigte eine Schwäche der JSF Technologie auf. Nachdem laut Definition bei JSF eine strikte Trennung zwischen Logik und Präsentation nach dem MVC-Prinzip besteht, ist es mitunter schwer dynamische Inhalte iterativ darzustellen. JSF enthält in der Standardimplementierung keinen Iterations-Tag. Durch die Verwendung von Facelets stand zwar der `ui:repeat` Tag zur Verfügung, die für den Zeilenaufbau benötigten Informationen mussten aber in einer eigenen Datenstruktur verpackt werden, weil jeder Komponente über „Value Binding“ nur ein Objekt zugeordnet werden kann. In diesem Fall wurden aber Daten aus mehreren Objekten (die Gemeinde, die Kennzahl und die Prognosemethoden) benötigt.

Abbildung 13: Methodenauswahlseite

Berechnung: Auswahl der Prognosemethoden

An dieser Stelle koennen den ausgewaehlten Gemeinden und Kennzahlen die fuer die Vorhersage zu verwendenden, statistischen Prognosemethoden zugeordnet werden.

Auswahl der Prognosemethoden fuer alle Kennzahlen

Lineare Regression  Holt's Lineare Methode  Einfache Exponentielle Glaettung  Gleitender Durchschnitt  Einfacher Durchschnitt  Naive Prognose

Auswahl der Prognosemethoden fuer eine bestimmte Kennzahl

Hohenzell - BonA01

Lineare Regression  Holt's Lineare Methode  Einfache Exponentielle Glaettung  Gleitender Durchschnitt  Einfacher Durchschnitt  Naive Prognose

Hohenzell - BonA02

Lineare Regression  Holt's Lineare Methode  Einfache Exponentielle Glaettung  Gleitender Durchschnitt  Einfacher Durchschnitt  Naive Prognose

Hohenzell - BonA03

Lineare Regression  Holt's Lineare Methode  Einfache Exponentielle Glaettung  Gleitender Durchschnitt  Einfacher Durchschnitt  Naive Prognose

Prognose berechnen

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Hat der Benutzer seine Auswahl getroffen und betätigt den Button „Prognose berechnen“, wird die Liste im Prognosecontroller-Objekt neu aufgebaut. Es wird für jedes Prognoseszenario, das heißt für jede Kombination aus Gemeinde, Kennzahl und Vorhersagemethode ein Eintrag angelegt. Anschließend wird die Prognoseberechnung gestartet.

#### 4.4.2.5 Berechnung der Vorhersagen

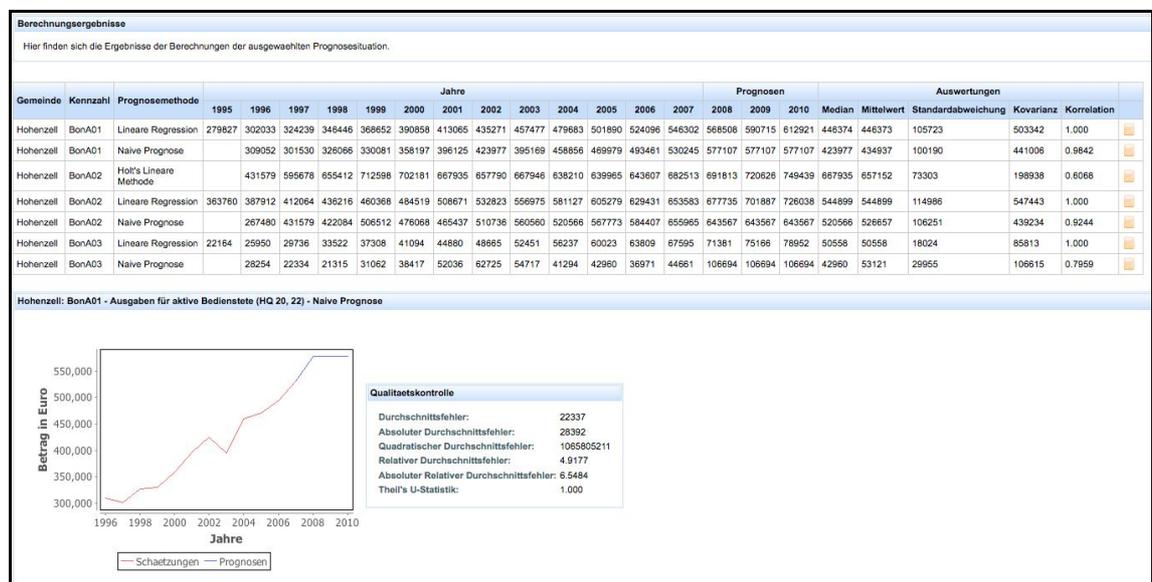
Der Prognosecontroller geht die von ihm verwaltete Liste der ausgewählten Prognoseszenarien durch und stellt für jeden Eintrag fest, welche Berechnungsklasse des Pakets „Statistik“ aufzurufen ist. Unter Berücksichtigung der in der Datenbank gespeicherten methodenspezifischen Parameter werden die Vorhersagen erstellt und die einzelnen Objekte wieder in der Prognoseliste gespeichert.

Der Vorteil an dieser Implementierungsvariante ist, dass es beispielsweise keinen Unterschied macht, ob eine Kennzahl einer Gemeinde oder eine Vergleichsberechnung einer Kennzahl eines gesamten Bezirks durchgeführt wird. Weil die Datenstrukturen der Objekte so allgemein gehalten wurden, kann eine Erweiterung der berechenbaren Prognoseszenarien ohne großen Zusatzaufwand vorgenommen werden.

#### 4.4.2.6 Präsentation der Ergebnisse

Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse orientiert sich wegen der Ähnlichkeit der Daten an der Voranalyseseite. Ausgehend von der Liste des Prognosecontrollers werden die im letzten Schritt ermittelten Schätzungen für den Beobachtungszeitraum und die Vorhersagen für den in den allgemeinen Parametern definierten Prognosehorizont in der in Abbildung 14 ersichtlichen Tabelle angezeigt. Für eine einheitliche Darstellung der einzelnen Zahlenwerte wurde eine Formatierung der auszugebenden Zahlen mittels eines Stringmusters vorgenommen.

**Abbildung 14: Seite für die Ergebnispräsentation**



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Damit eine bessere, visuelle Unterscheidung zwischen den Schätz- und den Prognosewerten gegeben ist, wurden dem JFreeChart Diagramm zwei Zeitreihen hinzugefügt, diese aber so miteinander verbunden, dass der Eindruck einer einzelnen entsteht. JFreeChart verwendet aus diesem Grund bei der Erstellung der Grafik zwei verschiedene Farben und zwei Legendeneinträge.

Die Analyse der Qualität der Vorhersagen wurde in einem eigenen Panel neben der Grafik zusammengefasst. Im Prototyp der Software wurden relative und absolute Fehlermaße und das Kriterium Theil's U-Statistik zum Methodenvergleich umgesetzt.

#### 4.4.2.7 Definieren der Berechnungsparameter

Damit eine höhere Automatisierung im Prognoseprozess erreicht werden kann und weil manche Methoden Berechnungsparameter in der Initialisierungsphase benötigen, muss es in der Webanwendung einen Bereich geben, in dem diese verwaltet werden können. Die Abbildung 15 zeigt die grafische Umsetzung dieser Funktionalität in der Prognosesoftware.

Abbildung 15: Seite zur Parameterkonfiguration

Parameter konfigurieren

An dieser Stelle koennen alle allgemeinen und prognosemethodenspezifischen Parameter konfiguriert werden.

**Allgemeine Parameter**

Prognosehorizont	<input type="text" value="3"/>
Voranalyse	<input checked="" type="checkbox"/>
Nullwerte behandeln	<input checked="" type="checkbox"/>
Nullwerte entfernen	<input type="checkbox"/>
Nullwerte glaetten	<input type="checkbox"/>
Extremwerte behandeln	<input checked="" type="checkbox"/>
Extremwerte entfernen	<input type="checkbox"/>
Extremwerte glaetten	<input checked="" type="checkbox"/>
Extremwerte Reihe glaetten	<input type="checkbox"/>
Jaehrlich Abweichung	<input type="text" value="15"/>

**Naive Prognose**

- Einfacher Durchschnitt
- Gleitender Durchschnitt
- Einfache Exponentielle Glaettung
- Holt's Lineare Methode
- Lineare Regression

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Die Parameterkonfiguration wurde mittels einer Panelbar aus der Richfaces Bibliothek umgesetzt. Der Vorteil an dieser Darstellungsform ist, dass die Variablen der einzelnen Prognosemethoden gesondert aufgelistet werden. Die Benutzerfreundlichkeit wird auf diese Weise erhöht, weil ein besserer Überblick über die Einstellungen gewährleistet ist.

Durch einen Klick auf den Header, der den Namen des jeweiligen Verfahrens trägt, wird die zugehörige Liste mit den Parametern geöffnet. Der Button „Save“ speichert die am Bildschirm dargestellten Werte, der Button „Reset“ lädt die ursprünglichen Werte aus der Datenbank neu.

#### **4.4.2.8 Schnittstelle zum Backend und Erstellung der relationalen Datenbank**

Als Backend wurde die relationale Datenbank MySQL verwendet. Für die Erstellung der einzelnen Tabellen des Datenmodells, der dazugehörigen Attribute und Fremdschlüsselbeziehungen zwischen den Tabellen wurde ein SQL Skript geschrieben. Die für die Vorhersage notwendigen Haushaltsdaten inklusive der Gemeinden, Bezirke und Kennzahlennamen lagen als Exceldatei vor. Diese wurde als eine Datei, deren Werte durch Kommas getrennt sind, gespeichert und mittels einer eigens dafür geschriebenen Java Anwendung an die Struktur der Datenbanktabellen angepasst. Durch ein zweites SQL Skript wurden die auf diese Art für jede Tabelle erzeugten Dateien in die Datenbank importiert. Diese Vorgehensweise wurde deshalb gewählt, weil die Skripts im Tool MySQL Query Browser geöffnet werden können und so die gesamte Datenbank innerhalb weniger Minuten neu aufgebaut werden kann.

Weil die Konfiguration eines Persistenztools wie Hibernate relativ umfangreich ist, wurde für den Prototyp, der im Rahmen dieser Arbeit entstanden ist, ein herkömmlicher Datenbankzugriff mittels SQL Abfragen über eine JDBC Schnittstelle implementiert. Für jede Datenbanktabelle gibt es ein Bean, das die objektrelationale Darstellung dieser repräsentiert, und eine eigene Datenzugriffsklasse (engl.: Data Access Object oder DAO). Die Beans wurden unter Verwendung der für Eclipse erhältlichen Hibernate Tools aus der Tabellendefinition automatisch generiert. Dieser Schritt garantiert eine derart flexible Architektur, dass beim nachträglichen Einsatz eines Persistenztools nur die DAO-Klassen ersetzt werden müssen. Die Datenzugriffsklassen verwenden eine zentrale Klasse, die über standardisierte Methoden den Verbindungsaufbau, die Datenbankabfragen und das Transaktionsmanagement übernimmt, um die Beanobjekte mit den von der Anwendung benötigten Daten zu befüllen. Für die Umsetzung der DAO-Klassen wurde das Entwurfsmuster Singleton verwendet, damit nicht bei jeder Datenbankabfrage ein Objekt erzeugt wird, sondern nur eines pro Session. Wenn die Anwen-

dung von mehreren Benutzern parallel verwendet wird, soll das den Speicherverbrauch des Webservers entlasten.

## **4.5 ERWEITERUNGSMÖGLICHKEITEN DER SOFTWARE**

Nachdem es die Hauptaufgabe der Software ist, einen Blick in die Zukunft zu werfen und Vorhersagen über diese zu treffen, soll an dieser Stelle der Arbeit auch ein Blick auf die Zukunft der Anwendung selbst geworfen werden und einige denkbare, erweiternde Funktionalitäten vorgestellt werden, die in nachfolgenden Versionen realisiert werden können.

Eine Verbesserung des bestehenden Prototyps kann auf zwei Ebenen erzielt werden. Erstens können die bereits umgesetzten Funktionen erweitert werden. Das kann entweder inhaltlich durch eine Optimierung der verwendeten Berechnungslogik geschehen oder durch eine gesteigerte Automatisierung des Prognoseprozessablaufs und durch eine zusätzliche Unterstützung durch die Anwendung bei vom Benutzer zu treffenden Entscheidungen. Zweitens kann eine Erweiterung der zurzeit angebotenen Funktionalitäten erfolgen.

### **4.5.1 Maßnahmen zur Verbesserung der Berechnungslogik und der Ergebniskontrolle**

Die Entscheidung, ob eine Vorhersage gut oder weniger gut den zukünftigen Entwicklungen entspricht, geschieht meistens bereits in der Phase der Voranalyse, in der die beobachteten Daten für die Berechnung vorbereitet werden. Das Optimierungspotential ist daher in diesem Abschnitt des Prognoseprozesses besonders groß.

Derzeit werden für die Berechnungen nur die für eine Gemeinde spezifischen, historisch beobachteten Budgetdaten verwendet. Durch eine Einbeziehung von allgemeinen Wirtschaftsdaten, wie die Inflation, das BIP oder die Arbeitslosenquote, und durch die Berücksichtigung des Wirtschaftszyklus könnte eine Reduzierung von in den Zeitreihen vorhandenen, unerwünschten Mustern erreicht werden. Ausgabenposten wie zum Beispiel der BonA01 „Ausgaben für aktive Bedienstete“ hängen unter der Annahme, dass keine Veränderung der Angstelltenzahl durch die Ausgliederung eines Bereiches er-

folgt, hauptsächlich von der Inflation ab, da die jährlichen Lohnabschlüsse diese als Basis verwenden.

Weiters kann ein Modul umgesetzt werden, das die Daten besser an die methodenspezifischen Annahmen anpasst. Offene Punkte in diesem Bereich sind unter anderem die Implementierung statistischer Tests und einer Methodik, die Stationarität in der Zeitreihe erkennt und eliminiert. Außerdem kann eine partielle Analyse der Daten beim Auftreten eines Strukturbruchs in den Beobachtungen hilfreich sein. Der Nachteil daran ist, falls die Beobachtungen vor dem Bruch für die Berechnung nicht berücksichtigt werden, dass gegebenenfalls zu wenige Daten für die Initialisierung der statistischen Methoden übrig bleiben.

Eine Verbesserung der von der Software bereits angebotenen Prognosemethoden ist, nachdem es sich um ein formales, statistisches Prozedere handelt, nicht möglich. Es kann aber bei denen mit Initialisierungsphase die Schätzung von Startwerten und Parametern durch eine auf Fehlerminimierung basierende Vorgehensweise erweitert werden. Wenn die Qualität der Ergebnisse nicht ausreicht, können noch aufwendigere statistische Modelle wie zum Beispiel ARIMA-Modelle, Regressionsmodelle mit ARIMA-Fehlern oder nichtlineare Modelle eingesetzt werden oder es kann eine Kombination aus mehreren Methoden für eine Berechnung verwendet werden.

Um die Performance der Prognosemethoden besser zu erfassen, sollte jedenfalls eine Komponente angeboten werden, die die Berechnung einer Ex-Post Prognose erlaubt, damit neben der Anpassung der Methode an die vorhandenen Daten, die durch das Kriterium Theil's U-Statistik angegeben wird, auch die Out-Of-Sample Performance gemessen werden kann.

#### **4.5.2 Maßnahmen zur Benutzerunterstützung und Automatisierung der Prognose**

Der Prototyp der Webanwendung kann an zwei Stellen erweitert werden, um eine höhere Automatisierung der Vorhersage zu erreichen. In der Voranalyse kann eine Softwarekomponente entwickelt werden, die dem Benutzer entweder Vorschläge gibt mit welchen Methoden die Daten optimal für die Berechnung vorbereitet werden können, oder diese Anpassungen automatisch vornimmt. Der User muss in diesem Fall keine visuelle

Inspektion der Daten mehr durchführen. Aktiviert wird die automatische Voranalyse auf der Parameterkonfigurationsseite.

Eine weitere Automatisierung kann beim Zuweisen der Prognosemethoden zu den Kennzahlen erfolgen. Der Anwender kann die manuelle Zuordnung überspringen und die Software, die beste für die Kennzahl geeignete Methode ermitteln lassen.

### **4.5.3 Erweiterung des Funktionsumfangs**

Die in diesem Abschnitt diskutierten Maßnahmen sollen einerseits dem User weitere interessante Funktionalitäten zur Auswahl geben, aber auch die Benutzerfreundlichkeit bei der Verwendung der Webanwendung steigern.

Zur zweiten Gruppe zählt zum Beispiel die Implementierung einer Suchmaske für die Gemeindegemeinde, die im Falle einer Vergleichsberechnung wegen der Darstellung als dreischichtigen Baum sehr lang werden kann, vor allem, wenn Gemeinden aus verschiedenen Bundesländern gegenübergestellt werden sollen. Eine solche Berechnung ist im Rahmen dieser Arbeit zwar nicht möglich, aber durch eine Ergänzung der Haushaltsdaten aller nicht-oberösterreichischen Gemeinden leicht umsetzbar.

Damit nicht jedes Mal eine neue Berechnung gestartet werden muss, wenn der Benutzer eine falsche Eingabe macht oder einen Prognoseparameter ändern will, kann eine Historie für den Anwendungsfall „Prognose durchführen“ implementiert werden. Mittels eigener Buttons auf den JSF Seiten oder über die Browserbuttons wird vor- und zurücknavigiert.

Die Auswertung der einzelnen Kennzahlen kann auf verschiedenen Aggregationsebenen vorgenommen werden. Neben einer Betrachtung auf Gemeinde-, Landes- oder Bundesebene ist auch die Analyse der Entwicklung einer bestimmten Region oder einer Gemeindegrößenklasse realisierbar, wenn das Datenmodell um die Informationen der Zuordnung einer Gemeinde zu einer bestimmten Region und die Einwohnerzahl erweitert wird. Eine entscheidende Frage ist bei dieser Berechnung, ob die Kennzahlen der Gemeinden zuerst geschätzt und dann aggregiert werden sollen oder zuerst zusammengefasst und in einem prognostiziert.

Aus den einzelnen, prognostizierten Kennzahlen kann ein eigenes Softwaremodul das Maastricht-Ergebnis und andere haushaltsökonomische Kennzahlen, wie das öffentliche Sparen oder das Ergebnis der Vermögensgebarung berechnen.

Wird eine Vergleichsberechnung durchgeführt, soll es auf der Ergebnisseite die Möglichkeit geben, eine Grafik zu erzeugen, die zwei oder mehrere Zeitreihen enthält. Über eine Checkbox am Ende der Zeile kann ausgewählt werden, welche Kennzahlenprognosen in die grafische Auswertung miteinbezogen werden sollen. Auch die Gegenüberstellung der Qualitätsbewertungen in Tabellenform stellt eine interessante Alternative für den Benutzer dar.

Das Datenmodell kann dahingehend erweitert werden, dass die gesamte Berechnung inklusive der deskriptiven Statistiken, der Auswertungen, der Ergebnisdiagramme und der Prognoseintervalle gespeichert werden kann. Das hätte den Vorteil, dass bei der Anzeige einer bereits erfolgten Berechnung diese Informationen nicht neu ermittelt werden müssen, was zu einer Performanceverbesserung und einer Entlastung des Web-servers bei der gleichzeitigen Verwendung der Webanwendung von mehreren Benutzern führen würde.

Für Benutzer ohne permanenten Internetzugang könnte eine dezentrale Lösung entwickelt werden. Dazu muss die Anwendung aus dem Internet heruntergeladen und am Rechner mit einer lokalen Datenbank installiert werden. Offline durchgeführte Berechnungen können beim nächsten Verbindungsaufbau am zentralen Server gespeichert werden. Der Nachteil daran ist, dass eine Synchronisation der Datenbanken notwendig wird. Außerdem muss sichergestellt werden, dass der User mit einer zur aktuellen kompatiblen Version arbeitet.

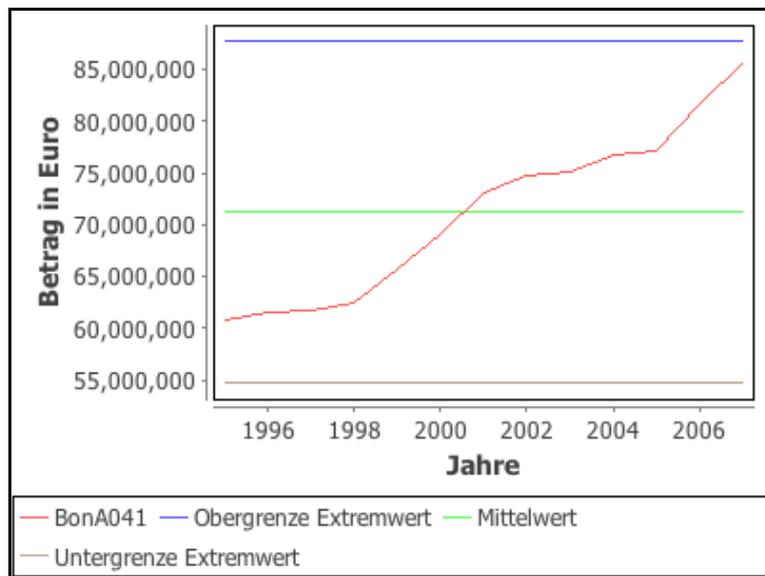
## **4.6 ANWENDUNG DER SOFTWARE UND ANALYSE EINES AUSGEWÄHLTEN SZENARIOS**

### **4.6.1 Berechnung einer ausgewählten Kennzahl einer Gemeinde inklusive Prognosemethodenvergleich**

In diesem Prognoseszenario wird die Kennzahl „Laufende Transfers an Träger öffentlichen Rechts“ mit dem Kürzel BonA041 der Gemeinde Linz untersucht. Die historischen

Beobachtungen wurden mittels der Voranalysemethode „gesamte Zeitreihe glätten“ bearbeitet. Die daraus resultierende Zeitreihe ist in Abbildung 16 zu sehen.

**Abbildung 16: Bona041 der Gemeinde Linz nach der Glättung der Zeitreihe**



Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Die Vorhersagen wurden mit allen in der Software vorhandenen Methoden berechnet. Für die Methode „Gleitender Durchschnitt“ wurde in der Initialisierungsphase ein Startwert für die Schätzungen aus den ersten drei Beobachtungen ermittelt. Die „Einfache Exponentielle Glättung“ erfolgte ohne Startwertberechnung. Außerdem wurde die adaptive Variante dieses Verfahrens mit den Glättungsparametern  $\alpha=0,4$  und  $\beta=0,1$  konfiguriert. „Holt’s Lineare Methode“ verzichtete ebenso auf eine Startwertberechnung und verwendete die Glättungsparameter  $\alpha=0,501$  und  $\beta=0,2$ .

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der qualitativen Auswertung der einzelnen Prognosemethoden durch das Fehlermaß MAPE und das Kriterium Theil’s U-Statistik gegenübergestellt.

**Tabelle 14: Vergleich der Methoden bezüglich Prognosequalität**

Berechnungsmethode	MAPE	Theil's U-Statistik
Naive Prognose	3,7094	1,0000
Einfacher Durchschnitt	10,1871	2,4343
Gleitender Durchschnitt	5,9441	1,4010
Einfache Exponentielle Glättung	4,2888	1,2203
Holt's Lineare Methode	2,9037	0,7835
Lineare Regression	2,1710	0,5746

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Im Vergleich der einzelnen Methoden schnitten für diese Vorhersagesituation die „Lineare Regression“ und „Holt's Lineare Methode“ mit den kleinsten relativen Durchschnittsfehlern am besten ab und stellen im Vergleich zur „Naiven Prognose“ eine eindeutige Verbesserung dar. Ein Grund dafür ist, dass es sich bei diesen beiden Methoden um zwei statistische Verfahren handelt, die mit einer Trendkomponente in den historischen Beobachtungen umgehen können. Nachdem dieselben Ausgangsdaten für alle Berechnungen verwendet wurden und keine Stationarität der Zeitreihe in der Voranalyse sichergestellt wurde, zeigt Theil's U-Statistik für die Glättungsmethoden „Einfacher Durchschnitt“, „Gleitender Durchschnitt“ und „Einfache Exponentielle Glättung“ eher bescheidene Performanzenwerte. Bemerkenswert ist jedoch, dass die „Naive Prognose“ im Vergleich zu diesen Verfahren sehr gut abscheidet, bedenkt man die Einfachheit dieser Methode.

#### **4.6.2 Vergleichsberechnung ausgewählter Kennzahlen zweier Gemeinden**

In dieser Berechnung wird die zukünftige Entwicklung des Budgets der Gemeinde Hohenzell und ihrer Bezirkshauptstadt Ried im Innkreis betrachtet. Analysiert werden ausgabensitig aus der laufenden Gebarung die Kennzahlen „Ausgaben für aktive Bedienstete“ (BonA01) und „Laufender Sachaufwand“ (BonA02) sowie aus der Vermögensgebarung die „Brutto-Sachvermögensbildung (Investitionsausgaben)“ (BonA05). Weiters werden einnahmenseitig die Budgetposten „Laufende Einnahmen für Güter und Dienst-

leistungen“ (BonE01), „Sonstige Einnahmen aus Besitz und Unternehmertätigkeit“ (BonE02), „Eigene Steuern“ (BonE031) und „Ertragsanteile“ (BonE032) untersucht.

Das Voranalysemodul der Webanwendung identifizierte, wie auf der nächsten Seite in Abbildung 17 ersichtlich ist, bei sechs der vierzehn ausgewählten Kennzahlen Extremwerte, die außerhalb der definierten Grenze von zweimal der Standardabweichung um den Mittelwert lagen. Die Behandlung dieser erfolgte mit folgenden Methoden:

- Hohenzell, BonA02, Extremwerte glätten
- Hohenzell, BonA05, maximale jährliche Abweichung (15%) und Extremwerte glätten
- Hohenzell, BonE01, Extremwerte glätten
- Hohenzell, BonE031, zweifache Glättung der gesamten Zeitreihe
- Ried im Innkreis, BonA02, gesamte Zeitreihe glätten und Extremwerte glätten
- Ried im Innkreis, BonE032, Extremwerte glätten

Außerdem wurde nach einer visuellen Inspektion der Daten beim BonA05 der Stadt Ried im Innkreis eine Glättung der gesamten Zeitreihe vorgenommen, weil ein Wert entdeckt wurde, der zwar nicht außerhalb der Extremwertgrenze lag, aber von den restlichen Beobachtungen signifikant abwich.

Bei der Durchführung der Berechnung wurde für alle Kennzahlen die Vorhersagemethode „Lineare Regression“ verwendet. Die detaillierten Prognoseergebnisse der einzelnen Kennzahlen sind in Abbildung 18, in Abbildung 19 und in Abbildung 20 dargestellt.

Abbildung 17: Voranalyse der ausgewählten Vergleichsberechnung in Euro

Gemeinde	Kennzahl	Jahre													Auswertungen						
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Kovarianz	Korrelation	unerwünschte Nullwerte vorhanden	Extremwerte vorhanden
Hohenzell	BorA01	309052	301530	328066	330081	358197	396125	423977	395169	458856	469979	493461	530245	577107	396125	413065	88454	338795	0.9777	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hohenzell	BorA02	287480	431579	422084	506512	476068	465437	510736	560560	520566	567773	584407	655965	643567	510736	508671	102676	366304	0.9161	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hohenzell	BorA05	405239	285662	642051	854897	508766	823871	437333	643585	440095	497513	629664	2567285	1861768	629664	815209	657482	1558997	0.6089	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hohenzell	BorE01	284529	383710	169194	177053	187129	207581	224541	281976	243704	239226	255161	284845	331210	243704	250758	60683	50308	0.2129	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hohenzell	BorE02	15315	21005	43053	50105	56464	76546	84069	36000	73671	94757	82278	119274	109272	73671	66294	32482	111647	0.8626	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hohenzell	BorE03	496409	527012	534025	703190	738655	789339	707932	673103	700198	781482	810840	901558	1123776	707932	728831	167529	565487	0.8667	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hohenzell	BorE032	728272	813883	842097	886303	879402	902335	994114	1046105	1003702	1030974	1098954	1131363	1226902	994114	967955	141427	537412	0.9757	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorA01	5038793	5087413	4997433	5344192	5512598	5530881	5559715	5332900	5944192	6171794	6186840	6340211	6341044	5530881	5646077	496787	1834761	0.9483	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorA02	2882796	4831913	4681501	6513208	6732032	7323488	7203828	6563053	7595263	7861029	8573490	8546304	8277129	7203828	6737310	1692382	5959617	0.9042	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorA05	8898043	7263973	6465548	6612556	4476375	3727053	3232350	5606507	8783870	4645512	3189786	2403478	3785098	4645512	5296550	2114417	-5186320	-0.6298	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorE01	4365035	4827784	4754477	5252611	5019361	5504548	5634369	6141411	5951646	6040952	6277576	6676838	6988627	5634369	5646871	786956	2995464	0.8774	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorE02	499399	384875	1235426	1219908	1537035	1393106	1827927	1742427	2409697	2399965	2055657	2302229	2253103	1742427	1635458	676444	2418794	0.9182	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorE031	7638857	8138720	8461253	8753134	9381973	8402670	6986433	7383664	7554357	8383422	8922727	9081785	9343816	8402670	8334070	781109	917250	0.3015	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ried im Innkreis	BorE032	4424057	5842833	6083246	6427802	6386738	6786417	8034385	7995282	7645699	7780709	7630669	7867466	8453221	7630669	7026608	1151105	4022779	0.8974	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

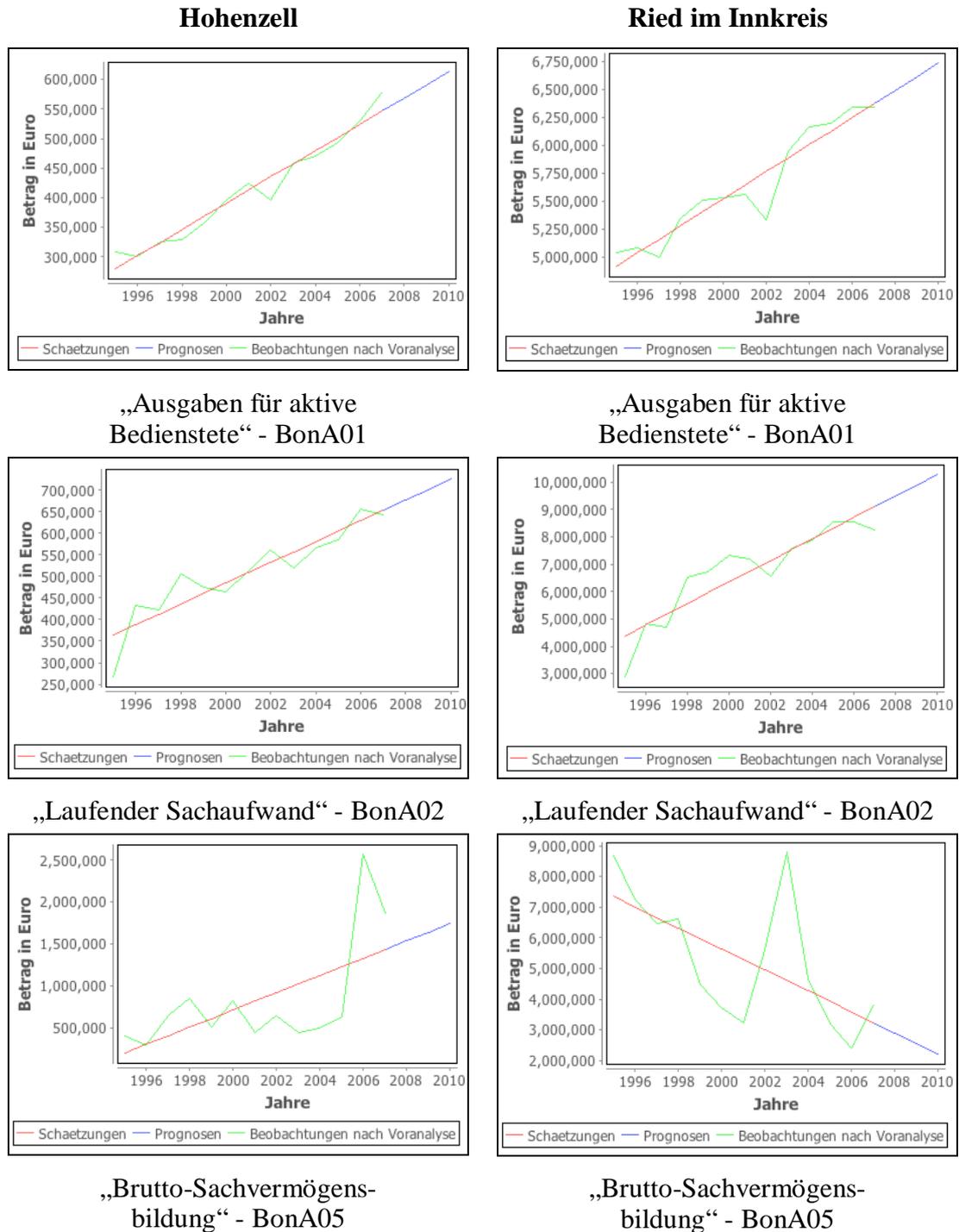
DESIGN UND IMPLEMENTIERUNG EINER SOFTWARE FÜR DIE PROGNOSE KOMMUNALER  
HAUSHALTSKENNZAHLEN

Abbildung 18: Ergebnis der Linearen Regression der Vergleichsberechnung in Euro

Gemeinde	Kennzahl	Prognosemethode	Jahre												Prognosen				Auswertungen				
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Kovarianz	Korrelation
Hohenzell	BorrA01	Lineare Regression	279827	302033	324239	346446	368652	390858	413065	435271	457477	479683	501890	524096	546302	568508	590715	612921	446374	446373	105723	503342	1,000
Hohenzell	BorrA02	Lineare Regression	363780	387912	412064	436216	460368	484519	508671	532823	556975	581127	605279	629431	653583	677735	701887	726038	544699	544699	114966	547443	1,000
Hohenzell	BorrA05	Lineare Regression	198463	301254	404045	506836	609627	712418	815209	918000	1020791	1123582	1226373	1329164	1431955	1534746	1637537	1740328	969395	969395	489383	2329929	1,000
Hohenzell	BorrE01	Lineare Regression	230856	234173	237490	240807	244124	247441	250758	254075	257392	260709	264026	267343	270660	273977	277294	280611	255733	255733	15792	75165	1,000
Hohenzell	BorrE02	Lineare Regression	22126	29487	36849	44210	51571	58933	66294	73656	81017	88378	95740	103101	110462	117824	125185	132547	77336	77336	35047	166658	1,000
Hohenzell	BorrE031	Lineare Regression	506122	543407	580691	617976	655261	692546	729831	767116	804401	841686	878970	916255	953540	990825	1028110	1065395	785758	785758	177511	845124	1,000
Hohenzell	BorrE032	Lineare Regression	755352	790786	826220	861653	897087	932521	967955	1003388	1038822	1074256	1109690	1145123	1180557	1215991	1251425	1286858	1021105	1021105	168698	803165	1,000
Ried im Innkreis	BorrA01	Lineare Regression	4920237	5041210	5162164	5283157	5404130	5525104	5646077	5767050	5888023	6008997	6129970	6250943	6371917	6492890	6613863	6734836	5827536	5827536	575946	2742061	1,000
Ried im Innkreis	BorrA02	Lineare Regression	4379659	4772601	5165543	5558485	5951426	6344368	6737310	7130252	7523193	7916135	8309077	8702019	9094960	9487902	9880844	10273786	7326722	7326722	1870776	8906680	1,000
Ried im Innkreis	BorrA05	Lineare Regression	7350281	7008326	6666371	6324416	5982461	5640505	5298550	4956595	4614640	4272685	3930730	3588774	3246819	2904864	2562909	2220954	4785617	4785617	1628032	-7750964	-1,000
Ried im Innkreis	BorrE01	Lineare Regression	4463953	4661356	4858859	5056362	5253865	5451368	5648871	5846375	6043878	6241381	6438884	6636387	6833890	7031394	7228897	7426400	5945126	5945126	940303	4476738	1,000
Ried im Innkreis	BorrE02	Lineare Regression	678572	838053	997534	1157015	1315496	1475077	1634658	1794239	1954419	2113900	2273381	2432862	2592343	2751824	2911305	3070786	1874678	1874678	759260	3614901	1,000
Ried im Innkreis	BorrE031	Lineare Regression	7971201	8031679	8092157	8152635	8213114	8273592	8334070	8394548	8455026	8515504	8575982	8636460	8696938	8757416	8817894	8878372	8424787	8424787	287933	1370836	1,000
Ried im Innkreis	BorrE032	Lineare Regression	5455378	5700617	5955855	6211093	6466331	6721569	7028808	7292046	7557284	7822522	8087760	8352998	8618237	8883475	9148713	9413951	7424685	7424685	1262786	6012065	1,000

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

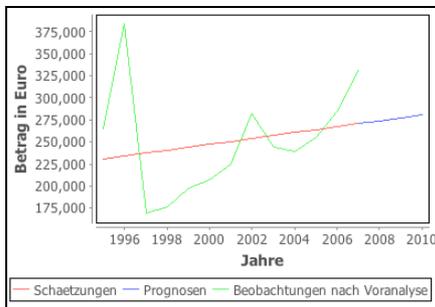
Abbildung 19: Gegenüberstellung der Ausgaben von Hohenzell und Ried i. I.



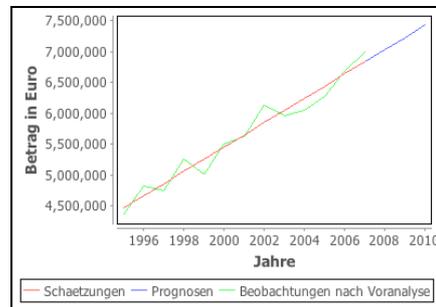
Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Abbildung 20: Gegenüberstellung der Einnahmen von Hohenzell und Ried i. I.

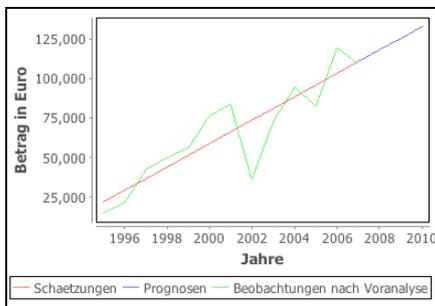
**Hohenzell**



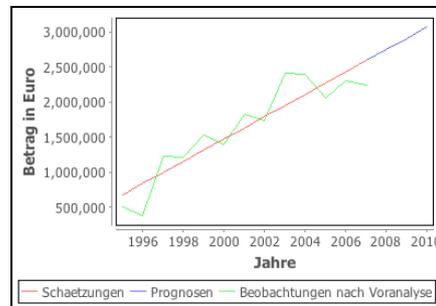
**Ried im Innkreis**



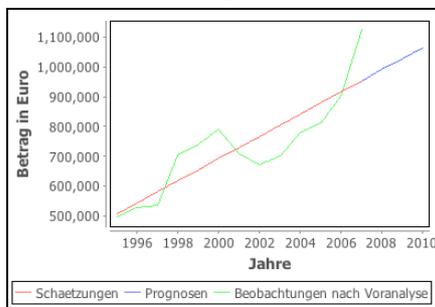
„Laufende Einnahmen für Güter und Dienstleistungen“ - BonE01



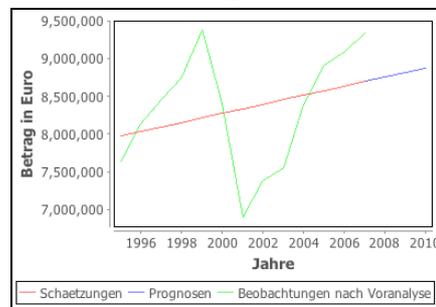
„Laufende Einnahmen für Güter und Dienstleistungen“ - BonE01



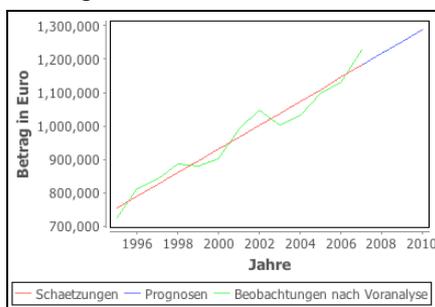
„Sonstige Einnahmen aus Besitz und Unternehmertätigkeit“ - BonE02



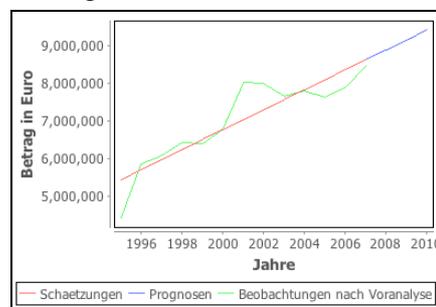
„Sonstige Einnahmen aus Besitz und Unternehmertätigkeit“ - BonE02



„Eigene Steuern“ - BonE031



„Eigene Steuern“ - BonE031



„Ertragsanteile“ - BonE032

„Ertragsanteile“ - BonE032

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Welche Aussagekraft die einzelnen Vorhersagen bezüglich der zukünftigen Entwicklung des Gemeindebudgets haben und bei welchen eine Wiederholung der Schätzung sinnvoll ist, versucht die Tabelle 15 zu beantworten.

**Tabelle 15: Qualitätskontrolle der Berechnungsergebnisse**

<b>Kennzahl</b>	<b>MAPE</b>	<b>Theil's U-Statistik</b>
Hohenzell, BonA01	3,2833	0,4782
Hohenzell, BonA02	7,2027	0,3833
Hohenzell, BonA05	55,4254	0,8875
Hohenzell, BonE01	18,0911	1,0212
Hohenzell, BonE02	24,3327	0,5293
Hohenzell, BonE031	8,7935	0,8612
Hohenzell, BonE032	2,8582	0,4923
Ried im Innkreis, BonA01	2,0033	0,6331
Ried im Innkreis, BonA02	10,3592	0,4046
Ried im Innkreis, BonA05	25,3188	0,8769
Ried im Innkreis, BonE01	2,5078	0,4655
Ried im Innkreis, BonE02	21,0770	0,5105
Ried im Innkreis, BonE031	7,2792	1,1346
Ried im Innkreis, BonE032	5,3120	0,5115

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Bei der Qualitätskontrolle ist zu beachten, dass nie ein Kriterium alleine für die Bewertung der Ergebnisse verwendet werden soll. Zum Beispiel besitzt die Berechnung Hohenzell, BonA05 einen recht guten Wert bei der Theil's U-Statistik, jedoch einen extrem hohen relativen Durchschnittsfehler. Das kommt daher, dass die Ausgangsdaten zwischen 285.000 im Jahr 1996 und 2,56 Mio. im Jahr 2006 mit einem beinahe jährlich auftretenden Trendwechsel schwanken. Dagegen waren auch die Glättungsmethoden in der Voranalysephase machtlos. Derart hohe Fehlermaße verlangen nach einer manuellen Untersuchung der jeweiligen Kennzahl. Dazu ist aber ein Einblick in die Aktivitäten der Gemeinde notwendig. Die hohen Investitionsausgaben der letzten Jahre sind beispielsweise auf einen Ausbau des Kindergartens zurückzuführen.

### 4.6.3 Einfluss der Initialisierungsphase auf die Prognoseergebnisse

Für diese Analyse wurde der BonE061 „Kapitaltransfers von Trägern öffentlichen Rechts“ der Gemeinde Steyr verwendet. Die historischen Daten wurden in der Voranalyse auf eine maximale jährliche Abweichung zwischen zwei Perioden von 15 % untersucht und gegebenenfalls korrigiert.

Es wurde wiederholt derselbe Berechnungsprozess einer „Einfachen Exponentiellen Glättung“ ausgeführt, wobei bei jeder Durchführung ein anderer Methodenparameter verändert wurde. Die jeweiligen Parametereinstellungen und die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Qualität der Prognoseergebnisse sind in Tabelle 16 zusammengefasst. Die in Klammern dargestellten Werte sind für die aktuelle Berechnung aufgrund eines anderen Parameterwertes nicht relevant. Beispielsweise macht die Anzahl der für die Startwertberechnung zu verwendenden Beobachtungen keinen Sinn, wenn kein Startwert berechnet wird. Weiters sind in der Tabelle die Glättungsparameter  $\alpha$  und  $\beta$  sowie die Auswahl, ob eine Anpassung dieser erfolgen soll oder ob sie konstant gehalten werden (Spalte „adaptiv“), angegeben.

**Tabelle 16: Auswirkungen einer Parameteränderung auf die Berechnungsergebnisse**

Parametereinstellungen					MAPE	Theil's U-Statistik
Startwert	Anzahl	adaptiv	$\alpha$	$\beta$		
nein	(3)	ja	0,4	0,1	36,1786	0,9333
ja	3	ja	0,4	0,1	29,4044	0,7639
ja	5	ja	0,4	0,1	40,9035	0,8551
ja	2	ja	0,4	0,1	38,6509	1,0050
ja	3	ja	0,8	0,1	31,8545	0,8230
ja	3	ja	0,15	0,1	33,0689	0,7999
ja	3	ja	0,15	0,4	25,6404	0,7250
ja	3	nein	0,15	(0,4)	26,5761	0,7631
nein	(3)	nein	0,15	(0,4)	26,1753	0,7961

Quelle: Eigene Darstellung, 2008.

Abgesehen davon, dass die Anpassung der Methode an die historischen Daten in diesem Szenario überhaupt nicht gelungen ist - das ist an den hohen Werten des relativen Fehlers zu erkennen - fällt es vor allem auf, welche Auswirkung eine Veränderung der für

die Berechnung eines Startwerts verwendete Anzahl an Beobachtungen haben kann. Die starke Verbesserung des Ergebnisses durch die Anpassung des Parameters  $\beta$  lässt sich dadurch erklären, dass die Methode vorher zu langsam auf Trends in der Zeitreihe reagiert hat.

Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig die Ermittlung der optimalen Einstellungen in der Methodeninitialisierungsphase für die Performance einiger Vorhersageverfahren ist und wie sensibel die Qualität der Berechnungsergebnisse auf kleine Veränderungen reagiert. Das Optimierungspotential zur Erreichung realitätsnäherer Prognosen ist daher in diesem Bereich besonders hoch.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Wegen der Teilnahme Österreichs an einer gemeinsamen, europäischen Wirtschaftspolitik, sind die Gemeinden dazu verpflichtet einen mittelfristig ausgeglichenen Haushalt anzustreben. Die Planung von zukünftigen Einnahmen und Ausgaben und somit die Erstellung eines Budgets stellt in der Praxis eine schwierige Aufgabe dar, weil einerseits nicht alles vorausgesehen werden kann und andererseits politische Interessen wie eine erfolgreiche nächste Wahl dem wirtschaftlichen Handeln oft hinderlich sind. Es werden politische Kompromisse zwischen Parteien eingegangen und Projekte verwirklicht, die nicht immer ein rein wirtschaftliches Ziel verfolgen.

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Prognosemethodik und die darauf aufbauende Webanwendung stellen eine Ergänzung zu der traditionellen Methode der Budgeterstellung und mittelfristigen Finanzplanung dar. Es wird ein Verfahren angeboten, bei dem aus den historischen Beobachtungen ein Muster in die Zukunft fortgesetzt wird ohne einen Einblick in die genauen Aktivitäten der Gemeinde zu haben. Der Vorteil an dieser Vorgehensweise liegt darin, dass die Vorhersagen unabhängig von irgendwelchen politischen Motiven erstellt werden. Die Prognosen berücksichtigen nicht bereits geplante Aktivitäten, sondern sind umgekehrt Entscheidungsgrundlage für die Maßnahmenplanung.

Der Prototyp ist in der derzeitigen Ausbaustufe bereits in der Lage für die meisten Prognosesituationen die tendenzielle Entwicklung der Budgetposten recht gut vorherzusagen. Außerdem kann bereits eine umfassende Analyse der historischen Beobachtungen der Haushaltsposten vorgenommen werden. Eine vollständig automatisierte Prognose des gesamten Gemeindebudgets wird jedoch noch nicht ohne eine manuelle Überprüfung und Bewertung der Ergebnisse empfohlen, weil die Bereinigungsverfahren in der Voranalyse noch nicht so weit ausgereift sind, dass sie mit jedem in einer hauswirtschaftlichen Zeitreihe vorkommenden Muster fertig werden.

Die implementierten Prognosemethoden liefern vor allem gute Ergebnisse, wenn die Zeitreihe stationär ist oder konstante Trends aufweist. Bei zu großen jährlichen Schwan-

kungen oder häufigen Trendrichtungswechseln reagieren die linearen Verfahren oftmals zu langsam. Für solche Fälle müsste eine Erweiterung der angebotenen Berechnungsprozeduren mit nichtlinearen Modellen erfolgen. Aus diesem Grund wird die Prognosequalität für die Kennzahlen, die ihrer Art nach eher konstante Entwicklungen aufweisen und sich an der allgemeinen Wirtschaftslage orientieren, wie zum Beispiel die Personalausgaben, laufende Einnahmen oder Steuern tendenziell besser sein als für Haushaltsposten, die eher punktuell Vorkommen, wie größere Investitionsausgaben oder Schuldenaufnahmen.

Für die Umsetzung der Prognosesoftware wurde ein Entwicklungsframework aus sehr mächtigen Webtechnologien zusammengestellt. Der vor Beginn der Implementierung notwendige und nicht zu unterschätzende Konfigurationsaufwand beim Verbinden der einzelnen Technologien, der vor allem bei kleineren Projekten ins Gewicht fällt, lohnt sich aber spätestens, wenn beispielsweise die umfangreichen JSF und Facelets Komponentenbibliotheken zum Einsatz kommen.

Da es sich aber noch um vergleichsweise junge Technologien handelt, die noch einer umfangreichen Standardisierung bedürfen, funktioniert das Zusammenspiel nicht immer optimal. Auffallend ist, dass in der Standardimplementierung von JSF ein Iterations-Tag fehlt und dass die Verschachtelung von Komponenten verschiedener Bibliotheken oftmals Schwierigkeiten macht, was den Funktionsumfang beträchtlich einschränkt. Weiters ist die Entwicklung an der Schnittstelle zwischen GUI und Logik teilweise mühsam, weil die Informationen die für die Komponenten benötigt werden in genau passende Datenstrukturen zur Verfügung stehen müssen. Werden die Daten in einer zweiten Komponente der jeweiligen Seite ebenfalls benötigt, aber in einer anderen Form, kommt es zu Redundanzen.

Alles in allem ist der Einsatz von JSF und Facelets für die Umsetzung eines Webprojekts in der Größe der Software zur kommunalen Haushaltsprognose aber zu empfehlen.

## LITERATURVERZEICHNIS

**Armstrong JS.** Standards and practices for forecasting. In: Principles of forecasting. A handbook for researchers and practitioners (Armstrong J.S., Hrsg). Kluwer Academics, Boston 2001; 679-732 (zit. 2001a)

**Armstrong JS.** Selecting forecasting methods. In: Principles of forecasting. A handbook for researchers and practitioners (Armstrong J.S., Hrsg). Kluwer Academics, Boston 2001; 365-386 (zit. 2001b)

**Bauer H, Hafner G, Hüttner B.** Kontierungsleitfaden für Gemeinden und Gemeindeverbände 2002. KDZ Managementberatungs- und WeiterbildungsGmbH, Wien, 2002

**BMF (Bundesministerium für Finanzen).** Österreichisches Stabilitätsprogramm. Fortschreibung für die Jahre 2005 bis 2008. Wien, 2005

**BMF (Bundesministerium für Finanzen).** Österreichisches Stabilitätsprogramm für die Jahre 2007 bis 2010. Wien, 2007

**Box GEP.** Time series analysis. Forecasting and Control. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1976

**Brockhaus Enzyklopädie.** 7. Band EX-FRT, 19. Auflage, Mannheim, 1988

**Brockwell PJ, Davis RA.** Time series. Theory and Methods. Springer Verlag, New York, 1991

**Casella G, Berger RL.** Statistical inference. Duxbury Press, California, 1990

**Dougherty C.** Introduction to Econometrics. Oxford University Press, Oxford, New York, 2007

**Eckey H-F, Kosfeld R, Dreger C.** Ökonometrie Grundlagen – Methoden – Beispiele. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden, 2004

**ECOFIN-Rat.** Specifications on the implementation of the Stability and Growth Pact and Guidelines on the format and content of Stability and Convergence Programmes. Luxemburg, 2005

**Eurostat.** Europäisches System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen 1995. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg 1996

**Gigerenzer G, Swijtink Z, Porter T, Daston L, Beatty J, Krüger L.** The empire of chance. How probability chanced science and every day life. Cambridge University Press, Cambridge, 1989

**Johnston J, DiNardo J.** Econometric methods. The McGraw-Hill Companies Inc., New York, St. Louis, San Francisco, Auckland, Bogotá, Caracas, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, Montreal, New Delhi, San Juan, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto, 1997

**Makridakis S, Wheelwright SC, Hyndman RJ.** Forecasting. Methods and application. John Wiley & Sons Inc, New York, 1998

**Mills TC.** The Econometric Modeling of Financial Time Series. Cambridge University Press, Cambridge, 1999

**Österreichischer Gemeindebund.** Maastricht-Ergebnis und österreichischer Stabilitätspakt. Der Leitfaden für eine maastrichtkonforme Budgetpolitik. Österreichischer Gemeindebund Schriftenreihe, Wien, 2001

**Part P.** Entwicklung der Definition für das mittelfristige Budgetziel in den Stabilitäts- und Konvergenzprogrammen. BMF Working Papers 8/2000, Wien 2000

**Statistik Austria.** Leitfaden Maastricht-Defizit. Wien 2002

**Thome H.** Zeitreihenanalyse. Eine Einführung für Sozialwissenschaftler und Historiker. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2005

**RECHTSQUELLEN:**

Entscheidung des Europäischen Rates über den Stabilitäts- und Wachstumspakt vom 17. Juni 1997, Amtsblatt Nr. C 236 vom 02.08.1997

Konsolidierte Fassung des Vertrags über die Europäische Union und des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, Amtsblatt Nr. C 321 E vom 29.12.2006

Österreichischer Stabilitätspakt 2005, Bundesgesetzblatt I Nr. 19/2006 vom 15.02.2006

Protokoll (Nr. 20) über das Verfahren bei einem übermäßigen Defizit (1992) im Anhang der konsolidierten Fassung des Vertrags über die Europäische Union und des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, Amtsblatt Nr. C 321 E vom 29.12.2006

Verordnung (EG) Nr. 3605/93 des Rates vom 22. November 1993 über die Anwendung des dem Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft beigefügten Protokolls über das Verfahren bei einem übermäßigen Defizit, Amtsblatt Nr. L 332 vom 31.12.1993

Verordnung (EG) Nr. 2223/96 des Rates vom 25. Juni 1996 zum Europäischen System volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen auf nationaler und regionaler Ebene in der europäischen Gemeinschaft, Amtsblatt Nr. L 310 vom 30.11.1996

Verordnung (EG) Nr. 1466/97 des Rates vom 7. Juli 1997 über den Ausbau der haushaltspolitischen Überwachung und der Überwachung und Koordinierung der Wirtschaftspolitiken, Amtsblatt Nr. L 209 vom 02.08.1997

Verordnung (EG) Nr. 1467/97 des Rates vom 7. Juli 1997 über die Beschleunigung und Klärung des Verfahrens bei einem übermäßigen Defizit, Amtsblatt Nr. L 209 vom 02.08.1997

Verordnung (EG) Nr. 475/2000 des Rates vom 28. Februar 2000 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 3605/93 über die Anwendung des dem Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft beigefügten Protokolls über das Verfahren bei einem übermäßigem Defizit, Amtsblatt Nr. L 58 vom 03.03.2000

Verordnung (EG) Nr. 1500/2000 der Kommission vom 10. Juli 2000 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 2223/96 des Rates im Hinblick auf die Ausgaben und Einnahmen des Staates, Amtsblatt Nr. L 192 vom 12.07.2000

Verordnung (EG) Nr. 2558/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Dezember 2001 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2223/96 des Rates im Hinblick auf die Neuordnung von Ausgleichszahlungen aufgrund von Swapvereinbarungen und Forward Rate Agreements, Amtsblatt Nr. L 344 vom 28.12.2001

Voranschlags- und Rechnungsabschlussverordnung 1997, Bundesgesetzblatt II Nr. 369/1999 vom 30.09.1999, geändert durch: Änderung der Voranschlags- und Rechnungsabschlussverordnung 1997, Bundesgesetzblatt II Nr. 433/2001 vom 07.12.2001 (zit. als VRV)

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b> Klassifizierung von Prognosemethoden .....	27
<b>Abbildung 2:</b> Auswahl von Prognosemethoden .....	30
<b>Abbildung 3:</b> Strukturbruch bei den laufenden Einnahmen für Güter und Dienstleistungen (BonE01) der oberösterreichischen Gemeinde Eberschwang .....	46
<b>Abbildung 4:</b> Hardwarearchitektur für die Webapplikation .....	65
<b>Abbildung 5:</b> Anwendungsfälle der Benutzer .....	66
<b>Abbildung 6:</b> Anwendungsfall Prognose durchführen .....	67
<b>Abbildung 7:</b> Modularer Aufbau der Applikation .....	68
<b>Abbildung 8:</b> Schematische Darstellung der GUI-Seiten und der Seitennavigation....	71
<b>Abbildung 9:</b> Relationales Datenmodell .....	76
<b>Abbildung 10:</b> Darstellung der einzelnen Seitenkomponenten inklusive der dynamisch erstellten Auswahlseite für eine Einzelberechnung im Inhaltsteil .....	79
<b>Abbildung 11:</b> Auswahlseite für eine Vergleichsberechnung .....	81
<b>Abbildung 12:</b> Voranalyseseite .....	82
<b>Abbildung 13:</b> Methodenauswahlseite .....	84
<b>Abbildung 14:</b> Seite für die Ergebnispräsentation .....	85
<b>Abbildung 15:</b> Seite zur Parameterkonfiguration .....	86
<b>Abbildung 16:</b> BonA041 der Gemeinde Linz nach der Glättung der Zeitreihe .....	92
<b>Abbildung 17:</b> Voranalyse der ausgewählten Vergleichsberechnung in Euro .....	95
<b>Abbildung 18:</b> Ergebnis der Linearen Regression der Vergleichsberechnung in Euro .....	96
<b>Abbildung 19:</b> Gegenüberstellung der Ausgaben von Hohenzell und Ried i. I. ....	97
<b>Abbildung 20:</b> Gegenüberstellung der Einnahmen von Hohenzell und Ried i. I. ....	98

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b> Stabilitätsbeiträge der Bundesländer zum österreichischen Stabilitätspakt....	6
<b>Tabelle 2:</b> Kontenfolge im ESVG 95 für die Sektoren .....	13
<b>Tabelle 3:</b> Staatseinnahmen und -ausgaben nach ESVG 95.....	15
<b>Tabelle 4:</b> Berechnung des Maastricht-Ergebnisses mittels der VRV 97 .....	21
<b>Tabelle 5:</b> Zuordnung der Ausgaben des kommunalen Voranschlagsquerschnitts gemäß VRV 97 zu den Haushaltskennzahlen nach groben VGR-Kategorien .....	23
<b>Tabelle 6:</b> Zuordnung der Einnahmen des kommunalen Voranschlagsquerschnitts gemäß VRV 97 zu den Haushaltskennzahlen nach groben VGR-Kategorien .....	24
<b>Tabelle 7:</b> Berechnungsschema für das Maastricht-Ergebnis auf Gemeindeebene mittels IFIP-Kennzahlen .....	26
<b>Tabelle 8:</b> Klassifikation von Glättungsmethoden und deren Verwendung.....	32
<b>Tabelle 9:</b> Absolute Fehlermaße .....	48
<b>Tabelle 10:</b> Relative Fehlermaße .....	49
<b>Tabelle 11:</b> Darstellung einer ANOVA.....	56
<b>Tabelle 12:</b> Übersicht über den Ablauf des Prognoseprozesses inklusive des Ziels, der Aufgaben und der möglichen Methoden, die die einzelnen Phasen charakterisieren.....	57
<b>Tabelle 13:</b> Übersicht über die verwendete Hard- und Software .....	78
<b>Tabelle 14:</b> Vergleich der Methoden bezüglich Prognosequalität.....	93
<b>Tabelle 15:</b> Qualitätskontrolle der Berechnungsergebnisse .....	99
<b>Tabelle 16:</b> Auswirkungen einer Parameteränderung auf die Berechnungsergebnisse .....	100

## **ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
ANOVA	Analyse der Varianzen
API	Application Programming Interface
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
BGBI	Bundesgesetzblatt
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMF	Bundesministerium für Finanzen
CSS	Cascading Style Sheets
CVS	Concurrent Versions System
DAO	Data access Object, Datenzugriffsobjekt
ECOFIN-Rat	Rat für Wirtschaft und Finanzen
EG	Europäische Gemeinschaft
ESVG 95	Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen 1995
EU	Europäische Union
GUI	Graphical User Interface
HQ	Haushaltsquerschnitt
HTML	Hypertext Markup Language
IFIP	Institut für Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik der Technischen Universität Wien
JDBC	Java Database Connectivity
JSF	Java Server Faces
JSP	Java Server Pages
MAPE	absoluter relativer Durchschnittsfehler
MSE	quadratische Durchschnittsfehler
MVC	Model-View-Controller
ORM	Object-Relational Mapping
SQL	Structured Query Language
UNO	United Nations Organization, Vereinte Nationen
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung

VRV 97	Voranschlags- und Rechnungsabschlussverordnung 1997 in der Fassung 2001 (VRV 97 geändert durch BGBl. II Nr.433-2001)
WWU	Wirtschafts- und Währungsunion
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
XML	Extensible Markup Language



# LEBENS LAUF

---

## PERSÖNLICHE DATEN

Name: Bernhard Landlinger  
Geburtsdaten: Ried im Innkreis, am 23. Jänner 1980  
Staatsbürgerschaft: Österreich  
Familienstand: in Partnerschaft lebend, kein Kind

## SCHULBILDUNG/PRÄSENZDIENST

09/1990 – 06/1998 Bundesgymnasium in Ried im Innkreis  
Matura am 08. Juni 1998  
01/1999 – 09/1999 Absolvierung des Präsenzdiensts in der Zehner-Kaserne in Ried im Innkreis

## HOCHSCHULAUSSCHULE

10/1999 – dato **Wirtschaftsinformatik an der Universität Wien und an der Technischen Universität Wien**  
Schwerpunkte: Industrielle Betriebswirtschaftslehre, Finanzwissenschaften und Infrastrukturpolitik

## BERUFLICHER WERDEGANG/PRAKTIKA

07/2001, 07/2002 **GRZ IT Center GmbH Linz**  
Abteilung: Softwareengineering  
Tätigkeit: Mitarbeit bei der Entwicklung von Webservices  
02/2007 – 11/2007 **Top Versicherungs GmbH**  
Abteilung: Vertrag Privatgeschäft  
Tätigkeit: Bearbeitung von Versicherungsverträgen  
12/2007 – dato **Allianz Elementar Versicherungs AG**  
Abteilung: Informationsmanagement  
Tätigkeit: Testen von neu entwickelter Versicherungssoftware

## BESONDERE KENNNTNISSE UND HOBBYS

**Fremdsprachen** Deutsch: Muttersprache  
Englisch: Maturakenntnisse  
Französisch: Grundkenntnisse  
**PC-Kenntnisse** OS: Windows, Mac OS X, Linux  
PL: Java, C++, C, HTML, XML, CSS, PHP, PL/SQL, Java-Skript  
Applikationen: MS Office  
**Führerschein** Klasse B  
**Hobbys** Sport (Wandern, Laufen, Ski fahren, Lang laufen)  
Gesellschaftstanz, Musik

Wien, November 2008