

**KOF** Konjunkturforschungsstelle

Überprüfung der Methoden  
für die Einnahmenschätzung  
der direkten Bundessteuer

Marko Köthenbürger und Florian Chatagny

KOF Studien, Nr. 78, Juni 2016

# Impressum

## Herausgeber

KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich  
© 2016 KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich

## Auftraggeber

Eidgenössische Steuerverwaltung (ESTV)  
Eidgenössische Finanzverwaltung (EFV)

## Autoren

Marko Köthenbürger  
Florian Chatagny

# KOF

ETH Zürich  
KOF Konjunkturforschungsstelle  
LEE G 116  
Leonhardstrasse 21  
8092 Zürich

Telefon +41 44 632 42 39  
Fax +41 44 632 12 18  
[www.kof.ethz.ch](http://www.kof.ethz.ch)  
[kof@kof.ethz.ch](mailto:kof@kof.ethz.ch)

Überprüfung der Methoden für die  
Einnahmenschätzung der direkten Bundessteuer  
(avec résumé en français)

KOF - Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich  
Endbericht

7. Juni 2016

Auftraggeber: Eidgenössische Steuerverwaltung (ESTV)  
Eidgenössische Finanzverwaltung (EFV)

Auftrag No: BD0053

Bearbeiter: Prof. Dr. Marko Köthenbürger  
Dr. Florian Chatagny

## Zusammenfassung

Die Eidgenössische Steuerverwaltung (ESTV) und die Eidgenössische Finanzverwaltung (EFV) haben ein Mandat an die Konjunkturforschungsstelle (KOF) der ETH Zürich vergeben, das sowohl die Überprüfung der Methoden für die Einnamenschätzung der direkten Bundessteuer als auch die Erarbeitung von Vorschlägen für mögliche Anpassungen der Schätzmethoden beinhaltet. Im Rahmen des Projektes überprüft die KOF die Methode für die Einnamenschätzung der direkten Bundessteuer und erarbeitet Vorschläge für mögliche Anpassungen der Schätzmethode. In Absprache mit den Auftraggebern wurden die folgenden Datenreihen definiert, die im Rahmen der Studie analysiert werden:

- a. Einnahmen des Kalenderjahres der direkten Bundessteuer (Einkommen + Gewinn + pauschale Steueranrechnung)
- b. Einnahmen des Kalenderjahres der Einkommensteuer
- c. Einnahmen des Kalenderjahres der Gewinnsteuer.

Hierbei wurden die publizierten Voranschläge als Referenzprognose festgelegt. In einem ersten Schritt wird die Qualität der Prognosen anhand ökonomischer Tests überprüft. In einem weiteren Schritt werden die Prognosen der ESTV mit Prognosen eines Random Walk Modells und anderer Zeitreihenmodelle (autoregressive und vektorautoregressive Modelle) verglichen. Die Voranschlagsprognosen wurden ebenfalls mit Prognosekombinationen verglichen. Die Datenbank des KOF-Makromodells bildet die Datengrundlage (in Echtzeit) für die erklärenden Variablen und deren Prognosen.

Die Hauptergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Statistische Verzerrungstests zeigen auf, dass die Voranschlagsprognosen der ESTV im Wesentlichen unverzerrt sind. Sowohl die Prognose der Totalerlöse als auch die Prognosen der getrennten Reihen (natürliche Personen und juristische Personen) sind weder systematisch unterschätzt noch systematisch überschätzt.

- Weitere statistische Tests deuten darauf hin, dass sich die Prognosegüte der natürlichen Personen über die Zeit tendenziell verschlechtert hat, wobei die statistische Evidenz diesbezüglich eher schwach ausfällt.
- Rationalitätstests überprüfen, ob die für die Prognose herangezogenen Informationen effizient verwendet wurden. Die Testergebnisse zeigen auf, dass die Annahme der Rationalität für die Prognosen der ESTV bei den Totaleinnahmen und bei den natürlichen Personen nicht verworfen werden kann. Bei den juristischen Personen wird die Rationalitätshypothese jedoch (schwach) verworfen. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass bei den juristischen Personen das Verbesserungspotenzial in Bezug auf die Prognose der Steuereinnahmen am grössten ist.
- Im Rahmen der Studie werden die Prognosen der ESTV mit ökonometrischen Prognosen basierend auf einem Random Walk Modell bzw. auf autoregressiven und vektorautoregressive Modellen verglichen. Hierbei werden auch Prognosekombinationen aus verschiedenen ökonometrischen Modellen und der ESTV-Prognose zugelassen. Der Prognosevergleich zeigt auf, dass die Prognose der ESTV gegenüber den anderen Prognosen gut ausfällt.
- Jedoch ist hierbei anzumerken, dass die Voranschlagsprognose durch eine Prognosekombination verbessert werden kann. Der Prognosevergleich zeigt auf, dass die Voranschlagsprognose der natürlichen Personen durch eine Kombination mit einem VAR Modell verbessert werden kann. Die beste Prognosegüte liegt vor, wenn die VAR-Prognose mit der Voranschlagsprognose kombiniert wird, wobei der 5-Jahres-Durchschnitt des Kehrwerts der Prognosefehler zur Gewichtung der einzelnen Prognosen verwendet wird.
- Des Weiteren zeigt der Prognosevergleich auf, dass die Summe der besten Prognosen bei den natürlichen Personen und bei den juristischen Personen einen kleineren Prognosefehler generieren als die Prognose, die direkt aus der Reihe der Totaleinnahmen erstellt wird. Eine desaggregierte Vorgehensweise ist daher einem aggregierten Ansatz vorzuziehen.

- Die Voranschlagsprognose der juristischen Personen kann bei Verwendung einer Kombination aus der Voranschlagsprognose und einer AR2-Prognose verbessert werden, jedoch nicht systematisch. Die Genauigkeitsindikatoren und der Rationalitätstest weisen darauf hin, dass die Prognose der juristischen Personen das grösste Verbesserungspotenzial aufweist. Diese Datenreihe sollte in der Zukunft systematischer erforscht werden. In dem Zusammenhang sollte die Datengrundlage verbessert werden.
- Zum Schluss sollte noch erwähnt werden, dass die Reihen der direkten Bundessteuer erst ab 1985 getrennt verfügbar sind. Um den Prognosevergleich in Echtzeit durchführen zu können, werden im Rahmen der Studie die Reihen anhand kantonaler Daten retropoliert. Dieses Vorgehen kann die schlechte Prognoseleistung der Zeitreihenmodelle am Anfang der überprüften Periode durchaus erklären. Um die Echtzeitüberprüfung der Voranschlagsprognosen weiter zu verbessern, sollten die Datenreihen der juristischen und natürlichen Personen rückwirkend verlängert werden. Die Ergänzung der Datenlage ist umso wichtiger, als eine disaggregierter Vorgehensweise einem aggregierten Ansatz vorzuziehen ist.

## Résumé

L'Administration fédérale des contributions (AFC) et l'Administration fédérale des finances (AFF) ont chargé le Centre de recherches conjoncturelles (KOF) de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich d'examiner les méthodes d'estimation du produit de l'impôt fédéral direct et d'élaborer des suggestions d'amélioration de ces méthodes. Le KOF a défini en concertation avec les mandants les séries de données sur lesquelles doit porter son analyse :

- a. produit de l'impôt fédéral direct (revenu + bénéfice + imputation forfaitaire d'impôt) de l'année civile;
- b. produit de l'impôt sur le revenu de l'année civile;
- c. produit de l'impôt sur le bénéfice de l'année civile.

L'AFC et le KOF ont établi les budgets publiés comme prévisions de référence. Dans un premier temps, le KOF a examiné la qualité des prévisions au moyen de tests économétriques. Dans un deuxième temps, il a comparé les prévisions de l'AFC à celles d'un modèle de marche aléatoire et d'autres modèles de séries chronologiques (modèles autorégressifs [AR] et modèles vectoriels autorégressifs [VAR]). Il a également comparé les prévisions budgétaires à des combinaisons de prévisions. La base de données du modèle macroéconomique du KOF constitue le fondement (en temps réel) des variables explicatives et de leurs prévisions. Les principaux résultats de l'analyse peuvent être résumés comme suit:

- Des tests de biais statistiques montrent que les prévisions budgétaires de l'AFC sont globalement exemptes de biais. Ni celles qui portent sur les recettes totales ni les prévisions différenciées (personnes physiques et personnes morales) ne présentent des surévaluations ou des sous-évaluations systématiques.
- Des tests statistiques supplémentaires indiquent que la précision des prévisions concernant les personnes physiques a eu tendance à se détériorer au fil du temps. L'évidence statistique soutenant ce résultat est toutefois plutôt faible.

- Des tests de rationalité vérifient si les informations sur lesquelles reposent les prévisions ont été utilisées efficacement. Leur résultat indique que l'on ne peut pas rejeter l'hypothèse de rationalité pour les prévisions de l'AFC concernant les recettes totales et les recettes de l'impôt sur les personnes physiques. L'hypothèse de rationalité peut cependant être rejetée, quoique faiblement, concernant les personnes morales. Ce résultat démontre que le potentiel d'amélioration des prévisions de recettes fiscales est le plus important s'agissant des personnes morales.
- Dans le cadre de l'étude, le KOF compare les prévisions de l'AFC à des prévisions économétriques fondées sur un modèle de marche aléatoire, sur des modèles AR de même que sur des modèles VAR. Les prévisions de l'AFC sont également comparées à des combinaisons constituées de différents modèles économétriques et des prévisions de l'AFC. Cette comparaison montre que les prévisions de l'AFC sont bonnes par rapport aux autres.
- Il convient toutefois de signaler que les prévisions budgétaires sont susceptibles d'être améliorées au moyen d'une combinaison de prévisions. Le comparatif montre qu'on peut améliorer les prévisions budgétaires concernant les personnes physiques en les combinant avec un modèle VAR. La qualité des prévisions est à son maximum lorsque les prévisions VAR sont combinées avec les prévisions budgétaires, la moyenne sur cinq ans de la valeur inverse des erreurs de prévision étant utilisée pour pondérer les différentes prévisions.
- La comparaison des prévisions montre aussi que la somme des meilleures prévisions concernant les personnes physiques et les personnes morales génère une erreur plus faible que les prévisions tirées directement des recettes totales. Il convient donc de privilégier une approche désagrégée par rapport à une approche agrégée.
- Quant aux prévisions budgétaires concernant les personnes morales, il est possible de les améliorer en les combinant avec des prévisions issues d'un

modèle AR2, mais pas de façon systématique. Les indices d'exactitude et le test de rationalité indiquent que les prévisions concernant les personnes morales présentent le potentiel d'amélioration le plus élevé. Cette série de données devrait faire à l'avenir l'objet d'examen plus systématiques. Il convient par conséquent d'améliorer le fondement de ces données.

- Pour conclure, précisons que les séries concernant l'impôt fédéral direct ne sont disponibles séparément qu'à partir de 1985. Afin de pouvoir comparer les prévisions en temps réel, les séries sont rétropolées au moyen de données cantonales. Ce procédé peut très bien expliquer la mauvaise qualité des prévisions établies par les modèles de séries chronologiques au début de la période examinée. Pour améliorer encore l'examen en temps réel des prévisions budgétaires, il faudrait prolonger rétroactivement les séries de données relatives aux personnes morales et aux personnes physiques. Il est d'autant plus important de compléter ces bases de données qu'une approche désagrégée est préférable à une approche agrégée.

# 1 Ausgangslage und Erläuterungen

Die Eidgenössische Steuerverwaltung (ESTV) und die Eidgenössische Finanzverwaltung (EFV) haben ein Mandat an die Konjunkturforschungsstelle (KOF) an der ETH Zürich vergeben, das sowohl die Überprüfung der Methoden für die Einnahmenschätzung der direkten Bundessteuer als auch die Erarbeitung von Vorschlägen für mögliche Anpassungen der Schätzmethoden beinhaltet. Im Rahmen des Projektes überprüft die KOF die Methode für die Einnahmenschätzung der direkten Bundessteuer und erarbeitet Vorschläge für mögliche Anpassungen der Schätzmethode. In Absprache mit den Auftraggebern wurden die folgenden Datenreihen definiert, die im Rahmen der Studie analysiert werden:

- a. Einnahmen des Kalenderjahres der direkten Bundessteuer (Einkommen + Gewinn + pauschale Steueranrechnung)
- b. Einnahmen des Kalenderjahres der Einkommensteuer
- c. Einnahmen des Kalenderjahres der Gewinnsteuer.

Hierbei wurden die publizierten Voranschläge als Referenzprognose festgelegt. In einem ersten Schritt wird die Qualität der Prognosen anhand ökonomischer Tests überprüft. In einem weiteren Schritt werden die Prognosen der ESTV mit Prognosen eines Random Walk Modells und anderer Zeitreihenmodelle (autoregressive und vektorautoregressive Modelle) verglichen. Die Voranschlagsprognosen wurden ebenfalls mit Prognosekombinationen verglichen. Die Datenbank des KOF-Makromodells bildet die Datengrundlage (in Echtzeit) für die erklärenden Variablen und deren Prognosen, die basierend auf einem vektorautoregressiven Modell (VAR) erstellt werden.

Vorab ist es uns wichtig zu erwähnen, dass alle vorgeschlagenen simulationsbasierten und ökonomischen Prognosen in Echtzeit durchgeführt werden. Bei der Erstellung einer Prognose werden damit nur die Informationen berücksichtigt, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Prognose zur Verfügung stehen. Diese Vorgehensweise gewährleistet, dass sich z.B. beim Vergleich von Prognosen nur das Verfahren ändert, jedoch nicht die zeitliche Verfügbarkeit von Informationen. Zu diesem Zweck muss die zeitliche Dimension der Informationsflüsse

sorgfältig berücksichtigt werden. Tabelle 19 im Appendix A.1 stellt die zeitliche Dimension der Informationsflüsse dar. Zum Beispiel, die Einnahmen im Voranschlag des Kalenderjahres 2012 ( $t + 1$ ) werden im Laufe des Jahres 2011 ( $t$ ) prognostiziert. Zu diesem Zeitpunkt (Ende Mai ( $m$ )) ist nur das Rechnungsergebnis 2010 ( $t - 1$ ) bekannt. Um eine Echtzeitprognose für 2012 zu erstellen, muss zuerst ein Nowcast für 2011 berechnet werden. Basiert auf diesem Nowcast ist dann die Prognose für 2012 zu erstellen.

## 2 Datenbeschreibung und Datenlage

### 2.1 Verfügbarkeit der Daten

Die Verfügbarkeit der Daten zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie wird in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Verfügbarkeit der Daten

Reihe	Verfügbarkeit
Ertrag (total) gemäss Staatsrechnung	1942-2015
Ertrag der natürlichen Personen gemäss Staatsrechnung	1985-2015
Ertrag der juristischen Personen gemäss Staatsrechnung	1985-2015
pauschale Steueranrechnung gemäss Staatsrechnung	1998-2015
Ertrag (total) gemäss Voranschlag	1985-2016
Ertrag der natürlichen Personen gemäss Voranschlag	1985-2016
Ertrag der juristischen Personen gemäss Voranschlag	1985-2016
pauschale Steueranrechnung gemäss Voranschlag	1998-2016

Mit Ausnahme der Totaleinnahmen gemäss Staatsrechnung ist keine Reihe länger als 31 Jahre verfügbar. Da die Voranschlagsprognose nur mit einer jährlichen Frequenz erstellt wird, wird die Überprüfung der Voranschlagsprognosen und der Prognosefehler auf maximal 30 Beobachtungen gestützt. Die Reihen der pauschalen Steueranrechnung sind erst ab 1998 verfügbar und werden in diesem Bericht nicht spezifisch überprüft. Da die Reihen der natürlichen Personen und der juristischen Personen von sehr unterschiedlicher Natur sind, ist

eine getrennte Behandlung dieser Reihen sehr wichtig. Diesbezüglich erweisen sich die relativ kurzen Reihen als problematisch, insbesondere weil entsprechend der Vorgabe durch die Auftraggeber die Entwicklung alternativer Methoden so weit wie möglich in Echtzeit durchgeführt werden soll. Um mit diesem Problem umzugehen, wurden die Reihen der natürlichen und juristischen Personen anhand kantonaler Reihen retropoliert. Das Verfahren der Retropolierung wird im Appendix A.2 beschrieben.

## 2.2 Deskriptive Statistik

Tabelle 2 gibt einen deskriptiven Überblick über die in der Studie verwendeten Daten. Die deskriptiven Statistiken werden für die Perioden 1985-2015 und 2000-2015 aufgeführt. Beide Perioden werden in der Studie separat behandelt.

Tabelle 2: Deskriptive Statistik (Mrd. Fr.)

	1985-2015		2000-2015		1985-2015		2000-2015		1985-2015		2000-2015	
	Tot (R)	Tot (V)	Tot (R)	Tot (V)	NP (R)	NP (V)	NP (R)	NP (V)	JP (R)	JP (V)	JP (R)	JP (V)
Mean	11.6	11.6	15.4	15.4	6.79	6.83	8.49	8.51	4.9	4.82	7.03	6.99
SD	4.71	4.78	3.18	3.37	2.19	2.22	1.51	1.59	2.63	2.69	1.77	1.9
Min	4.75	4.9	10.7	9.7	3.36	3.45	5.78	6.1	1.39	1.45	4.58	3.7
Max	20.1	20.4	20.1	20.4	10.5	10.8	10.5	10.8	9.81	9.82	9.81	9.82
N	31	31	16	16	31	31	16	16	31	31	16	16

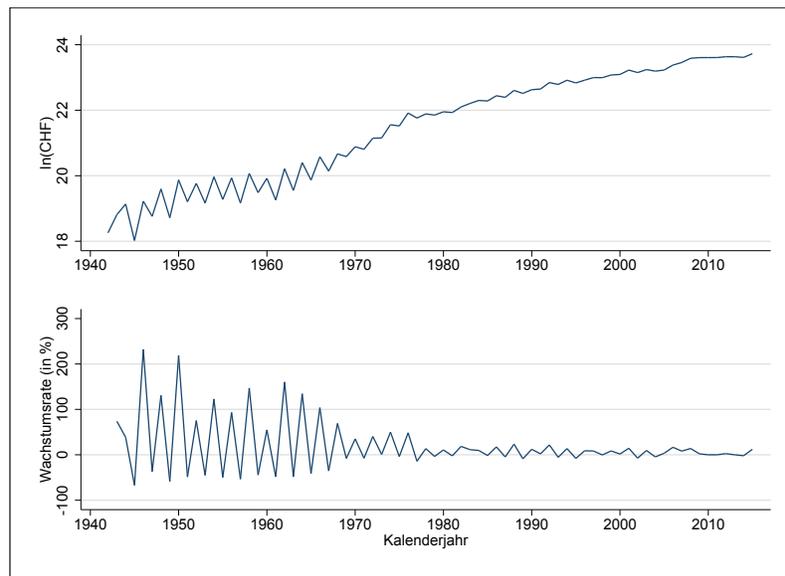
Die Differenz zwischen dem Voranschlag (V) und dem Rechnungsergebnis (R) ist bei den natürlichen Personen im Durchschnitt positiv und bei den juristischen Personen negativ. Die Differenzen gleichen sich jedoch bei den Totaleinnahmen (Tot) weitestgehend aus. Ebenfalls ist zu beobachten, dass bei den juristischen Personen die Standardabweichungen (SD) der jeweiligen Werte höher ausfallen als bei den natürlichen Personen. Die Variation führt im Aggregat zu höheren Standardabweichungen als in den Teilaggregaten. Die Tabelle zeigt ebenfalls auf, dass die Bedeutung der juristischen Personen im Zeitablauf tendenziell zugenommen hat. Im Vergleich zur Periode 1985-2015 liegt in der Periode 2000-2015 der Steuerertrag der juristischen Personen nicht mehr so weit hinter dem Steuerertrag der natürlichen Personen.

## 2.3 Graphische Darstellung der Reihen

### 2.3.1 Totaleinnahmen

Abbildung 1 stellt im oberen Teil den natürlichen Logarithmus der Totalerlöse dar. Die Datenreihe verdeutlicht, dass die Totalerlöse der direkten

Abbildung 1: Totalerlöse (1942-2015)



Bundessteuer über die ganze Periode betrachtet stark und quasi kontinuierlich gewachsen sind. Abbildung 1 zeigt ebenfalls deutlich, dass die Reihe nicht stationär ist. Die Wachstumsrate der Totalerlöse ist im unteren Teil der Abbildung 1 dargestellt. Zum Anfang der Zeitperiode weisen die Wachstumsraten starke Schwankungen auf, die sich zum Ende der Periode verringern. Die Stationarität der Reihe, die für die Anwendung von Zeitreihenmodellen notwendig ist, kann durch die Bildung Differenzen erster Ordnung deutlich verbessert werden. Differenzen höherer Ordnung tragen nicht dazu bei, die Stationarität der Reihe weiter zu verbessern.

### 2.3.2 Natürliche Personen

Im oberen Teil der Abbildung 2 wird der natürliche Logarithmus der Einnahmen der natürlichen Personen dargestellt. Die rote Linie markiert das Jahr 1985, d.h. das Jahr, ab dem die Retropolierung durchgeführt werden musste. Wie bei den Totaleinnahmen scheint die Stationarität der Wachstumsrate eher gegeben zu sein als die Stationarität der Niveauwerte. Die Wachstumsraten fallen manchmal extrem aus, insbesondere in den sechziger Jahren. Dieses Muster ist zum Teil auf das Retropolierungsverfahren zurückzuführen. Das benützte Verfahren führt wahrscheinlich zu einer gewissen Glättung der prognostizierten Reihe der juristischen Personen im Vergleich zu der wahren Reihe. Da die retropolierte Reihe (also vor 1985) der natürlichen Personen als die Differenz zwischen den Totaleinnahmen und den Einnahmen der juristischen Personen berechnet wurde, führt die Glättung der prognostizierten Daten der juristischen Personen dazu, dass die retropolierte Wachstumsrate der natürlichen Personen in manchen Jahren ansteigt.<sup>1</sup>

### 2.3.3 Juristische Personen

Abbildung 3 stellt im oberen Teil den natürlichen Logarithmus der Einnahmen der juristischen Personen dar. Wie bei den Totaleinnahmen ist die Stationarität der Wachstumsrate eher gegeben als die Stationarität des Niveauwertes. Wie bereits oben erwähnt ist davon auszugehen, dass die Retropolierung die Reihe etwas geglättet hat. Dies mag dazu beigetragen haben, dass die Wachstumsrate vor 1985 etwas weniger schwankt im Vergleich zu den Jahren nach 1985.

---

<sup>1</sup>Das zeitliche Muster der retropolierten Reihe der natürlichen Personen ist nicht inkonsistent mit der wirtschaftlichen Entwicklung in der jeweiligen Periode. Zwischen 1960 und 1964 ist die Schweizer Wirtschaft jährlich um mehr als 10% nominell gewachsen. Die Progressivität des Einkommensteuertarifs als auch die seinerzeit noch existierende kalte Progression führen zu einer überproportionalen Veränderung der Steuereinnahmen im Vergleich zu der Veränderung der persönlichen Einkommensteuerbasis. Ebenfalls mag der Effekt des zweijährigen Praenumerando-Systems die Schwankungen am Anfang der Periode erklären, da die Überweisungen zur Finanzrechnung erst ab 1968 durch ein Ausgleichskonto geglättet werden.

Abbildung 2: Natürliche Personen (1946-2015)

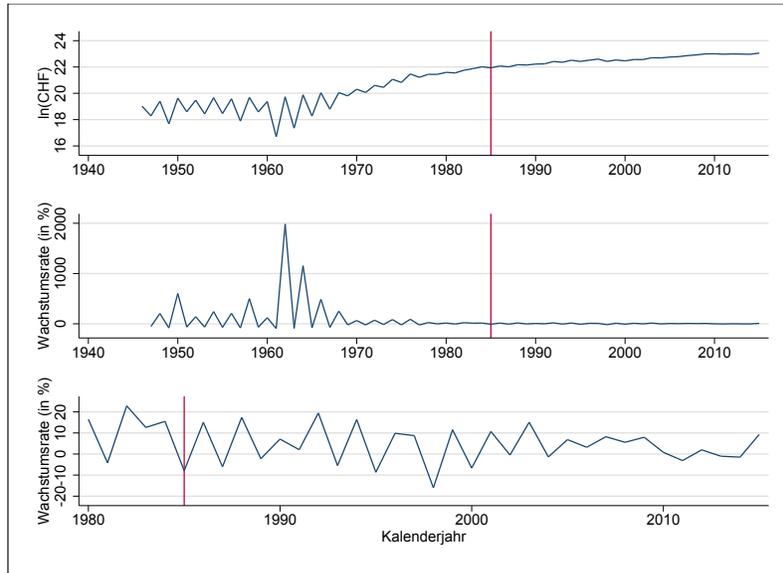
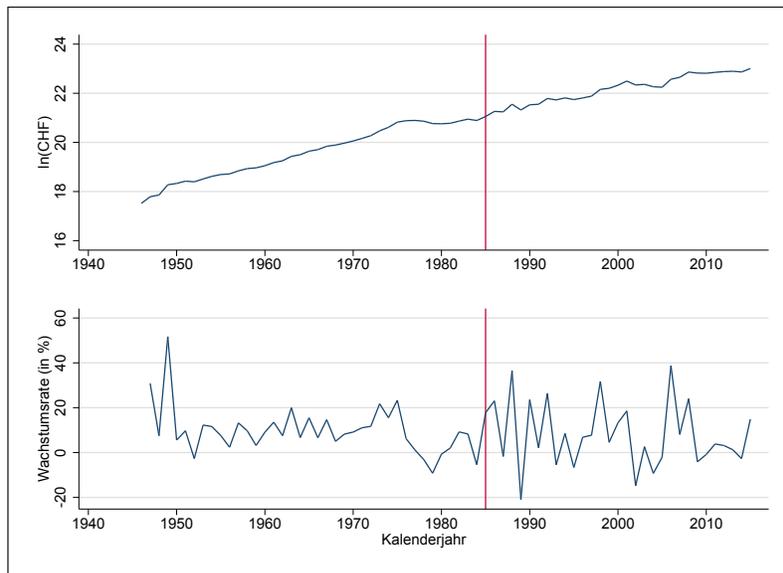


Abbildung 3: Juristische Personen (1946-2015)



### 3 Prognosegenauigkeit und Rationalitätstest

In diesem Abschnitt werden die Genauigkeit und die Rationalität der Prognosen des ESTV analysiert. Um die Genauigkeit der Prognosen zu messen, verwenden wir zwei unterschiedliche Genauigkeitsindikatoren: der mittlere absolute Prognosefehler in Prozent (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) und der mittlere quadratische Fehler (Root Mean Squared Percentage Error - RMSPE). Die Indikatoren werden wie folgt berechnet:

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_t \frac{|R_t - V_t|}{R_t} \quad (1)$$

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_t \left( \frac{R_t - V_t}{R_t} \right)^2} \quad (2)$$

Hierbei ist  $V$  der Voranschlagswert,  $R$  ist der Rechnungswert,  $t$  bezeichnet die Zeitperiode und  $T$  ist die Anzahl der berücksichtigten Perioden. Zusätzlich zu den beiden Genauigkeitsindikatoren berechnen wir den mittleren Prognosefehler in Prozent:

$$MPE = \frac{1}{T} \sum_t \frac{R_t - V_t}{R_t} \quad (3)$$

Der Indikator beinhaltet eher wenig Information über die Genauigkeit der Prognose. Er lässt jedoch Schlüsse über eine mögliche systematische Verzerrung der Prognose zu.

#### 3.1 Prognosefehler

Tabelle 3 zeigt für die drei berücksichtigten Voranschlagsprognosen die Werte der drei Indikatoren.

Der MAPE-Indikator weist bei den Totaleinnahmen einen Wert von 4.2% auf. Im Verhältnis zum Rechnungsergebnis 2015 entspricht der Fehler einem Betrag von ungefähr 845 Mio. Fr. Der korrespondierende Betrag für die zeitnähere Periode 2000-2015 beträgt 4.71%. Der höhere Betrag lässt darauf schliessen, dass sich die Genauigkeit der Prognose im Zeitablauf verschlechtert hat. Die Prognosewerte der juristischen bzw. natürlichen Personen haben sich diesbezüglich

Tabelle 3: Prognosefehler

		1985-2015	2000-2015
TOT	MAPE	4.20%	4.71%
	RMSPE	5.16%	5.84%
	MPE	0.45%	0.18%
NP	MAPE	3.64%	4.06%
	RMSPE	4.65%	5.23%
	MPE	-0.59%	-0.28%
JP	MAPE	7.97%	7.82%
	RMSPE	10.72%	10.45%
	MPE	1.67%	0.48%

unterschiedlich entwickelt. Während der MAPE bei den juristischen Personen leicht gesunken ist, ist der MAPE bei den natürlichen Personen gestiegen. Der RMSPE zeigt ein ähnliches Bild wie der MAPE auf. Ein formaler Test der zeitlichen Entwicklung der Prognosefehler wird im Abschnitt 3.3 vorgenommen.

Der MPE deutet darauf hin, dass die Gesamteinnahmen in beiden Perioden leicht unterschätzt wurden. Die Einnahmen der juristischen Personen wurden ebenfalls tendenziell unterschätzt. Diese Tendenz hat sich über die Zeit abgeschwächt. Im Gegenteil zu den Gesamteinnahmen und zu den juristischen Personen wurden die Einnahmen der natürlichen Personen eher überschätzt. Diese Tendenz schwächt sich mit der Zeit ebenfalls ab. Im Allgemeinen deutet der MPE darauf hin, dass die Voranschlagsprognosen nicht signifikant systematisch verzerrt sind. Um diese Intuition formal zu überprüfen, werden im nächsten Abschnitt sog. Verzerrungstests durchgeführt.

### 3.2 Verzerrung der Prognosefehler

Um zu testen, ob die Voranschlagsprognosen systematisch verzerrt sind, regressieren wir den Fehler in Prozent ausgedrückt auf eine Konstante und testen, ob die Konstante ( $\kappa$ ) statistisch unterschiedlich von null ist. Wenn nicht, dann ist die Prognose unverzerrt. Formal schätzen wir die folgende Gleichung und testen die statistische Signifikanz des Parameters  $\kappa$ :

$$PE_t = \kappa + \epsilon_t \tag{4}$$

Tabelle 4: Verzerrungstest

	$\kappa$	SD	p-Wert
TOT	0.44519	0.93899	0.639
NP	-0.58751	0.84259	0.491
JP	1.67199	1.9341	0.394

Der Term  $\epsilon_t$  ist der Fehlerterm, der konventionellen Annahmen genügt. Die Schätzung wird für alle drei Reihen durchgeführt. Die Schätzergebnisse für  $\kappa$ , die Standardabweichungen und die p-Werte sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Für die drei Reihen kann die Hypothese, dass  $\kappa$  gleich null ist, nicht verworfen werden. Daraus kann geschlossen werden, dass die Voranschlagsprognosen im Wesentlichen unverzerrt sind.

### 3.3 Zeitentwicklung der Prognosefehler

Tabelle 3 deutet bereits darauf hin, dass sich die Genauigkeit der Prognosen beim Total und bei den natürlichen Personen über den Zeitablauf verschlechtert hat. Wir testen die Zeitentwicklung des Prognosefehlers formal, indem wir den absoluten Prognosefehler in Prozent auf eine Konstante ( $\mu$ ) und einen Zeittrend ( $t$ ) regressieren.  $\gamma$  ist der mit dem Trend verbundene Parameter. Hierzu schätzen wir die folgende Gleichung separat für die drei Reihen:

$$APE_t = \mu + \gamma * t + \epsilon_t, \quad (5)$$

wobei  $\epsilon_t$  der Störterm ist. Aus den Schätzergebnissen, die in Tabelle 5 dargestellt

Tabelle 5: Zeitliche Entwicklung

	$\mu$	$\gamma$	p-Wert
TOT	3.30761 (1.12726)	0.05568 (0.0615)	0.373
NP	2.0603 (1.05277)	0.09844 (0.05743)	0.097
JP	8.74852 (.14874)	-.04872 (2.72637)	0.746

werden, wird ersichtlich, dass der Koeffizient  $\gamma$  beim Total und bei den natürli-

chen Personen positiv ist, was auf einer Verschlechterung der Prognose über die Zeit hindeutet. Die Standardabweichungen sind in Klammern dargestellt und die  $p$ -Werte für den Koeffizienten  $\gamma$  sind in der letzten Spalte aufgeführt. Beim Total kann die Hypothese, dass der Parameter  $\gamma$  gleich null ist, nicht verworfen werden. Bei den natürlichen Personen ist der Koeffizient  $\gamma$  positiv, was auf eine Verschlechterung der Prognosegenauigkeit hindeutet, wobei die statistische Evidenz eher schwach ausfällt. Bei den juristischen Personen ist der Koeffizient  $\gamma$  negativ, was auf eine Verbesserung der Prognose über die Zeit hindeutet. Der Parameter  $\gamma$  ist aber statistisch nicht unterschiedlich von null.

### 3.4 Rationalität der Prognose

Rationalitätstests dienen der formalen Überprüfung der Prognosegüte. Sie schätzen ab, inwiefern Informationen zur Prognose der Einnahmen effizient genutzt wurden. Um die Rationalität der Prognose abzuschätzen, wird das folgende Modell separat für die drei Reihen geschätzt:

$$r_t = \alpha + \beta v_t + \epsilon_t, \quad (6)$$

wobei  $r_t$  die Wachstumsrate des Rechnungswerts ist und  $v_t$  die Wachstumsrate der Voranschlagsprognose bezeichnet. Die Prognose wird als rational qualifiziert, wenn die gemeinsame Hypothese ( $\alpha=0; \beta=1$ ) nicht verworfen werden kann.

Tabelle 6: Rationalitätstest

	$\alpha$			$\beta$			$(\alpha; \beta)$
	Par	SD	p-Wert	Par	SD	p-Wert	p-Wert
TOT	0.012452	0.01243	0.3250	0.775487	0.122728	0.0000	0.2054
NP <sup>1</sup>	0.012159	0.0133227	0.3690	0.715579	0.131175	0.0000	0.1060
JP	0.030017	0.023749	0.217	0.620335	0.142323	0.0000	0.0419

<sup>1</sup> Bei den natürlichen Personen werden robuste Standardfehler angegeben, da die Residuen signifikant autokorreliert sind. Bei den juristischen Personen und bei dem Total sind die Residuen nicht signifikant autokorreliert.

Tabelle 6 zeigt sowohl das Ergebnis der Schätzung für die zwei Parameter  $\alpha$  und  $\beta$ , einschliesslich der Standardabweichungen und des p-Wertes, als auch

den p-Wert für den gemeinsamen Test ( $\alpha=0;\beta=1$ ). Die Hypothese der Rationalität kann sowohl bei den Totaleinnahmen als auch bei den natürlichen Personen bei Berücksichtigung konventioneller Signifikanzniveaus nicht verworfen werden. Diese Schlussfolgerung gilt jedoch nicht für die Prognose der Werte der juristischen Personen.<sup>2</sup> Dies deutet daraufhin, dass das Verbesserungspotenzial der Prognose bei den juristischen Personen am grössten ist. Im nächsten Abschnitt überprüfen wir, durch welche alternativen Prognosemodelle die Voranschlagsprognose verbessert werden kann.

---

<sup>2</sup>Das Schätzergebnis ist eher konservativ einzuschätzen, da in der Regression die Wachstumsraten des Voranschlags benützt werden. Die Wachstumsraten des Voranschlags dürften nur eine Annäherung der Wachstumsraten darstellen, die zur Erstellung der Prognose verwendet wurden. Deswegen können wir nicht ausschliessen, dass die Rationalität der Prognose bei Verwendung der letztgenannten Wachstumsraten besser ausfiele.

## 4 Prognosevergleich

Um die Voranschlagsprognosen eingehender zu überprüfen und Verbesserungsmöglichkeiten identifizieren zu können, werden in diesem Abschnitt alternative Prognosen anhand verschiedener ökonometrischer Modelle generiert.<sup>3</sup> Hierbei wird auf verschiedene Modelle der Zeitreihenökonomie zurückgegriffen. Zum Beispiel kann ein ‘naives’ Random-Walk-Modell benützt werden, welches annimmt, dass die beste Prognose einer Datenreihe der letzte bekannte Wert dieser Reihe ist. Dieses Modell ist ein üblicher Benchmark beim Vergleich von Prognosen. In manchen Fällen hat es sich als schwierig herausgestellt, diese Modell zu ‘schlagen’.<sup>4</sup> Des Weiteren können Prognosen anhand autoregressiver Modelle erstellt werden. Bei einem autoregressiven Modell wird angenommen, dass der heutige Wert der Variablen eine lineare Beziehung zu den eigenen verzögerten Werten aufweist. Anhand von Informationskriterien kann hierbei für jedes Jahr die optimale Anzahl von Verzögerungen und deren Gewichtungen (Parameter) bestimmt werden.<sup>5</sup>

Oft kann die Qualität einer Prognose dadurch verbessert werden, dass beim Erstellen der Prognose mehr Informationen berücksichtigt werden. Multivariate Modelle erlauben die Beziehung zwischen den erklärenden Variablen und der zu prognostizierenden Variable statistisch zu schätzen. Eines der meist benutzten Modelle ist das vektorautoregressive Modell (VAR). VARs erlauben die gegenseitige Abhängigkeit von zwei oder mehreren Zeitreihen statistisch zu modellieren, ohne dem Modell beträchtliche Beschränkungen aufzuerlegen. Jedoch muss in diesem Zusammenhang auch erwähnt werden, dass multivariate Modelle in der Erstellung aufwendiger sind. Die relevanten erklärenden Variablen und deren Verzögerungen müssen identifiziert werden. Zudem muss eine Prognose der relevanten erklärenden Variablen verfügbar sein, und dies in Echtzeit. Die

---

<sup>3</sup>Eine illustrative Beschreibung der vorgeschlagenen Modelle erfolgt im Anhang A.3.

<sup>4</sup>Siehe Kilian, L. and Taylor, M. P. (2003), Why is it so difficult to beat the random walk forecast of exchange rates? *Journal of International Economics*, 60, 85-107.

<sup>5</sup>Um eine Vorselektion der Anzahl der Verzögerungen und damit der möglichen Prognosemodelle durchzuführen, wurde die partielle Autokorrelation hinsichtlich ihrer statistischen Signifikanz überprüft. Darauf aufbauend wurden die besten Modelle anhand der Informationskriterien BIC (Bayesian Information Criteria) und AIC (Akaike Information Criteria) identifiziert.

Datenbank der KOF bietet eine grosse Anzahl an Variablen und deren Prognosen, die für eine Echtzeitschätzung von multivariaten Modellen benützt werden können.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass Kombinationen von Prognosen unter bestimmten Bedingungen genauer ausfallen als jede einzelne Prognose.<sup>6</sup> Wir benützen in diesem Zusammenhang zwei Kombinationsregeln: einfacher Durchschnitt und gewichteter Durchschnitt mit Gewichten, die aufgrund der vergangenen Genauigkeit der Prognosen berechnet werden. Die Prognosekombination wird dabei für verschiedene Typen von Einzelprognosen durchgeführt.

## 4.1 Ergebnis - Natürliche Personen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Prognosevergleichs für die natürlichen Personen präsentiert.

### 4.1.1 Periode 1985-2015

In Tabelle 7 und 8 werden die Genauigkeitsindikatoren von verschiedenen Prognosemodellen für die Periode 1985-2015 aufgeführt. Hierbei lässt sich feststellen, dass sich die Genauigkeit der Voranschlagsprognose im Verhältnis zu den anderen Modellen und Prognosekombinationen gut behaupten kann. Dieses Ergebnis lässt sich bei Verwendung beider Indikatoren feststellen. Nur die gewichtete Kombination der Voranschlagsprognose mit einem VAR-Modell ist der Voranschlagsprognose vorzuziehen.<sup>7</sup> Die Gewichtung beider Prognosen erfolgt durch den gleitenden Durchschnitt der in den letzten fünf Jahren beobachteten Prognosefehler der jeweiligen Prognose.<sup>8</sup> So ist zum Beispiel der mittlere absolute Prognosefehler (MAPE) der kombinierten Prognose V+VAR (w5) um 0.17

---

<sup>6</sup>Siehe Timmerman, A. (2006), Forecast Combinations, in G. Elliott., C.W.J. Granger and A. Timmerman (eds.), Handbook of Economic Forecasting, North-Holland: Elsevier, 135–196.

<sup>7</sup>Da die jeweiligen Werte der KOF-Prognosen erst ab 1998 verfügbar sind, wurde für die Jahre 1985-1997 ein AR2-Modell verwendet. Details über die Schätzung des VAR-Modells werden im Appendix A.3.1 aufgeführt.

<sup>8</sup>Bei der Erstellung der Prognosekombinationen werden einfache und gewichtete Durchschnitte verwendet. Als Gewichtungsmethode dient der Kehrwert der Geschichte der Prognosefehler und auch der gleitende Durchschnitt der in den letzten drei bzw. fünf Jahren beobachteten Prognosefehler der jeweiligen Prognosen. Alle Gewichtungsmethoden führen zu einem kleineren Prognosefehler im Vergleich zum einfachen Durchschnitt. Der gleitende Durchschnitt der letzten fünf Jahre weist hierbei den geringsten Prognosefehler auf.

Prozentpunkte kleiner als der Fehler der Voranschlagsprognose.<sup>9</sup> Das entspricht einem Betrag von ungefähr 17 Mio. Fr. im Verhältnis zum Rechnungsergebnis 2015.

Tabelle 7:		Tabelle 8:	
Prognose	RMSPE	Prognose	MAPE
V+VAR (w5)	4.32%	V+VAR (w5)	3.47%
<b>V</b>	4.65%	<b>V</b>	3.64%
V+VAR	4.74%	V+VAR	3.94%
V+AR2	4.82%	V+AR2	4.03%
V+AR2+VAR	5.27%	V+RW	4.38%
V+RW	5.38%	V+AR2+VAR	4.39%
V+RW+VAR	5.59%	V+RW+VAR	4.65%
V+RW+AR2	5.62%	V+RW+AR2	4.68%
V+RW+AR2+VAR	5.80%	V+RW+AR2+VAR	4.84%
VAR	6.62%	VAR	5.44%
AR2+VAR	6.67%	AR2+VAR	5.49%
AR2	6.78%	AR2	5.61%
RW+AR+VAR	6.99%	RW+AR+VAR	5.75%
RW+VAR	7.21%	RW+VAR	5.92%
RW+AR	7.27%	RW+AR	5.97%
RW	8.24%	RW	6.78%

Tabellen 7 und 8 vergleichen die unterschiedlichen Prognosen der Einnahmen der natürlichen Personen über die Periode 1985-2015 anhand des RMSPE-Indikators und des MAPE-Indikators.

Abbildung 4 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der VAR-Kombination sowie den Rechnungswert über die Periode 1985-2015 dar. Am Anfang der Periode scheinen beide Reihen eine relativ ähnliche Prognoseleistung zu haben. Ab dem Jahr 2000 führt jedoch die Kombination der Prognosewerte tendenziell zu kleineren Prognosefehlern.

In Abbildung 5 wird der absolute Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen dargestellt. Bis 1998 ist die Genauigkeit der Voranschlagsprognose gleich gut oder leicht besser als die Kombination der Voranschlagsprognose und des VAR-Modells. Von 1999 bis 2002 und wiederum ab 2008 wird die Voranschlagsprognose regelmässig von der Kombination in der Genauigkeit übertroffen.

<sup>9</sup>Diese Differenz ist aber statistisch nicht signifikant.

Abbildung 4: Einnahmen der Natürlichen Personen (1985-2015)

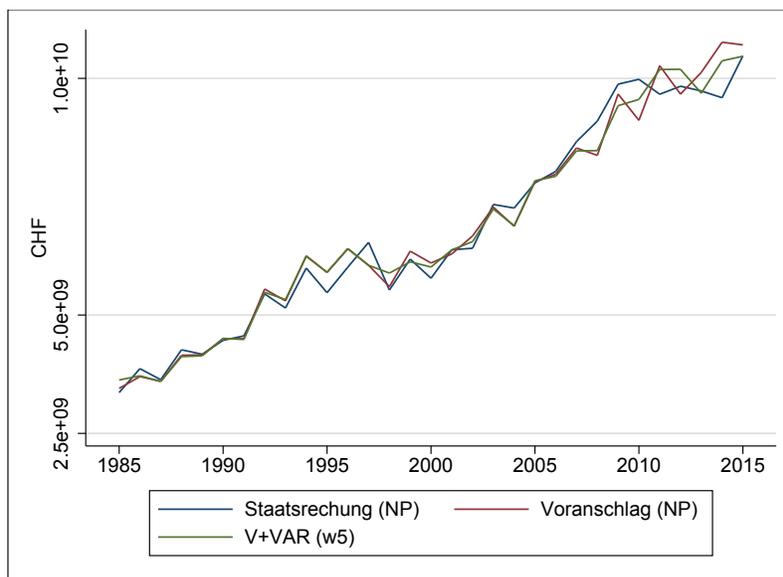


Abbildung 4 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der VAR-Kombination sowie den Rechnungswert über die Periode 1985-2015 dar.

#### 4.1.2 Periode 2000-2015

Die bessere Leistung der Prognosekombination in der zweiten Hälfte der untersuchten Zeitspanne wird in Tabelle 9 und 10 bestätigt. In beiden Tabellen werden die Genauigkeitsindikatoren für die kürzere Periode 2000-2015 berechnet. Die gewichtete Kombination der Voranschlagsprognose mit einem VAR-Modell weist mit 3.15% den kleinsten absoluten Fehler auf. Der entsprechende Wert der Voranschlagsprognose liegt bei 4.06%. Diese Differenz entspricht einem Betrag von ungefähr 95 Mio. Fr. im Verhältnis zum Rechnungsergebnis 2015. Gemäss dem RMSPE-Indikator führen andere Kombinationen wie der einfache Durchschnitt zwischen einem RW, einem VAR und der Voranschlagsprognose zu kleineren Fehlern als V+VAR (w5). Da RMSPE die relativ grösseren Fehler mehr gewichtet, heisst das, dass V+VAR (w5) etwas extremere Fehler als einige andere Kombinationen generiert. Auch hierbei ist anzumerken, dass über den Zeitraum 2000-2015 fast alle Kombinationen besser als die Voranschlagsprognose sind. Sogar die Prognose aus dem VAR-Modell allein schlägt die Voranschlags-

Abbildung 5: Absolute Prognosefehler der natürlichen Personen (1985-2015)

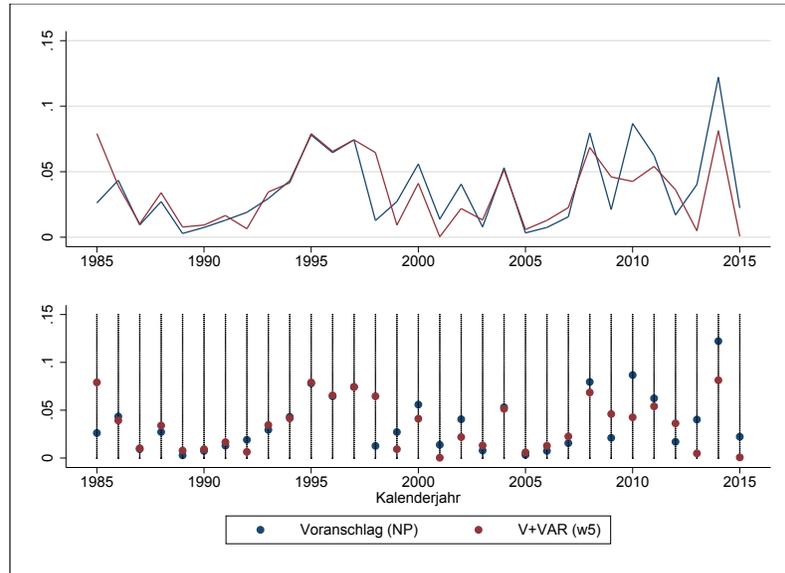


Abbildung 5 stellt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen über die Periode 1985-2015 dar.

prognose bei beiden Genauigkeitsindikatoren.

Tabelle 9:

Prognose	RMSPE
V+RW+VAR	3.87%
V+VAR	3.90%
V+AR+VAR	3.93%
V+RW	3.96%
V+VAR (w5)	3.97%
V+RW+AR+VAR	3.98%
V+RW+AR	3.98%
V+AR	4.08%
VAR	4.28%
AR+VAR	4.45%
RW+AR+VAR	4.55%
RW+VAR	4.61%
AR2	4.75%
RW+AR	4.77%
V	5.23%
RW	5.31%

Tabelle 10:

Prognose	MAPE
V+VAR (w5)	3.15%
V+VAR	3.16%
V+RW	3.22%
V+AR	3.32%
V+AR+VAR	3.35%
V+RW+VAR	3.38%
V+RW+AR	3.44%
V+RW+AR+VAR	3.51%
VAR	3.74%
AR+VAR	3.85%
V	4.06%
AR2	4.08%
RW+AR+VAR	4.12%
RW+VAR	4.22%
RW+AR	4.31%
RW	4.82%

Tabellen 9 und 10 vergleichen die unterschiedlichen Prognosen der Einnahmen der natürlichen Personen über die Periode 2000-2015 anhand des RMSPE-Indikators und des MAPE-Indikators.

Abbildung 6 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der VAR-Kombination sowie auf dem Rechnungswert in der Periode 2000-2015 dar. Abbildung 7 zeigt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen. Über die Zeitspanne ist der Prognosefehler bei Verwendung der Kombinationsprognose in 10 Jahren kleiner und in anderen Jahren nicht viel schlechter als der Fehler der Voranschlagsprognose. Eine Ausnahme stellt das Jahr 2009 dar.

Der Prognosevergleich bei den natürlichen Personen zeigt somit, dass die gewichtete Kombination der Voranschlagsprognose mit einem VAR-Modell die Genauigkeit der Prognose verbessert. Das Ergebnis ist robust in Bezug auf die Wahl des Indikators und der Zeitperiode.

Abbildung 6: Einnahmen der natürlichen Personen (2000-2015)

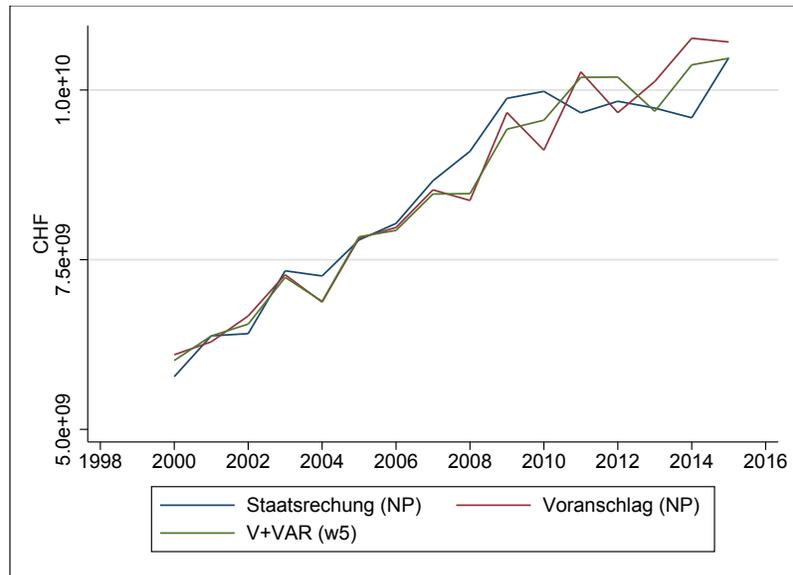


Abbildung 6 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der VAR-Kombination sowie den Rechnungswert über die Periode 1985-2015 dar.

## 4.2 Ergebnis - Juristische Personen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Prognosevergleichs für die juristischen Personen präsentiert. Hierbei lässt sich feststellen, dass die Voranschlagsprognose mit anderen Modellen oder Prognosekombinationen kaum zu schlagen ist. Die Kombination einer AR2-Prognose mit der Voranschlagsprognose weist über die Periode 2000-2015 einen kleineren RMSPE auf. Dieses Ergebnis ist aber nicht robust.

### 4.2.1 Periode 1985-2015

Tabelle 11 und 12 geben einen Überblick über die Werte der Genauigkeitsindikatoren für die verschiedenen Prognosemodelle im Zeitraum 1985-2015. Die Indikatoren weisen darauf hin, dass im Verhältnis zu den anderen Modellen und Prognosekombinationen die Genauigkeit der Voranschlagsprognose am höchsten ist. Die gewichtete und die ungewichtete Kombination der Voranschlagsprognose mit einer AR2-Prognose kommen den Werten für die Voranschlagsprognose

Abbildung 7: Absolute Prognosefehler der natürlichen Personen (2000-2015)

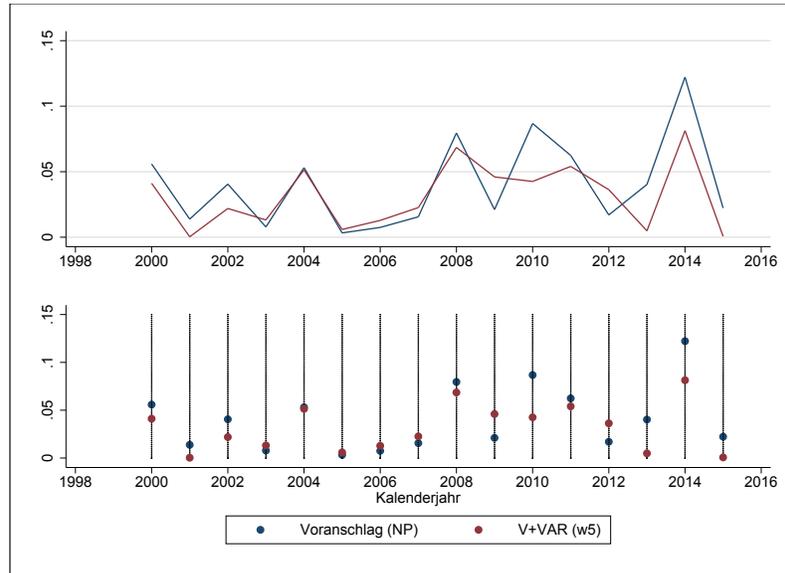


Abbildung 7 stellt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen über die Periode 2000-2015 dar.

am nächsten.

Tabelle 11:

Prognose	RMSPE
<b>V</b>	10.72%
V+AR2 (w)	11.34%
V+AR2	11.41%
V+VAR	11.62%
V+VAR (w)	11.67%
V+RW	12.12%
V+AR2+VAR	12.27%
V+RW+VAR	12.59%
V+RW+AR2	12.97%
V+RW+AR2+VAR	13.14%
AR2+VAR	14.86%
AR2	15.33%
RW+AR2+VAR	15.43%
VAR	15.45%
RW+VAR	15.64%
RW+AR2	16.44%
RW	18.05%

Tabelle 12:

Prognose	MAPE
<b>V</b>	7.97%
V+AR2 (w)	8.91%
V+AR2	9.02%
V+VAR (w)	9.36%
V+VAR	9.54%
V+RW	9.74%
V+RW+VAR	9.93%
V+AR2+VAR	9.98%
V+RW+AR2	10.08%
V+RW+AR2+VAR	10.14%
AR2+VAR	11.52%
RW+VAR	11.68%
RW+AR2+VAR	11.71%
AR2	11.96%
VAR	12.54%
RW+AR2	12.72%
RW	14.29%

Tabellen 11 und 12 vergleichen die unterschiedlichen Prognosen der Einnahmen der juristischen Personen über die Periode 1985-2015 anhand des RMSPE-Indikators und des MAPE-Indikators.

Abbildung 8 stellt die Voranschlagsprognose, die ungewichtete AR2-Kombination als auch den Rechnungswert über die Periode 1985-2015 dar. Abbildung 9 stellt den absoluten Prognosefehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen dar.

Die Abbildungen weisen darauf hin, dass die Kombination AR2+Voranschlag öfters erheblich grössere absolute Fehler verursacht als die Voranschlagsprognose. Dies gilt insbesondere für die Jahre 1986, 1990, 1992, 2006 und 2007. Die Kombination scheint jedoch ab dem Jahr 2009 systematisch bessere Prognosen zu erstellen (mit der Ausnahme für das Jahr 2015).

#### 4.2.2 Periode 2000-2015

Die ab dem Jahr 2009 relativ bessere Leistung der Kombination AR2+Voranschlag wird in den Tabellen 13 und 14, in denen die Indikatorwerte für die Periode 2000-2015 aufgeführt sind, bestätigt. Während der MAPE der Voranschlagsprognose nur knapp besser ist als der MAPE der Kombination, ist der RMSPE

Abbildung 8: Einnahmen der juristischen Personen (1985-2015)

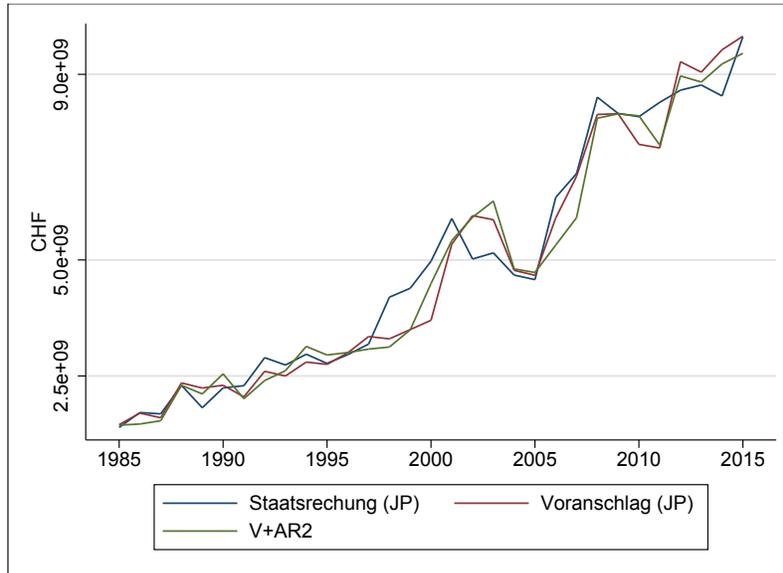


Abbildung 8 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der AR2-Kombination sowie den Rechnungswert über die Periode 1985-2015 dar.

der Kombination AR2+Voranschlag am kleinsten.

Abbildung 9: Absolute Prognosefehler der juristischen Personen (1985-2015)

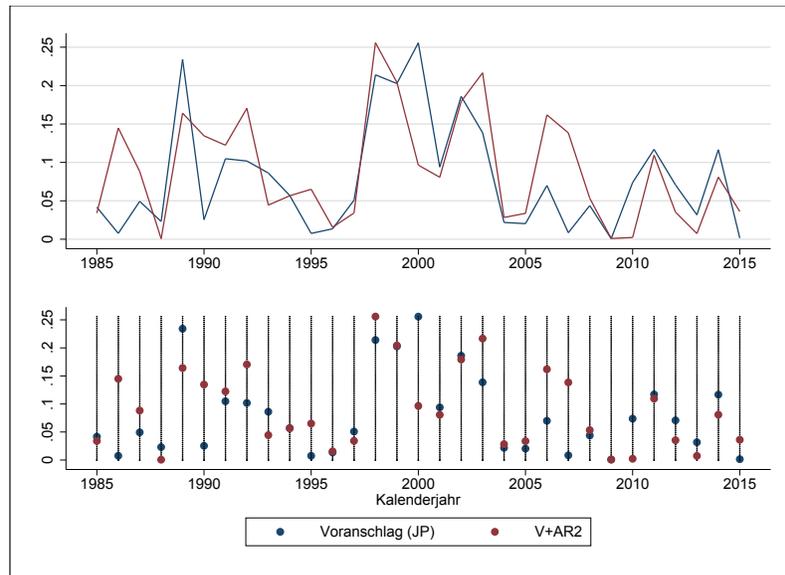


Abbildung 9 stellt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen über die Periode 1985-2015 dar.

Tabelle 13:

Prognose	RMSPE
V+AR2	10.19%
V	10.45%
V+AR2 (w)	10.47%
V+AR2+VAR	10.58%
V+VAR	10.65%
V+RW+VAR	10.93%
V+VAR (w)	11.14%
V+RW	11.26%
V+RW+AR2+VAR	11.34%
V+RW+AR2	11.75%
AR2+VAR	12.47%
RW+AR2+VAR	13.21%
RW+VAR	13.31%
AR2	13.54%
VAR	13.79%
RW+AR2	15.07%
RW	17.21%

Tabelle 14:

Prognose	MAPE
V	7.82%
V+AR2	7.88%
V+RW+AR2+VAR	8.02%
V+RW+VAR	8.06%
V+RW+AR2	8.35%
V+AR2 (w)	8.48%
V+AR2+VAR	8.51%
V+RW	8.61%
V+VAR	8.89%
RW+VAR	8.95%
AR2+VAR	9.04%
RW+AR2+VAR	9.19%
V+VAR (w)	9.36%
AR2	9.89%
RW+AR2	10.97%
VAR	11.02%
RW	13.35%

Tabellen 13 und 14 vergleichen die unterschiedlichen Prognosen der Einnahmen der juristischen Personen über die Periode 2000-2015 anhand des RMSPE-Indikators und des MAPE-Indikators.

Abbildung 10 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der ungewichteten AR2-Kombination und den Rechnungswert in der Periode 2000-2015 dar. Abbildung 11 zeigt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen. Ab dem Jahr 2009 schneidet die Kombination Voranschlag+AR2 im Vergleich zur Voranschlagsprognose in vielen Jahren deutlich besser ab (bis auf das Jahr 2015). Hierbei ist zu erwähnen, dass die Voranschlagsprognose 2015 mit einem absoluten Fehler von 0.15% die zweitbeste Prognose über die gesamte Periode ist. Nur im Jahr 2009 fiel der Prognosefehler in Höhe von 0.08% kleiner aus. Das Jahr 1995 weist mit 0.75% den dritthöchsten Prognosefehler auf. Es sei hierbei noch angemerkt, dass ohne das Jahr 2015, d.h. für die Periode 2000-2014, die Kombination Voranschlag+AR2 zu einem kleineren MAPE führt.

Abbildung 10: Einnahmen der juristischen Personen (2000-2015)

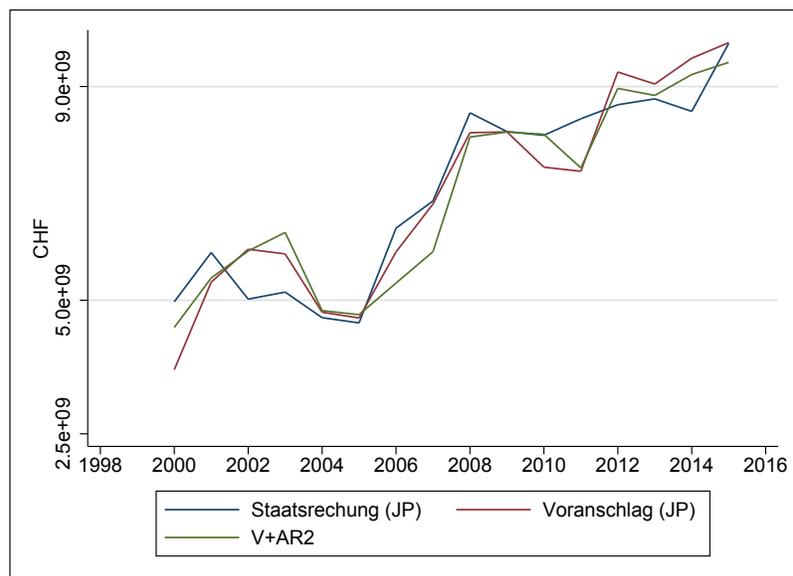


Abbildung 10 stellt die Voranschlagsprognose, die Prognose basierend auf der AR2-Kombination sowie den Rechnungswert über die Periode 2000-2015 dar.

Es lässt sich damit festhalten, dass bei den juristischen Personen die Voranschlagsprognose gegenüber alternativen Modellen und Prognosekombinationen eine gute Prognoseleistung aufweist. Für die Periode 2000-2015 ist eine Kombi-

Abbildung 11: Absolute Prognosefehler der juristischen Personen (2000-2015)

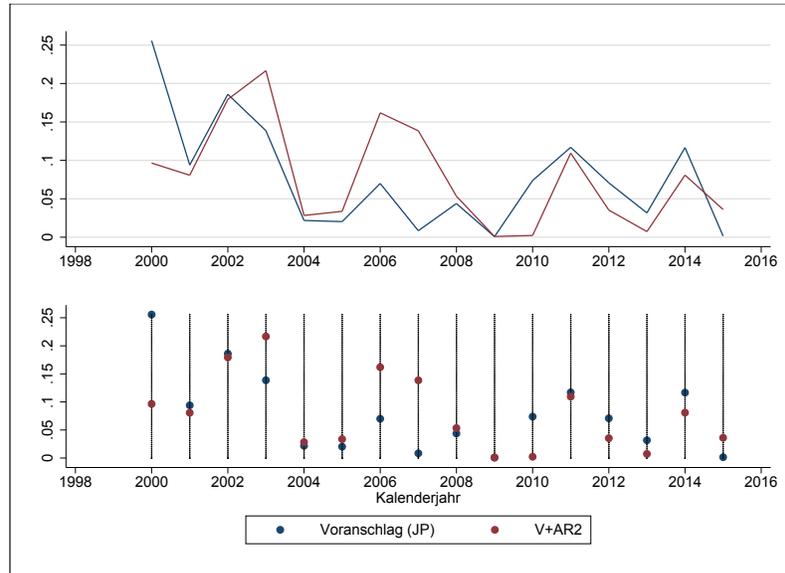


Abbildung 11 stellt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen über die Periode 2000-2015 dar.

nation der Voranschlagsprognose mit einer AR2-Prognose ebenfalls vielversprechend zu sein, obgleich, basierend auf dem MAPE-Indikator, die Voranschlagsprognose geringfügig besser ist.

### 4.3 Ergebnis - Totaleinnahmen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Prognosevergleichs für die Total-einnahmen präsentiert. Zusammenfassend lässt sich hierbei festhalten, dass die Summe der besten separaten Prognosen bei den natürlichen bzw. juristischen Personen einen kleineren Prognosefehler aufweist als die Voranschlagsprognose. Ein desaggregierter Ansatz ist daher einer aggregierten Vorgehensweise vorzuziehen.

#### 4.3.1 Periode 1985-2015

Tabelle 15 und 16 zeigen die Werte der Genauigkeitsindikatoren für die Periode 1985-2015. Im Verhältnis zu den anderen Modellen und Prognosekombinationen fällt die Genauigkeit der Voranschlagsprognose höher aus, sowohl bei Verwendung des RMSPE als auch des MAPE-Indikators. Jedoch weisen beide Indikatoren einen noch geringeren Wert auf, wenn ein desaggregierter Prognoseansatz verfolgt wird, d.h. wenn die Summe der besten Prognosen der getrennten Reihen (NJ) verwendet wird. Die verwendeten Prognosen sind bei den juristischen Personen die Voranschlagsprognose und bei den natürlichen Personen die gewichtete Kombination aus der Voranschlagsprognose und einer VAR-Prognose.<sup>10</sup> Der absolute Prognosefehler ist ca. 0.15 Prozentpunkte kleiner als der Fehler der Voranschlagsprognose.<sup>11</sup> Das entspricht einem Betrag von ungefähr 30 Mio. Fr. im Verhältnis zum Rechnungsergebnis 2015.

---

<sup>10</sup>Der Voranschlagswert der pauschalen Steueranrechnung wird hinzuaddiert.

<sup>11</sup>Dieser Differenz ist aber statistisch nicht signifikant.

Tabelle 15:

Prognose	RMSPE
NJ	5.03%
<b>V</b>	5.16%
NJ+AR2	5.40%
NJ+RW	5.66%
NJ+VAR	5.85%
NJ+AR2+VAR	6.00%
NJ+RW+AR2	6.08%
NJ+RW+VAR	6.20%
NJ+RW+AR2+VAR	6.38%
AR2	7.51%
RW+AR2	7.69%
RW+AR2+VAR	7.69%
AR2+VAR	7.69%
RW +VAR	8.15%
RW	8.15%
VAR	9.66%

Tabelle 16:

Prognose	MAPE
NJ	4.05%
<b>V</b>	4.20%
NJ+AR2	4.64%
NJ+RW	4.80%
NJ+VAR	4.95%
NJ+RW+AR2	5.08%
NJ+AR2+VAR	5.16%
NJ+RW+VAR	5.31%
NJ+RW+AR2+VAR	5.38%
AR2	5.94%
RW+AR2	6.09%
RW+AR2+VAR	6.17%
AR2+VAR	6.21%
RW	6.29%
RW+VAR	6.50%
VAR	8.00%

Tabellen 15 und 16 vergleichen die unterschiedlichen Prognosen der Totalerinnahmen über die Periode 1985-2015 anhand des RMSPE-Indikators und des MAPE-Indikators.

Abbildung 12 stellt die Voranschlagsprognose, die Summe der getrennten Prognosen (NJ) sowie den Rechnungswert in der Periode 1985-2015 dar. Abbildung 13 zeigt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen. Hieraus lässt sich ablesen, dass bis auf das Jahr 1985 beide Methoden Prognosen von ähnlicher Genauigkeit generieren. Ab dem Jahr 1998 generiert jedoch die NJ Prognose regelmässig kleinere Prognosefehler.

#### 4.3.2 Periode 2000-2015

Die ab dem Jahr 1998 bessere Leistung der NJ-Prognose wird in den Tabellen 17 und 18 bestätigt.

Abbildung 12: Totaleinnahmen (1985-2015)

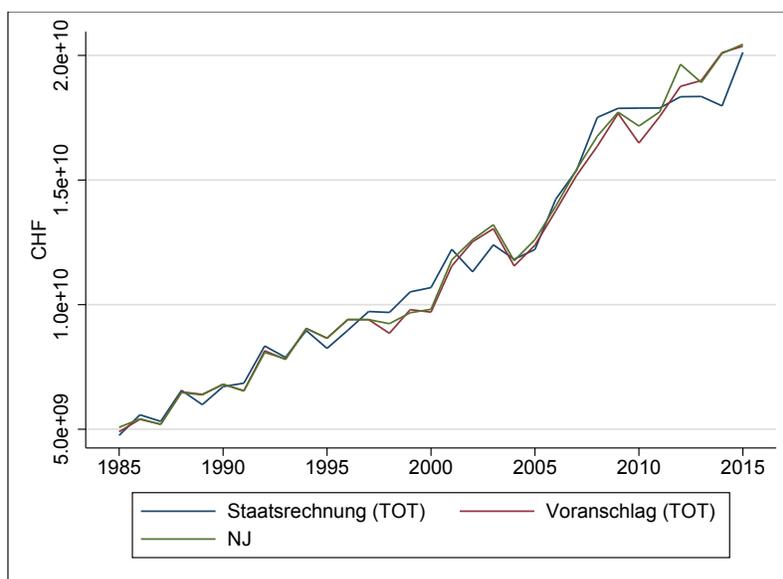


Abbildung 12 stellt die Voranschlagsprognose, die desaggregierte Prognose als auch den Rechnungswert über die Periode 1985-2015 dar.

Tabelle 17:

Prognose	RMSPE
NJ+AR2	5.59%
NJ+RW	5.67%
NJ	5.76%
<b>V</b>	5.90%
NJ+RW	6.11%
NJ+RW	6.61%
NJ+AR2+VAR	6.61%
NJ+RW+AR2+VAR	6.64%
NJ+VAR	7.03%
AR2	7.64%
RW+AR2	7.71%
RW+AR2+VAR	7.72%
AR2+VAR	7.96%
RW+VAR	8.01%
RW	8.01%
VAR	9.66%

Tabelle 18:

Prognose	MAPE
NJ	4.52%
NJ+AR2	4.65%
NJ+RW	4.65%
<b>V</b>	4.83%
NJ+RW+AR2	4.94%
NJ+RW+AR2+VAR	5.50%
NJ+RW+AR2	5.58%
NJ+RW+AR2+VAR	5.59%
AR2	5.92%
RW+AR2	5.92%
RW	5.98%
RW+AR2+VAR	6.08%
NJ+VAR	6.17%
RW+VAR	6.37%
AR2+VAR	6.42%
VAR	8.00%

Tabellen 17 und 18 vergleichen die unterschiedlichen Prognosen der Totaleinnahmen über die Periode 1985-2015 anhand des RMSPE-Indikators und des MAPE-Indikators.

Abbildung 13: Absolute Prognosefehler der Totalerinnahmen (1985-2015)

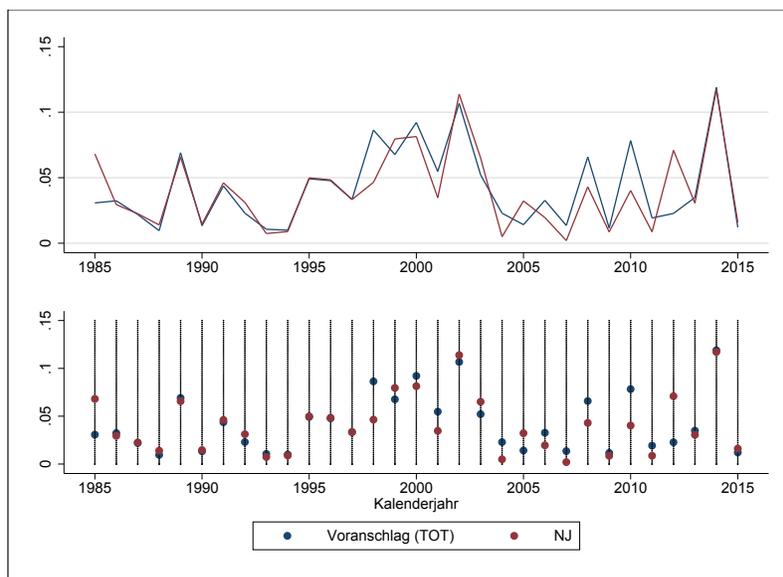


Abbildung 13 stellt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen über die Periode 1985-2015 dar.

Die Differenz der Prognosefehler zwischen NJ und V beträgt bei Verwendung des MAPE-Indikators 0.31 Prozentpunkte. Das entspricht einem Betrag von ungefähr 60 Mio. Fr. im Verhältnis zum Rechnungsergebnis 2015. Zusätzlich zur NJ-Prognose leistet auch die Kombination der NJ-Prognose mit einer AR2-Prognose einen kleineren absoluten Prognosefehler als die Voranschlagsprognose. Gemäss dem RMSPE-Indikator liefert die zuletzt genannte Kombination sogar die beste Prognose.

Abbildung 14 stellt die Voranschlagsprognose, die NJ-Prognose sowie den Rechnungswert in der Periode 2000-2015 dar. Abbildung 15 stellt den absoluten Fehler in Prozent der Einnahmen beider Prognosen dar. Über den Zeitraum liefert die NJ-Prognose in elf Jahren einen kleineren Prognosefehler. Insbesondere in der Periode 2006-2011 ist die NJ-Prognose systematisch besser als die Voranschlagsprognose.

Abbildung 14: Totaleinnahmen (2000-2015)

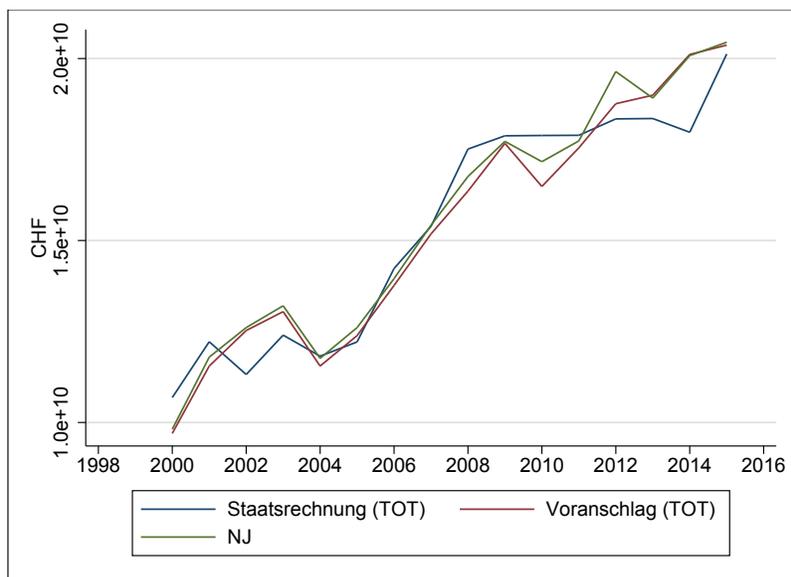


Abbildung 14 stellt die Voranschlagsprognose, die desaggregierte Prognose sowie den Rechnungswert über die Periode 2000-2015 dar.

## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Hauptergebnisse der Studie und die darauf aufbauenden Schlussfolgerungen lassen sich stichpunktartig wie folgt zusammenfassen:

- Statistische Verzerrungstests zeigen auf, dass die Voranschlagsprognosen der ESTV im Wesentlichen unverzerrt sind. Sowohl die Prognose der Totaleinnahmen als auch die Prognosen der getrennten Reihen (natürliche Personen und juristische Personen) sind weder systematisch unterschätzt noch systematisch überschätzt.
- Weitere statistische Tests deuten darauf hin, dass sich die Prognose der natürlichen Personen über die Zeit tendenziell verschlechtert hat, wobei die statistische Evidenz diesbezüglich eher schwach ausfällt.
- Rationalitätstests überprüfen, ob die für die Prognose herangezogenen Informationen effizient verwendet wurden. Die Testergebnisse zeigen auf,

Abbildung 15: Absolute Prognosefehler der Totalerinnahmen (2000-2015)

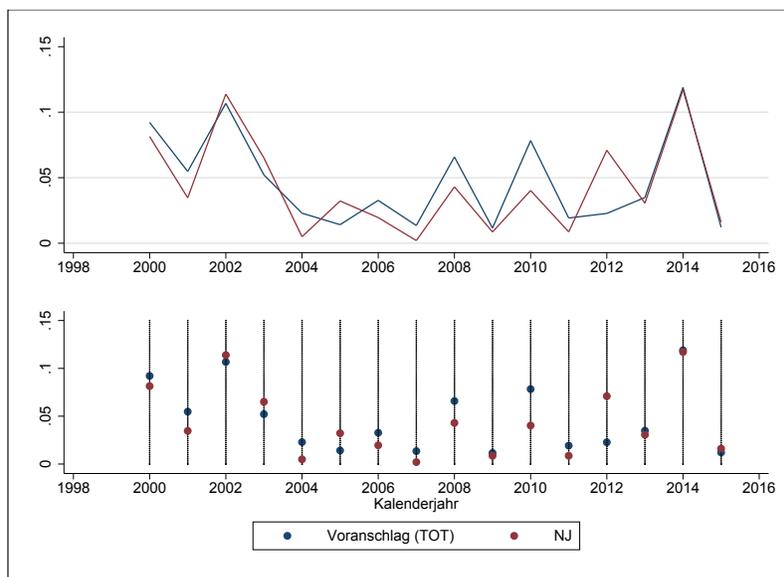


Abbildung 15 stellt den absoluten Fehler beider Prognosen in Prozent der Einnahmen über die Periode 2000-2015 dar.

dass die Annahme der Rationalität für die Prognosen der ESTV bei den Totalerinnahmen und bei den natürlichen Personen nicht verworfen werden kann. Bei den juristischen Personen wird die Rationalitätshypothese jedoch (schwach) verworfen. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass bei den juristischen Personen das Verbesserungspotenzial in Bezug auf die Prognose der Steuereinnahmen am grössten ist.

- Im Rahmen der Studie werden die Prognosen der ESTV mit ökonometrischen Prognosen basierend auf einem Random-Walk-Modell bzw. auf autoregressiven und vektorautoregressive Modellen verglichen. Hierbei werden auch Prognosekombinationen aus verschiedenen ökonometrischen Modellen und der ESTV-Prognose zugelassen. Der Prognosevergleich zeigt auf, dass die Prognose der ESTV gegenüber den anderen Prognosen gut ausfällt.
- Jedoch ist hierbei anzumerken, dass die Voranschlagsprognose durch eine

Prognosekombination verbessert werden kann. Der Prognosevergleich zeigt auf, dass die Voranschlagsprognose der natürlichen Personen durch eine Kombination mit einem VAR-Model verbessert werden kann. Die beste Prognosegüte liegt vor, wenn die VAR-Prognose mit der Voranschlagsprognose kombiniert wird, wobei der 5-Jahres-Durchschnitt des Kehrwerts der Prognosefehler zur Gewichtung der einzelnen Prognosen verwendet wird.

- Des Weiteren zeigt der Prognosevergleich auf, dass die Summe der besten Prognosen bei den natürlichen Personen und bei den juristischen Personen einen kleineren Prognosefehler generieren als die Prognose, die direkt aus der Reihe der Totaleinnahmen erstellt wird. Eine desaggregierte Vorgehensweise ist daher einem aggregierten Ansatz vorzuziehen.
- Die Voranschlagsprognose der juristischen Personen kann bei Verwendung einer Kombination aus der Voranschlagsprognose und einer AR2-Prognose verbessert werden, jedoch nicht systematisch. Die Genauigkeitsindikatoren und der Rationalitätstest weisen darauf hin, dass die Prognose der juristischen Personen das grösste Verbesserungspotenzial aufweist. Diese Datenreihe sollte in der Zukunft systematischer erforscht werden. In dem Zusammenhang sollte die Datengrundlage verbessert werden.
- Zum Schluss sollte noch erwähnt werden, dass die Reihen der direkten Bundessteuer erst ab 1985 getrennt verfügbar sind. Um den Prognosevergleich in Echtzeit durchführen zu können, werden im Rahmen der Studie die Reihen anhand kantonaler Daten retropoliert. Dieses Vorgehen kann die schlechte Prognoseleistung der Zeitreihenmodelle am Anfang der überprüften Periode durchaus erklären. Um die Echtzeitüberprüfung der Voranschlagsprognosen weiter zu verbessern, sollten die Datenreihen der juristischen und natürlichen Personen rückwirkend verlängert werden. Die Ergänzung der Datenlage ist umso wichtiger, als eine desaggregierter Vorgehensweise einem aggregierten Ansatz vorzuziehen ist.

## A Appendix

### A.1 Informationsflüsse

Tabelle 19: Zeitliche Darstellung der Informationsflüsse

Jahr	t-1			t												t+1		
	Quartal	q-2	q-1	q(q2)	q+1			q+2			q+3							
Monat	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai(m)	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Rechnung				$t-1$												$t$		
KÖF Prognose <sup>1</sup>						$t/t+1$												
ESTV Prognose <sup>2</sup>								$t/t+1$										
Voranschlag									$t+1$									

<sup>1</sup> Verwendet zur Schätzung des VAR Models

<sup>2</sup> Prognose, die im Voranschlag steht

## A.2 Retropolierung der getrennten Reihen

Die getrennten Reihen der natürlichen bzw. juristischen Personen wurden wie folgt retropoliert. Die Autoren verfügen ab 1944 für alle Kantone über historische Reihen der Steuereinnahmen auf Kantonsebene. Für sieben Kantone (BE/BS/SG/AG/VD/VS und GE) verfügen die Autoren über getrennte Datenreihen für juristische und natürliche Personen. Die Einnahmen der direkten Bundessteuer bei den juristischen bzw. natürlichen Personen wurden für die Periode 1985-2015 auf die entsprechenden Kantonsreihen regressiert. Die Schätzungen zeigen, dass die Erklärungskraft der Kantonsreihen bei den juristischen Personen am stärksten ist. Deswegen wurden zuerst die Einnahmen der juristischen Personen anhand des geschätzten Modells und der Kantonsdaten retropoliert. Anschliessend wurden die Einnahmen der juristischen Personen von den Totaleinnahmen subtrahiert, um die Einnahmen der natürlichen Personen zu erlangen.

## A.3 Geschätzte Modelle

In diesem Abschnitt werden nur die Modelle präsentiert, die eine gute Prognoseleistung bei den natürlichen bzw. juristischen Personen aufweisen. Bei den natürlichen Personen ist dies das VAR-Modell und bei den juristischen Personen das AR2-Modell. Beide Modelle werden illustrativ für die Prognose der Werte für 2015 dargestellt.

### A.3.1 VAR - natürliche Personen

Folgendes VAR-Modell wird benutzt, um den Prognosewert für die Steuereinnahmen der natürlichen Personen für das Jahr 2015 zu erstellen. Das Modell wird für die Periode 1992-2013 geschätzt. Die erklärenden Variablen (einschl. der Prognosen) stammen aus der KOF-Prognose des Frühjahrs 2013. Das geschätzte Modell ist wie folgt:

$$r_t^{np} = \underset{(.1341)}{-.6986} * r_{t-1}^{np} + \underset{(.5473)}{3.4017} * nlohn_{t-1}, \quad (7)$$

wobei  $r_t^{np}$  die jährliche Wachstumsrate der Einnahmen der natürlichen Personen ( $np$ ) ist und  $nlohn$  das nominelle Lohnwachstum darstellt. Die Parameter der beiden erklärenden Variablen sind stark signifikant (die Standardabweichungen werden in Klammern unter den Parametern ausgewiesen). Das  $R^2$  beträgt 0.6784 und der  $\chi^2$ -Test für eine gemeinsame Signifikanz bestätigt, dass die zwei Parameter auch gemeinsam stark signifikant sind ( $p$ -Wert=0.0000).

### A.3.2 AR2 - juristische Personen

Das aufgeführte autoregressive Modell wird dazu benützt, den Prognosewert der juristischen Personen für das Jahr 2015 zu generieren. Das geschätzte Modell ist wie folgt:

$$r_t^{jp} = -.035 * r_{t-1}^{jp} + .4344 * r_{t-2}^{jp}, \quad (8)$$

(.1825)                      (.1944)

wobei  $r_t^{jp}$  die jährliche Wachstumsrate der Einnahmen der juristischen Personen ( $jp$ ) ist. Nur die zweite Verzögerung der Wachstumsrate ist individuell signifikant (die Standardabweichungen werden in Klammern unter den Parametern ausgewiesen). Dennoch zeigt der  $\chi^2$ -Test für eine gemeinsame Signifikanz, dass die zwei Parameter unter Berücksichtigung konventioneller Signifikanzniveaus gemeinsam signifikant sind ( $p$ -Wert=0.0809). Zudem zeigen Informationskriterien, dass die erste Verzögerung nützliche Information zum Modell hinzufügt.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup>Genauere Informationen werden auf Anfrage gerne zur Verfügung gestellt.