

# **KOF** Konjunkturforschungsstelle

## Prognose der Kostenentwicklung in der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP)

Für die Jahre 2023 und 2024

Studie im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit (BAG)

Marc Anderes und Jan-Egbert Sturm

KOF Studien, Nr. 174, Juni 2023

# Impressum

## Herausgeber

KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich  
© 2023 KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich

## Auftraggeber

Bundesamt für Gesundheit (BAG)

## Autoren

Marc Anderes  
Jan-Egbert Sturm

# KOF

ETH Zürich  
KOF Konjunkturforschungsstelle  
LEE G 116  
Leonhardstrasse 21  
8092 Zürich

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

# 1. Einleitung

Die KOF Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich berechnet für das BAG jährlich eine Prognose für die Kostenentwicklung im Bereich der obligatorischen Kranken- und Pflegeversicherung (OKP). Der Zweck dieser Studie ist die Beurteilung der Prämienentwicklung der Krankenversicherer beim Prämien genehmigungsverfahren. Basierend auf der umfassenden Machbarkeitsstudie (Köthenbürger und Sandqvist, 2018) und dem Revisionsbericht (Anderes, 2020) werden die OKP-Kosten für das laufende und kommende Jahr prognostiziert und diskutiert. Angesichts der Unsicherheit, welche vor allem durch die kurze zu betrachtende Zeitdimension entsteht, beschränkt sich die Prognose nicht nur auf das Beschreiben der jeweiligen Punktschätzer. Sie wird ergänzt durch Prognoseintervalle, welche die tendenziell hohe Unsicherheit zu quantifizieren versuchen.

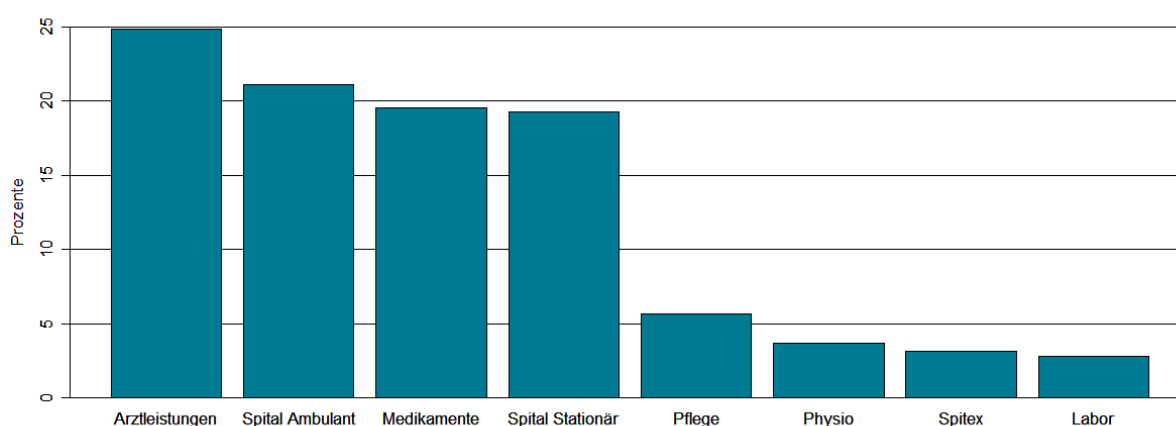
Die Zielgrösse der Prognose ist das Kostenwachstum pro Kopf im Bereich der OKP.<sup>1</sup> Dabei werden die Prognosen im Sinne des Auftrags auf drei Ebenen generiert: (1) die gesamten Gesundheitsausgaben in jedem Kanton, (2) die Kostengruppen der Gesundheitsausgaben schweizweit und (3) die gesamten Gesundheitsausgaben schweizweit. Unter Gesundheitsausgaben sind hier diejenigen Ausgaben zu verstehen, die über die OKP abgerechnet werden.

## 2. Datenlage und Modelle

Gegenstand der Prognose sind Bruttokosten pro Kopf (also inklusive Kostenbeteiligung seitens der Versicherten) gestützt auf Abrechnungsdaten,<sup>2</sup> wobei die verwendeten Daten auf dem Datenpool des Krankenkassenverbands santésuisse basieren. Die einzelnen Reihen umfassen die Jahre 2003-2022, was zu einer für die Schätzungen verfügbaren Länge von 20 Zeitpunkten führt.

Die totalen OKP-Kosten ergeben sich aus der Summe der kantonalen Gesamtkosten oder aus der Summe der schweizerischen Kostengruppen. Abbildung 1 zeigt die relativen Anteile der Kostengruppen am Gesamttotal.<sup>3</sup> Die grössten Kostentreiber für die OKP sind demnach die Arztleistungen, dicht gefolgt von ambulanten Leistungen des Spitals, der Medikamentenabgabe von Apotheken und Ärzten und den stationären Leistungen.

Abbildung 1 - Relative Anteile der schweizweiten Kostengruppen (2022)



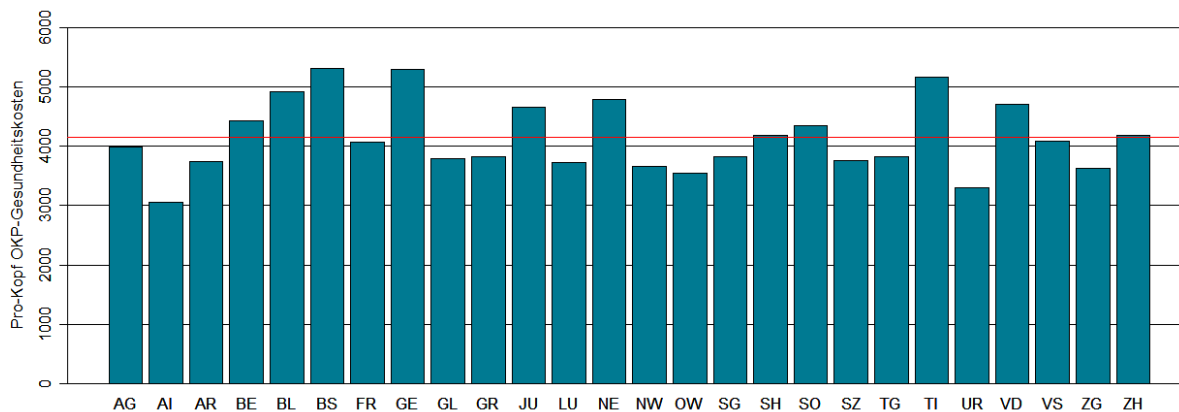
<sup>1</sup> Pro Kopf bedeutet im vorliegenden Dokument «Pro Versicherter», was nicht ganz der Bevölkerung entspricht.

<sup>2</sup> Wildi, Unternährer und Locher (2005, S. 33) diskutieren die Vor- und Nachteile der verschiedenen Messarten ausführlich.

<sup>3</sup> Die Kostengruppe «Medikamente» ist hierbei eine Aggregation der Kostengruppen «Apotheke» und «Medikamentenabgabe Arzt».

Auch zwischen den Kantonen ist die (pro Kopf) Kostenverteilung nicht gleich, wie Abbildung 2 zeigt. Die höchsten OKP-Gesundheitskosten pro Kopf verzeichnen die Kantone Basel-Stadt, Genf und Tessin: Dort liegen die Kosten mehr als 1000 Fr. über dem Durchschnitt (roter Strich in Abbildung 2). Im Gegensatz dazu sind die Pro-Kopf-Kosten in Appenzell Innerrhoden mit 3054 Fr. rund 1000 Fr. unter dem Durchschnitt.

**Abbildung 2 –OKP-Gesundheitskosten pro Kopf und Kanton (2022)**



Wie in Köthenbürger und Sandqvist (2018) diskutiert, besitzen Kantone mit vergleichsweise hohen Pro-Kopf-Kosten auch die höchste Dichte der Allgemein- und Fachärzte.<sup>4</sup>

Die Prognose der kantonalen Wachstumsraten pro Kopf werden basierend auf den Ergebnissen des Revisionsberichtes mittels univariater, autoregressiver moving-average-Modelle (ARMA) berechnet.<sup>5</sup> Der Grund dafür ist die überzeugende Prognosegüte (siehe Anderes, 2020), aber auch der Fakt, dass im Gegensatz zu gepoolten Modellen die kantonale Heterogenität besser abgebildet werden kann. So entsprechen die individuellen Unsicherheitsmasse der historischen kantonalen Varianz, was beim Verbinden von Längs- und Querschnittsdimension («poolen») nicht der Fall ist. Da die kantonalen Reihen teils Strukturbrüche aufweisen, also z.B. eine ausserordentlich hohe Wachstumsrate, schliesst das ARMA-Modell mit Jahresdummies besser ab als das gleiche Modell ohne. Der Zweck solcher Dummies liegt dementsprechend in ihrer Fähigkeit zur Ausreisserbereinigung, wobei Ausreisser aufgrund einer Änderung der Datenerhebung bzw. häufiger Politikänderungen relativ oft in den Zeitreihen des Gesundheitssektors auftreten. Im Appendix findet sich eine angewandte Einführung in die Methodologie der ARMA-Modelle.

Auch die Prognosen der einzelnen Kostengruppen pro Kopf werden univariat anhand eines autoregressiven moving-average-Modells erstellt, wobei im Gegensatz zur kantonalen Methodik erklärende Variablen in die Schätzung eingehen. Bei den erklärenden Variablen handelt es sich zum Beispiel um die Arztdichte oder den Anteil der über 65-Jährigen am Versichertenpool.<sup>6</sup> Für eine detaillierte Diskussion, welche Kostengruppen durch welche exogene Variable erklärt werden, verweisen wir auf die Ausführungen in Köthenbürger und Sandqvist (2018). Wie bei den Kantonen werden Dummyvariablen eingesetzt, um den Einfluss von Ausreissern auf die Schätzung und damit die Prognose der Kostengruppen zu begrenzen. Bei der Berechnung der Prognose wird natürlich davon ausgegangen, dass keine Ausreisser auftreten.<sup>7</sup> Zukünftige Politikänderungen (z.B. Anpassung der

<sup>4</sup> Für umfassende deskriptive Statistiken, welche hier nicht wiederholt werden sollen, verweisen wir auf Köthenbürger und Sandqvist (2018).

<sup>5</sup> Die Modellselektion der ARMA-Parameter basiert auf dem Akaike-Informationskriterium (AIC).

<sup>6</sup> Weitere erklärende Variablen sind der Anteil Versicherter mit hoher Franchise und die Arbeitslosenquote.

<sup>7</sup> Mit anderen Worten: Alle Dummies für das Jahr 2023 und 2024 gehen mit dem Wert null ein. Zur Illustration: Angenommen, eine Zeitreihe hat im Jahr 2005 aufgrund temporärer Faktoren einen Ausreisser, so fängt der Jahresdummy für das Jahr 2005 diesen Effekt auf. Würden wir nun für die Prognose von 2023 den Wert für diesen Dummy auf eins setzen, so würde das Modell diesen Einmaleffekt von 2005 simulieren und somit in die Prognose hineinrechnen, was natürlich nicht wünschenswert ist.

Tarifsysteme) werden manuell anhand von Kostenschätzungen in die Prognose eingebunden. Es wird gemäss Auftrag für alle in Abbildung 1 dargestellten Kostengruppen eine Voraussage berechnet.

Auf kantonalem Niveau werden keine Kostengruppenprognosen berechnet. Der Grund dafür liegt in der tendenziell tiefen Datenqualität auf diesem desaggregierten Niveau.<sup>8</sup> So sind die Konfidenzintervalle der Prognosen bereits jetzt gross. Bei kantonalen Kostengruppenprognosen wären diese allerdings noch umfassender, womit die Aussagekraft einer allfälligen Prognose verblasst. Auch eine geografische Aggregation von angrenzenden Kantonen ist nicht zielführend, da bei der OKP geografische Nähe nur selten gleichlaufende Kostendynamiken impliziert.<sup>9</sup>

Die Prognose der schweizerischen OKP-Gesamtkosten wird mittels Aggregation kantonaler Prognosen erstellt, da der durchschnittliche (quadrierte) Fehler kleiner ist im Vergleich zu den getesteten univariaten Modellierungen (Köthenbürger und Sandqvist, 2018). Es bleibt anzumerken, dass für die gesamtschweizerische OKP-Wachstumsprognose pro Kopf eine Prognose der Anzahl Versicherter für jeden Kanton notwendig ist. Wie in den vergangenen Jahren stützt die vorliegende Studie sich dabei auf das Referenzszenario zur Bevölkerungsentwicklung des BFS für die Jahre 2023 und 2024. Um die Anzahl Versicherter für das laufende und das kommende Jahr zu bestimmen, wurde vom Referenzszenario die Differenz zwischen der Bevölkerungszahl und der Anzahl Versicherter im Jahr 2022 subtrahiert.<sup>10</sup>

**Abbildung 3 – Vergleich der kostengruppenspezifischen OKP-Wachstumsraten pro Kopf**

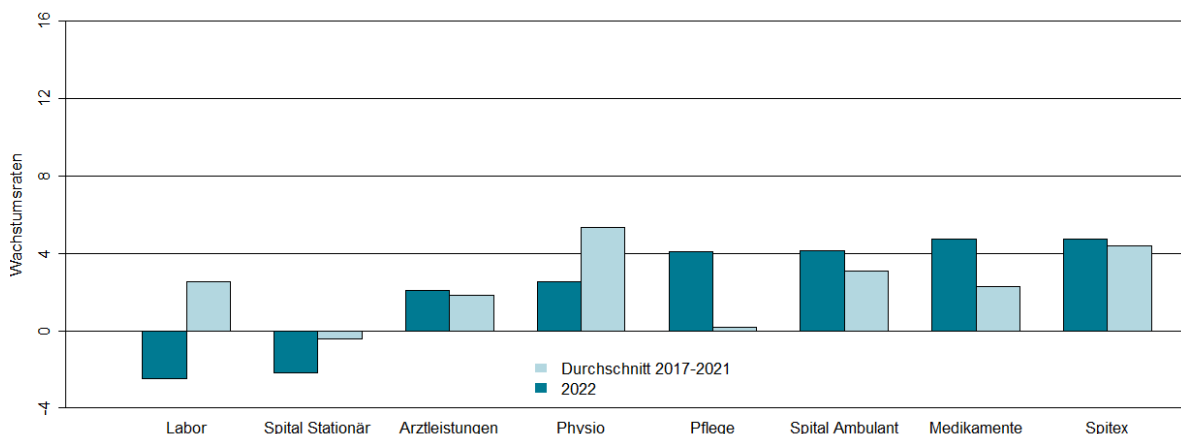


Abbildung 3 zeigt einen Vergleich der kostengruppenspezifischen Wachstumsraten des vergangenen Jahres mit dem fünfjährigen Durchschnitt. Demnach hat sich der negative Wachstumstrend der stationären Spitalbehandlungen im letzten Jahr beschleunigt, wobei eine verzögerte Fakturierung am Ende des Jahres einen Teil dieses Trends erklärt/erklären kann. Zudem gingen auch die Kosten der Laboranalysen zurück. Bei der Physiotherapie finden wir nach zweistelligen Wachstumsraten im Jahr 2021 einen gedämpften Anstieg der Kosten im vergangenen Jahr. Abgesehen von der Pflege und der Medikamentenabgabe wuchsen die restlichen Kostengruppen nur leicht überdurchschnittlich.

Parallel zu den Kostengruppen vergleicht Abbildung 4 die kantonalen Wachstumsraten von 2022 mit dem vorangehenden fünfjährigen Durchschnitt. Die Grafik zeigt, dass Kantone, welche zwischen 2017 und 2021 ein tiefes Kostenwachstum hatten, tendenziell überdurchschnittlich wuchsen im letzten Jahr. So stiegen in Appenzell Innerrhoden die Kosten zuletzt um knapp 6 Prozent, nachdem sie in den vorangehenden Jahren mit durchschnittlich 0.7 Prozent nur leicht wuchsen. Beim Kanton Neuenburg

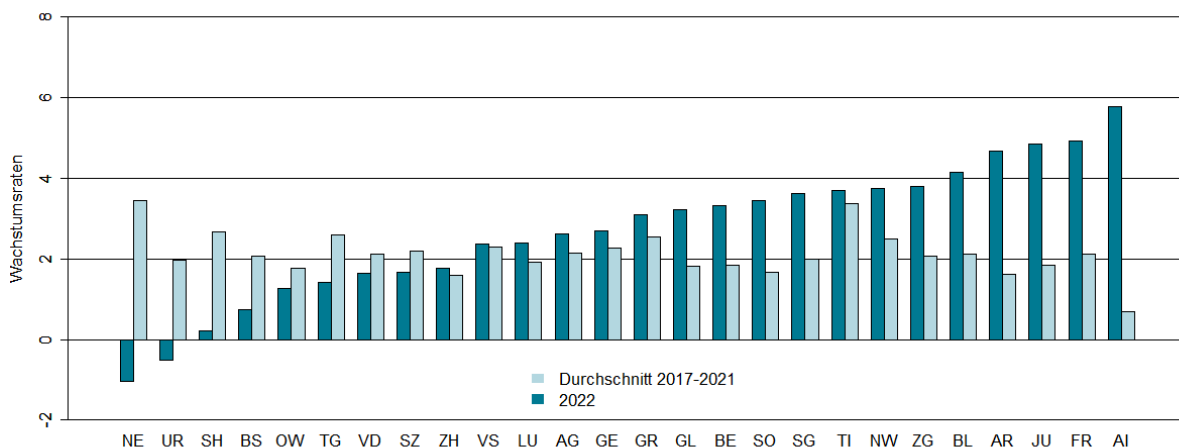
<sup>8</sup> Siehe dazu auch die Ausführungen in Köthenbürger und Sandqvist (2018).

<sup>9</sup> Auch Kantone mit hohen Kostenniveaus (resp. mit tiefen Niveaus) gleichen sich nicht generell in Bezug auf die Entwicklung des Kostenwachstums.

<sup>10</sup> In diesem Sinne wird angenommen, dass die Differenz zwischen der Population und der Anzahl Versicherter 2023 und 2024 gleich bleibt wie im Jahr 2022.

findet sich das gegenteilige Beispiel, da nach Jahren von hohem Wachstum (durchschnittlich 3.4%) die Kosten im Jahr 2022 um rund 1 Prozent zurückgingen.<sup>11</sup>

**Abbildung 4 – Vergleich der kantonalen OKP-Wachstumsraten pro Kopf**



### 3. Empirische Ergebnisse

#### 3.1 Die Kostengruppen

Tabelle 1 zeigt die Wachstumsprognose für die schweizweiten OKP-Kostengruppen pro Kopf, wobei für 2023 und 2024 jeweils ein Punktschätzer wie auch 90% Konfidenzintervalle angegeben sind.

**Tabelle 1 - Wachstumsprognose der schweizweiten OKP-Kostengruppen pro Kopf**

	Prognose 2023			Prognose 2024		
	Punktschätzer	Unterer Wert	Oberer Wert	Punktschätzer	Unterer Wert	Oberer Wert
Arztleistungen	<b>2.8</b>	0.3	5.4	<b>3.0</b>	0.4	5.5
Pflege	<b>2.0</b>	-1.9	5.8	<b>1.0</b>	-3.1	5.1
Laboratorien	<b>-8.1</b>	-12.6	-3.7	<b>-1.7</b>	-7.1	3.7
Physio	<b>8.1</b>	2.6	13.6	<b>5.8</b>	-0.8	12.4
Spital Ambulant	<b>3.4</b>	-0.4	7.3	<b>5.6</b>	1.6	9.6
Spital Stationär	<b>6.3</b>	1.9	10.7	<b>-0.6</b>	-5.3	4.1
Spitex	<b>4.0</b>	1.8	6.2	<b>4.6</b>	2.2	7.1
Medikamente	<b>6.2</b>	4.3	8.2	<b>2.8</b>	0.7	4.8

*Anmerkung:*

Der untere resp. obere Wert ergeben zusammen das 90% Konfidenzintervall der jeweiligen Schätzung

Wie in Köthenbürger und Sandqvist (2018) beschrieben, sind sämtliche Prognosen aufgrund des kurzen Längsschnittes mit grosser Unsicherheit behaftet. In Tabelle 1 wird diese Unsicherheit durch die für alle Kostengruppen relativ breiten Konfidenzintervalle reflektiert. Ein Vergleich über die Kostengruppen hinweg zeigt, dass jene mit hoher historischer Varianz – z.B. die Spitalkosten oder die Physio – auch in der Prognose die am weitesten gedehnten Wahrscheinlichkeitsmasse besitzen, da sich die Unsicherheit auf die Zukunft überträgt.

Bei den Arztleistungen und den ambulanten Spitalkosten ist im laufenden Jahr mit einem Wachstum nahe am letztjährigen Wert zu rechnen (siehe Abbildung 3 oben). Bei der Pflege verlangsamt sich der Anstieg der Kosten (2023: 2%, 2024: 1%), auch weil die Spitex mit 4 Prozent im Jahr 2023 und 4.6

<sup>11</sup> Über alle Kantone beträgt die Korrelation zwischen dem durchschnittlichen Wachstum 2017-2021 und dem Wachstum des vergangenen Jahres rund -0.5.

Prozent im nächsten Jahr weiter an Boden gewinnt. Die im letzten Jahr beschlossene Tarifsenkung bei den Laboranalysen und die z.T. aufgehobene Kostenübernahme bei Vitamin-D-Analysen führen zu einem beträchtlichen Kostenrückgang von 8.1 Prozent in diesem Jahr. Dieser Rückgang dürfte zumindest teilweise durch die Entwicklung bei der Physiotherapie kompensiert werden, welche nach einem vergleichsweise schwachen 2022 wieder stärker wachsen wird (2023: 8.1%, 2024: 5.8%). Ein deutlicher Kostenschub im laufenden Jahr ist zudem von den stationären Spitalkosten zu erwarten. Zu den Gründen zählen vereinzelte Anpassungen bei den Fallpauschalen aufgrund des gestiegenen Preisniveaus in der Schweiz und ein Basiseffekt durch verspätete Fakturierungen von Leistungen aus dem letzten Jahr. So wuchsen die stationären Spitalkosten in den ersten vier Monaten des laufenden Jahres um rund 12 Prozent gegenüber dem letzten Jahr. Schliesslich dürfte sich das zuletzt hohe Kostenwachstum bei den Medikamenten mit 6.2 Prozent im Jahr 2023 fortsetzen, sich allerdings im nächsten Jahr mit 2.8 Prozent wieder dem langfristigen Mittel annähern.

## 3.2 Kantone

**Tabelle 2 - Wachstumsprognose der kantonalen OKP-Kosten pro Kopf**

	Prognose 2023			Prognose 2024		
	Punktschätzer	Unterer Wert	Oberer Wert	Punktschätzer	Unterer Wert	Oberer Wert
AG	6.4	3.8	9.0	2.9	0.3	5.5
AI	4.6	-0.2	9.5	2.6	-2.2	7.5
AR	5.2	1.4	9.1	3.2	-0.6	7.1
BE	5.7	2.5	9.0	2.7	-0.5	6.0
BL	5.3	1.6	8.9	3.3	-0.4	6.9
BS	5.2	2.7	7.7	1.9	-1.6	5.3
FR	4.9	2.4	7.3	2.9	0.4	5.3
GE	3.3	1.1	5.4	2.5	-2.1	7.1
GL	6.2	3.0	9.3	3.2	0.0	6.3
GR	3.2	0.0	6.3	2.5	-1.8	6.9
JU	3.2	0.4	6.1	3.2	0.4	6.1
LU	5.1	0.4	9.7	3.6	-1.1	8.2
NE	3.1	-1.4	7.6	3.1	-1.4	7.6
NW	5.6	1.3	9.9	3.6	-0.7	7.9
OW	4.2	0.0	8.5	4.2	0.0	8.5
SG	3.5	1.2	5.7	3.5	1.2	5.7
SH	5.4	3.7	7.1	2.9	-0.7	6.5
SO	5.8	2.1	9.4	3.3	-0.4	6.9
SZ	5.5	2.2	8.8	3.5	0.2	6.8
TG	5.8	3.5	8.2	2.7	-0.5	5.9
TI	3.8	0.7	6.9	6.1	2.3	9.8
UR	4.8	0.2	9.3	2.4	-2.9	7.7
VD	2.2	-0.2	4.7	2.1	-1.3	5.4
VS	4.0	2.4	5.5	2.7	0.7	4.8
ZG	5.3	1.5	9.1	3.3	-0.5	7.1
ZH	4.8	1.9	7.7	2.3	-0.6	5.2

*Anmerkung:*

Der untere resp. obere Wert ergeben zusammen das 90% Konfidenzintervall der jeweiligen Schätzung

Tabelle 2 zeigt die Wachstumsprognose für die kantonalen OKP-Kosten pro Kopf, wieder mit einem Punktschätzer und 90%-Konfidenzbändern. Alle kantonalen Punktschätzer befinden sich 2023 zwischen 2.2 Prozent und 6.4 Prozent, was einem überdurchschnittlichen Wachstum entspricht (der langjährige Durchschnitt über alle Kantone ist 3.2 Prozent jährliches Wachstum). Nur in den Kantonen Jura und Appenzell Innerrhoden ist mit einer deutlichen Abnahme des Wachstums gegenüber dem

letzten Jahr zu rechnen (JU: -1.6%, AI: -1.2%). Im kommenden Jahr ist hingegen wieder mit einer Beruhigung der Kostendynamik zu rechnen, da sich die kantonalen Wachstumsraten dem langjährigen Durchschnitt annähern. Tarifänderungen werden bis zum Wissensstand im Juni berücksichtigt. Die Prognose geht davon aus, dass keine weiteren Tarifierungen vorgenommen werden. Allfällige weitere Tarifierungen, zum Beispiel aufgrund des vergangenen oder eines erneuten Inflationsschubes, könnten zu zusätzlichem Kostenwachstum führen.

### 3.3 Schweiz

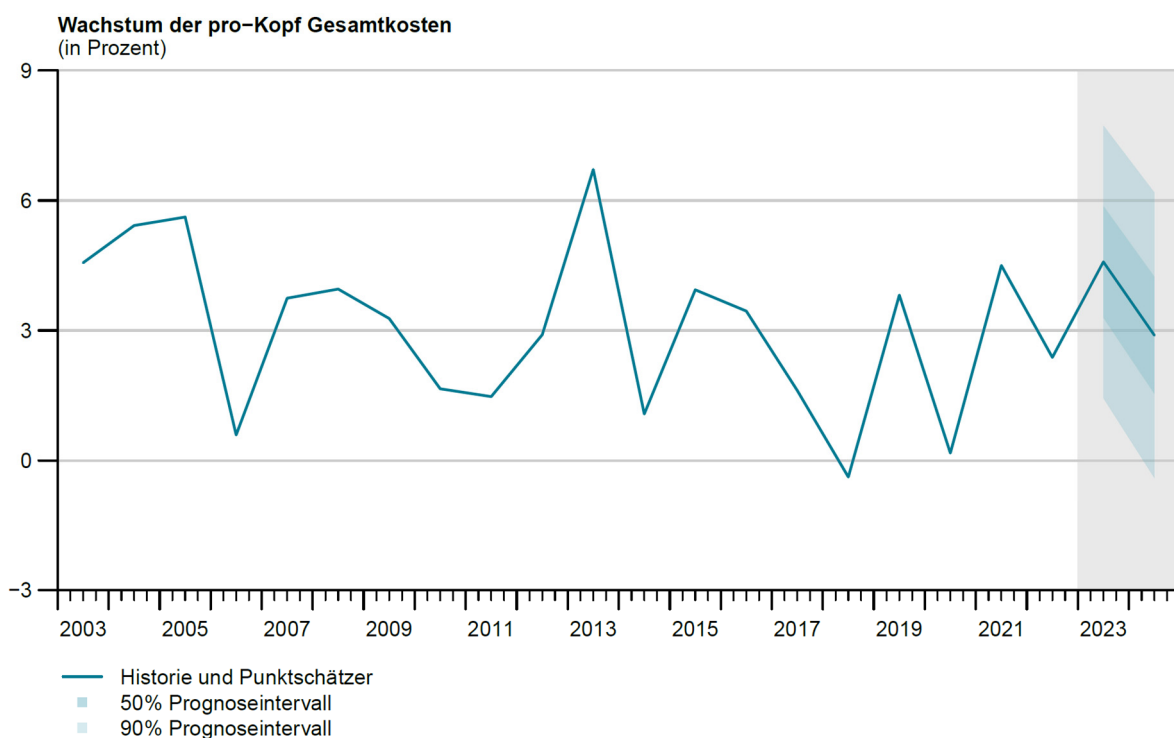
Tabelle 3 zeigt die anhand der kantonalen Prognosen aggregierte OKP-Prognose pro Kopf für das laufende und das kommende Jahr im Niveau wie auch in Wachstumsraten. Während die zweite Spalte die Historie und den Punktschätzer für das Wachstum aufführt, zeigen die dritte und vierte Spalte das obere resp. das untere 90%-Prognoseintervall. Im vergangenen Jahr sind die Gesamtkosten um 2.4 Prozent gewachsen (der letztjährige Bericht prognostizierte 2.1 Prozent), wobei im laufenden Jahr mit 4.6 Prozent Wachstum mit einer anziehenden Kostendynamik zu rechnen ist. Dies kommt einer absoluten Erhöhung von 195 Fr. pro versicherter Person gleich. Im nächsten Jahr dürften die Pro-Kopf-Kosten um 2.9 Prozent wachsen, was einer absoluten Expansion von 129 Fr. entspricht.

**Tabelle 3 - Prognose der gesamtschweizerischen OKP-Kosten pro Kopf**

Jahr	Niveau (in CHF)	Wachstum (in %)	Wachstum - Unterer Wert	Wachstum - Oberer Wert
2020	3980	0.2	-	-
2021	4159	4.5	-	-
2022	4258	2.4	-	-
<b>2023</b>	<b>4453</b>	<b>4.6</b>	<b>1.4</b>	<b>7.7</b>
<b>2024</b>	<b>4582</b>	<b>2.9</b>	<b>-0.4</b>	<b>6.2</b>

Abbildung 5 zeigt die gesamte Historie der OKP Wachstumsraten pro Kopf wie auch die Prognose für das laufende und das kommende Jahr mit Unsicherheitsintervallen. Die blaue Linie im grau hinterlegten Bereich zeigt die Prognose für 2023 und 2024. Der Punktschätzer ist mit Unsicherheitsmassen versehen, wobei das dunkelblaue Band für das 50% Prognoseintervall und das hellblaue Band für das 90% Intervall stehen.

**Abbildung 5 - Wachstumsprognose der gesamtschweizerischen OKP-Kosten pro Kopf**





## 4. Fazit

Die vorliegende Studie diskutiert die Prognoseergebnisse für die Kostenentwicklung im Bereich der obligatorischen Kranken- und Pflegeversicherung (OKP). Innerhalb der deskriptiven Diskussion der Datenlage werden für die Kostengruppen wie auch die Kantone die letztjährigen Wachstumsraten mit den längerfristigen Dynamiken verglichen. Nach einem unterdurchschnittlichen Wachstum von 2.4 Prozent im letzten Jahr ist wieder mit einem Anstieg der Kosten um 4.6 Prozent im laufenden Jahr zu rechnen. Dafür verantwortlich ist das Wachstum in den Bereichen Medikamente und stationäre Spitalaufenthalte. Der deutliche Rückgang bei den Laboranalysen wird hingegen kompensiert von einer prozentual gleichen Expansion bei der Physiotherapie. Im kommenden Jahr ist schliesslich mit einer Abflachung der Kostenentwicklung zu rechnen. Der Punktschätzer liegt dabei bei 2.9 Prozent, also nahe am langfristigen Durchschnitt von 3 Prozent.

## 5. Literaturverzeichnis und frühere Prognosen

Anderes, M., Abrahamsen, Y. und Sturm, J. E. (2020) *Prognose der Kostenentwicklung in der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP)*. KOF Studien, Nr. 151.

Anderes, M. (2020) *Revision der kantonalen OKP-Prognosen*. Bundesamt für Gesundheit.

Anderes, M. und Sturm, J. E. (2019) *Prognose der Kostenentwicklung in der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP)*. KOF Studien, Nr. 138.

Anderes, M. und Sturm, J. E. (2021) *Prognose der Kostenentwicklung in der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP)*. KOF Studien, Nr. 164.

Anderes, M. und Sturm, J. E. (2022) *Prognose der Kostenentwicklung in der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP)*. KOF Studien, Nr. 170.

Köthenbürger, M. und Sandqvist, A. P. (2018) *Prognoseverfahren für die Gesundheitsausgaben in der obligatorischen Krankenversicherung*. KOF Studien, Nr. 125.

Wildi, M., Unternährer, T. und Locher R. (2005) *Kostenprognosemodell für die obligatorische Krankenversicherung (OKP)*. Bundesamt für Gesundheit.

## 6. Appendix

An dieser Stelle folgt eine kurze Einführung in das autoregressive moving-average-Modell (ARMA), welche für die Prognose der kantonalen und kostengruppenspezifischen Wachstumsraten benutzt wird. Dieser Modelltyp wird verwendet um eine Zeitreihe (z.B. die Kostenentwicklung der Arztleistungen) mathematisch abzubilden und dann zu prognostizieren. Wie der Name bereits suggeriert besteht das ARMA-Modell aus zwei Teilen, nämlich einer autoregressiven (d.h. auf sich selbst beziehend) und einer moving-average (d.h. gleitender Durchschnitt) Komponente. Eine Zeitreihe  $X_t$  kann für verschiedene Zeitpunkte  $t$  wie folgt als ARMA(p,q)-Modell aufgeschrieben werden, wobei  $p$  und  $q$  die Anzahl autoregressiver resp. moving-average Terme bezeichnet:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i e_{t-i} + e_t$$

wobei  $c$  eine Konstante,  $\sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i}$  die autoregressive Komponente,  $\sum_{i=1}^q \theta_i e_{t-i}$  die moving-average Komponente, und  $e_t$  ein normalverteilter Fehlerterm ist. Zum Verstehen der Dynamik eignet sich eine einfache Form besser, zum Beispiel die eines ARMA(1,1), also mit einer autoregressiven Komponente ( $p = 1$ ) und einer moving-average Komponente ( $q = 1$ ):

$$X_t = c + \varphi_1 X_{t-1} + \theta_1 e_{t-1} + e_t$$

Hier ist der Wert der Zeitreihe  $X_t$  zum Zeitpunkt  $t$  abhängig vom Wert der Vorperiode  $X_{t-1}$ . Ausserdem beeinflusst auch der Fehlerterm der Vorperiode  $e_{t-1}$  und der aktuelle Fehlerterm  $e_t$  den aktuellen Wert. Nehmen wir als Beispiel an, dass  $X_t$  für das Wachstum der Arztkosten zu einem Zeitpunkt  $t = 2003, \dots, 2021$  steht und  $c = 1$ ,  $\varphi_1 = 0.5$  und  $\theta_1 = 0.7$ . Zudem wüssten wir den aktuellen wie auch den vergangenen Fehlerterm, welche  $e_t = 0.1$  und  $e_{t-1} = 1$  betragen, sowie das Wachstum im Jahr 2003, so dass  $X_{2003} = 2\%$ . Die Wachstumsrate der Arztkosten im Jahr 2004 würden sich also additiv ergeben aus

$$X_{2004} = 1 + 0.5 \times 2 + 0.7 \times 1 + 0.1$$

was eine Wachstumsrate von 2.8 Prozent für das Jahr 2004 ergibt. In der Praxis müssen natürlich die Fehlerterme wie auch alle Parameter geschätzt werden. Für jede Zeitreihe ist das Modell dementsprechend unterschiedlich parametrisiert. Um die Anzahl Parameter ( $p$  und  $q$ ) für jede Zeitreihe abzuschätzen, wird das Akaike-Informationskriterium (AIC) verwendet. Dieses erlaubt den Vergleich zwischen verschiedenen Spezifikationen und hilft dadurch bei der Modellselektion. Konkret balanciert

das AIC die Komplexität eines Modells (also die Anzahl zu berechnende Parameter) mit der Anpassungsgüte (wie gut ein Modell die Beobachtungen erklärt).

Das ARMA-Modell kann ergänzt werden mit einer oder mehreren erklärenden Variablen. Im Fall von einer erklärenden Variable  $V_t$  ist die Spezifikation wie folgt:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i e_{t-i} + \beta V_t + e_t$$

Der zu schätzende Parameter  $\beta$  zeigt dementsprechend den Einfluss der Variable  $V_t$  auf die erklärte Variable  $X_t$ . Hierbei kann  $V_t$  zum Beispiel für den Anteil der über 65-jährigen am Versichertenpool stehen. Die Ausreisserbereinigung mittels Dummyvariable funktioniert gleich. In diesem Fall ist  $V_t$  immer Null ausser im ausreissenden Jahr, wo der Wert eins beträgt. Der Parameter  $\beta$  bezeichnet dann die jahresspezifische Einwirkung auf die modellierte Variable.