

HPV Modellbeschreibung

27.04.2023

Claire Rippinger, Niki Popper

Executive Summary

In diesem Projekt wurden erstmalig die Durchimpfungsraten der aktiven Immunisierung von Personen in Österreich mit Gardasil®/Gardasil 9® gegen HPV indizierte Erkrankungen evaluiert. Dazu gehören Vorstufen maligner Läsionen und Karzinome, die die Zervix, Vulva, Vagina und den Anus betreffen, sowie Genitalwarzen (*Condylomata acuminata*), die durch die Impfstoff-HPV-Typen verursacht werden.

Dazu wurden Daten aus unterschiedlichen Quellen, primär dokumentierten Impffzahlen, Verkaufszahlen der Impfstoffe (kostenfreies Impfprogramm, Catch-Up, Privatmarkt) und Bevölkerungsdaten, zusammengeführt, analysiert und modelliert. Die Ergebnisse zu Durchimpfungsraten und Gesamtanzahlen wurden im Detail für die Jahre 2014 bis 2021 berechnet. Sie geben derzeit mit weiteren - gemeinsam mit dem BMGSPK festgelegten Modellannahmen - an, wie viele Personen eine Erst-, Zweit- oder Dritimpfung erhalten und wie viele Personen das komplette Impfschema abgeschlossen haben.

Zu beachten ist, dass in diesem Projekt derzeit noch keine Aussage über den Schutz vor Gebärmutterhalskrebs oder einer anderen durch HPV verursachten Krebsart getroffen wird, also weder Impfwirksamkeit noch HPV-Typen Abdeckung berücksichtigt wird. Für eine solche Aussage müssen noch zusätzlich Informationen zum typenspezifischen Impfschutz sowie der Verteilung dieser Typen in Österreich herangezogen werden.

Als Datengrundlage für die verabreichten Impfdosen dient einerseits die Zahl der von Bund und Ländern im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms eingekauften und dokumentierten Impfungen. Andererseits werden Verkaufszahlen vom Impfstoffhersteller betrachtet. Bei Letzteren werden Impfungen, die im Rahmen eines „Catch-Up“- Programmes verbilligt an 12-15-jährige verkauft werden, gesondert ausgewiesen. Ab 2022 wurde hier die Altersgrenze für den verbilligten Impfstoff auf 18 Jahre erhöht.

Die Modellannahmen basieren u.a. auf der Impfpfempfehlung, der Zulassung und dem derzeitigen kostenfreien Impfprogramm. In Österreich ist die Impfung für alle Personen bis zum 30. Lebensjahr, ungeachtet des Geschlechts empfohlen. Bis zur Vollendung des 15. Lebensjahrs gilt eine Person mit zwei Impfdosen als komplett geimpft, ältere Personen benötigen noch eine dritte Impfdosis. In den Jahren 2022 und 2023 wurde diese Altersgrenze des 2-Dosenschemas auf 18 (2022) bzw. 21 Jahre (2023) erhöht (evidenzbasiert empfohlene Off-Label Anwendung). Im Rahmen des kostenfreien Impfprogrammes werden derzeit Kinder zwischen 9 und 14 Jahren geimpft. Ab 1.2.2023 wird die kostenfreie Impfung auf Personen bis zum vollendeten 21. Lebensjahr ausgeweitet. Das von der WHO anvisierte Ziel ist eine Durchimpfungsrate von 90% bei den 14-jährigen Frauen¹.

Die vorliegenden Ergebnisse reichen bis zum Jahr 2021. Dementsprechend wurden in den Berechnungen die HPV – Impfpfempfehlungen und Altersgrenzen bis Ende des Kalenderjahres 2021 herangezogen. Die aktuellen Änderungen sind im Modell bereits implementiert und werden bei

¹ <https://www.who.int/europe/de/news/item/12-09-2022-the-cancer-we-can-eliminate---who-europe-urges-member-states-to-consign-cervical-cancer-to-history>

zukünftigen Berechnungen berücksichtigt. Die Verwendung eines dynamischen Simulationsmodells garantiert dabei, dass die neuen und zukünftigen Rahmenbedingungen in die Berechnungen integriert werden können.

Bei den 14-jährigen haben laut Modell im Jahr 2021 rund 53% der Kinder bereits beide Impfungen erhalten. Bei der ersten Dosis liegt die Durchimpfungsrate bei 56%. Dementsprechend benötigen rund 2200 14-jährige noch eine zweite Impfung, um das Impfschema zu vervollständigen. 2020 kam es bei den ersten Teilimpfungen generell und speziell in dieser Kohorte zu einem Rückgang, der 2021 wieder fast aufgeholt wurde. Insgesamt sind lt. Modellrechnung noch mehr als 37 000 der aktuell 14-jährigen (von ca. 84.000) ungeimpft.

Anmerkung: In Österreich wird die Impfung für alle Geschlechter empfohlen und im Rahmen des kostenfreien Impfprogrammes verabreicht. Es liegen aber aktuell keine Daten vor, wie die Geschlechterverteilung unter den fast 45 000 14-jährigen ist, die bereits komplett geimpft sind. Auch bei den Verkaufszahlen finden sich keine geschlechterspezifischen Informationen. Es ist daher momentan nicht möglich zu evaluieren, wie nahe Österreich dem von der WHO gesteckten Ziel der 90%igen-Durchimpfungsrate bei den 14-jährigen Frauen (!) ist und die berechneten Durchimpfungsraten sind mit jenen anderen Ländern, die diese nicht für die Gesamtpopulation, sondern für Frauen gesondert ausweisen, nicht vergleichbar. Es ist zwar anzunehmen, dass weitaus mehr junge Frauen als junge Männer geimpft sind, dies ist aber mit den vorhandenen Daten nicht belegbar. Insofern ist im Weiteren zumindest eine Unterscheidung nach Geschlecht in der Datenerfassung zu empfehlen.

In den älteren Altersgruppen ist die Durchimpfungsrate deutlich niedriger. Von den 15- bis 20-jährigen haben nur 38% zumindest eine Impfung erhalten. Rund 30% haben das komplette Impfschema abgeschlossen. Die ungeimpften Personen in dieser Altersgruppe haben ab Februar 2023 die Möglichkeit ihre Impfungen kostenfrei nachzuholen.

Bei den 21- bis 30-jährigen haben im Jahr 2021 nur 4% der Personen das Impfschema komplett abgeschlossen. Dies liegt daran, dass die Impfung erst seit 2014 im kostenfreien Impfprogramm enthalten ist, und Personen, die vor 1999 geboren wurden, nicht davon profitieren konnten. Die Berechnung der Durchimpfungsrate dieser Personen basiert deswegen ausschließlich auf den Daten der privat verkauften Impfungen. Hier liegen keine Informationen vor, wie sich diese auf erste, zweite oder dritte Teilimpfung verteilen. In der Berechnung wurde davon ausgegangen, dass alle Personen, die sich privat impfen lassen, auch das komplette Impfschema abschließen. Auf die Gesamtauswertung hat diese Annahme nur einen geringen Einfluss.

Bei den im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms dokumentierten Impfungen gibt es Informationen, wie viele Impfungen als erste oder als zweite Teilimpfung verabreicht werden. Hier fällt auf, dass die Impfdosen sehr gleichmäßig auf die beiden Teilimpfungen verteilt sind und es dementsprechend wenig Impfabbrecher gibt: 48% der Impfungen werden als zweite Teilimpfung gelistet. Die fehlenden Zweitimpfungen werden anschließend fast zur Gänze durch die Catch-Up-Impfungen abgedeckt.

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation und Zielsetzung.....	3
2. Daten	3
Bevölkerungsdaten.....	3
Daten zur HPV-Impfung.....	4
3. Modell	5
Datenaufbereitung	5
Simulationsmodell.....	6
4. Ergebnisse.....	7
Analyse der Inputdaten	7
Simulationsergebnisse.....	9
Ergebnisse für 2021	9
Entwicklung der Durchimpfungsraten von 2014 bis 2021	11
5. Diskussion und Ausblick	12
Verweise	15
Abbildungsverzeichnis.....	15

1. Motivation und Zielsetzung

In diesem Projekt wurden erstmalig die Durchimpfungsraten der aktiven Immunisierung von Personen in Österreich mit Gardasil®/Gardasil 9® gegen Humane Papillomaviren (HPV) indizierte Erkrankungen evaluiert.

Es wird geschätzt, dass sich zumindest 80% aller Personen im Laufe ihres Lebens mit HPV infizieren. Von den rund 200 bekannten Subtypen sind etwa 14 onkogen und stellen die Hauptursache für Krebsvorstufen und Krebserkrankungen des Gebärmutterhalses, der Vagina und des Anus dar. Außerdem wird HPV vermehrt mit Krebserkrankungen im Kopf- und Nackenbereich in Verbindung gesetzt. Weitere Informationen zur Erkrankung, Epidemiologie und Bedeutung von HPV befinden sich im „Impfplan Österreich“ des BMGSPK [1].

Nach wie vor wird HPV in der Öffentlichkeit jedoch hauptsächlich mit Gebärmutterhalskrebs assoziiert. Die von der WHO anvisierte Strategie zur Bekämpfung dieser Krebsart beinhaltet deswegen unter anderem eine 90%-Durchimpfungsrate gegen HPV bei den 14-jährigen Frauen bis zum Jahr 2030 [2].

2. Daten

In diesem Projekt werden sowohl Daten zur österreichischen Wohnbevölkerung als auch zur HPV-Impfung zusammengeführt.

Bevölkerungsdaten

Folgende Daten zur österreichischen Bevölkerung werden verwendet:

- Bevölkerungsstand zu Jahresbeginn je Kalenderjahr, aufgeschlüsselt nach Geschlecht und Geburtsjahrgang
- Geburten je Kalenderjahr, aufgeschlüsselt nach Geschlecht
- Sterbefälle je Kalenderjahr, aufgeschlüsselt nach Alter und Geschlecht
- Abwanderung je Kalenderjahr, aufgeschlüsselt nach Alter und Geschlecht
- Zuwanderung je Kalenderjahr, aufgeschlüsselt nach Alter, Geschlecht und Herkunftsland. Dabei wird unterschieden zwischen Asylwerbern und sonstigen Zuwanderern.

Quellen: Statistik Austria. Für Asylwerber: Eurostat

Daten zur HPV-Impfung

Folgende Daten zur HPV-Impfung werden verwendet:

- Dokumentierte administrierte Impfungen
 - Die dokumentierten administrierten Impfungen beschreiben jene Impfungen, die im Rahmen des Impfprogrammes verabreicht und durch Bund sowie Länder dokumentiert werden. Diese sind aufgeschlüsselt nach Quartal, Bundesland, Geburtsjahrgang und Teilimpfung (1. oder 2. Teilimpfung)
 - Die Daten stehen für den Zeitraum von 2014 bis 2021 zur Verfügung
 - Quelle: BMGSPK
- Abrufmengen
 - Die Abrufmengen beschreiben die Anzahl an Impfungen, die im Rahmen des Impfprogrammes vom Bund und den Ländern eingekauft wurden. Diese sind aufgeschlüsselt nach Monat und Bundesland.
 - Die Daten stehen für den Zeitraum von 2014 bis 2021 zur Verfügung
 - Quelle: BMGSPK
- Catch-Up-Programm
 - Das Catch-Up Programm beschreibt Impfungen, die zwar privat verkauft, jedoch an eine bestimmte Altersgruppe verbilligt abgegeben werden. Diese Information ist aufgeschlüsselt nach Bundesland.
 - Die Daten stehen für den Zeitraum von 2014 bis 2021 zur Verfügung
 - Diese Daten beinhalten keine Altersinformationen
 - Quelle: MSD
- Sonstige Verkaufszahlen
 - Die sonstigen Verkaufszahlen beschreiben jene Impfungen, die weder vom Bund oder den Ländern gekauft noch im Rahmen des Catch-Up-Programms privat gekauft, wurden
 - Die Daten stehen für den Zeitraum von 2014 bis 2021 zur Verfügung
 - Diese Daten beinhalten keine Altersinformationen
 - Quelle: MSD

In Österreich wird die Impfung für alle Personen bis zum 30. Lebensjahr empfohlen, danach ist sie optional und nur bei gewissen Indikationen empfohlen [1].

Bis zur Vollendung des 15. Lebensjahrs gilt eine Person mit zwei Impfdosen als vollständig geimpft, ältere Personen benötigen noch eine dritte Impfdosis. In den Jahren 2022 und 2023 wurde diese Altersgrenze des 2-Dosenschemas auf 18 (2022) bzw. 21 Jahre (2023) erhöht. Hierbei handelt es sich um eine evidenzbasiert empfohlene Off-Label Anwendung. Für die dem Bericht zu Grunde gelegte Zeitspanne bis inkl. 2021 haben dies Änderungen noch keinen Einfluss.

Im Rahmen des kostenfreien Impfprogrammes werden derzeit Kinder zwischen 9 und 14 Jahren geimpft. Ab 1.2.2023 wird die kostenfreie Impfung auf Personen bis zum vollendeten 21. Lebensjahr ausgeweitet. Im Rahmen des Catch-Up-Programms konnten Personen bis zu einem gewissen Alter die Impfung zum vergünstigten Selbstkostenpreis an öffentlichen Impfstellen der Bundesländer erwerben. Bis 2021 war dies für Personen zwischen dem 12. und 15. Lebensjahr möglich. Ab 2022 wurde diese Altersgrenze auf 18 Jahre erhöht.

Alle Informationen zur Impfpflicht, dem Impfschema und dem kostenfreien Impfprogramm befinden sich im „Impfplan Österreich“ des BMGSPK [1].

Anmerkung: In dem aktuellen Projekt wurden die Durchimpfungsraten bis zum Jahr 2021 berechnet. Dementsprechend wurden in den Berechnungen die HPV – Impfpflicht und Altersgrenzen bis Ende des Kalenderjahres 2021 herangezogen. Die aktuellen Änderungen sind im Modell bereits implementiert und werden bei zukünftigen Berechnungen berücksichtigt.

3. Modell

Die Berechnung der HPV-Durchimpfungsraten wurde mit einem 2-stufigen Verfahren durchgeführt. Im ersten Schritt wurden die vorhandenen Daten geeignet aufbereitet und Parameter generiert, die dann im zweiten Schritt in einem agentenbasierten Simulationsmodell für die eigentlichen Berechnungen verwendet wurden.

Datenaufbereitung

Die vom BMGSPK und MSD zur Verfügung gestellten Daten werden in gemeinsamer Abstimmung folgendermaßen verarbeitet:

- Bei allen verkauften Impfungen (private Käufe und Abrufmengen) wird von einem Schwund von 1% ausgegangen.
- Die dokumentierten Impfungen werden für ein Kalenderjahr und Gesamtösterreich aggregiert und den entsprechenden Impfstufen, Geburtsjahrgängen und Teilimpfungen zugeordnet.
- Überzählige Impfungen der Abrufmengen werden nach demselben Verhältnis wie die dokumentierten Impfungen auf die Personen verteilt.
- Die Impfungen aus dem Catch-Up-Programm werden nach demselben Verhältnis wie die dokumentierten Impfungen an Personen der betroffenen Altersgruppe verteilt. Bis zum Jahr 2021 sind dies die Personen zwischen dem 12. und 15. Lebensjahr.
- Sonstige privat verkaufte Impfungen werden auf die Personen aufgeteilt:
 - o 75% an Personen der Altersklasse 15-30, 25% an Personen der Altersklasse 31-45.
 - o Innerhalb der Altersklasse werden die Impfungen gemäß der Bevölkerungszahl gleichmäßig auf die einzelnen Jahrgänge verteilt.
 - o Jeweils ein Drittel der Impfungen werden der ersten, zweiten und dritten Teilimpfung zugeordnet.
- Für jedes Impfstufe, jeden Geburtsjahrgang und jede Teilimpfung wird die Zahl der Impfungen pro 1.000 Personen bestimmt.

Anmerkung: Die Annahme zur Verteilung der sonstigen privat verkauften Impfungen (75% an Personen der Altersklasse 15-30, 25% an Personen der Altersklasse 31-45) wird bei den zukünftigen Berechnungen angepasst, da sich sowohl die Altersgrenze zur Anwendung des 2-Dosen-Schemas als auch zur kostenfreien Impfung erhöht.

Simulationsmodell

Die im vorhergehenden Schritt aufbereiteten Input-Daten und berechneten Parameter werden nun in das Impfmoduls des GEPOC [3] Simulations-Frameworks eingelesen. Hierbei handelt es sich um ein agentenbasiertes Simulationsmodell der österreichischen Bevölkerung mit individuellen Eigenschaften sowie dem Impfstatus.

In GEPOC wird jeder Einwohner von Österreich durch einen Agenten repräsentiert und besitzt folgende Grundeigenschaften:

- Statistisch korrekte Abbildung der österreichischen Bevölkerung bezüglich Alter und Geschlecht
- Abbildung von Geburten und Todesfällen
- Abbildung der Immigration und Emigration

Das Modell ist mit den Daten der Statistik Austria parametrisiert, sodass es zu jedem Zeitpunkt die Gesamtbevölkerung und ihr Verhalten mit der tatsächlichen österreichischen Bevölkerung übereinstimmt.

In diesem Projekt wird mit dem Modell der Zeitraum von 1.1.2014 bis 31.12.2021 simuliert. Zu Simulationsstart werden Agenten erstellt, die dem österreichischen Bevölkerungsstand zum 1.1.2014 entsprechen. Aus Mangel an Daten gilt diese Bevölkerung als komplett ungeimpft (siehe Diskussion). Anschließend wird die Simulation in Jahresschritten ausgeführt. Während jedem Schritt werden folgende Aktionen ausgeführt:

- Die Bevölkerung altert um ein Jahr. Personen können sterben, emigrieren, immigrieren oder geboren werden.
- Immigration: Asylwerber und sonstige Zuwanderer werden mit Altersverteilungen gemäß den demographischen Daten zur Bevölkerung hinzugefügt. Dabei gelten folgende Annahmen zum Impfstatus:
 - o Asylwerber sind komplett ungeimpft.
 - o Bei den sonstigen Zuwanderern ist der Impfstatus gleich verteilt wie in der österreichischen Bevölkerung zum entsprechenden Zeitpunkt.
- Impfungen: die im Datenmodell bestimmte Anzahl an Impfungen wird an die entsprechenden Geburtsjahrgänge vergeben. Dabei werden folgende Bedingungen beachtet:
 - o Personen unter 15 Jahren gelten mit Erhalt der zweiten Teilimpfung als fertig geimpft und erhalten keine weiteren Impfungen.
 - o Um eine zweite Teilimpfung zu erhalten, muss die Person bereits eine erste Teilimpfung erhalten haben.
 - o Um eine dritte Teilimpfung zu erhalten, muss die Person bereits eine zweite Teilimpfung erhalten haben und noch nicht als fertig geimpft gelten.

Als Simulationsergebnisse erhält man für jedes Kalenderjahr und jeden Geburtenjahrgang die Anzahl Personen, die eine bestimmte Teilimpfung erhalten haben. Zusätzlich wird die Anzahl der Personen ausgewiesen, die eine komplette Impfserie erhalten haben. Also jene Personen, die 3 Teilimpfungen oder bereits vor Ende ihres 15-ten Lebensjahr 2 Teilimpfungen erhalten haben.

Anmerkung: Die Annahme, dass nur Personen unter 15 Jahren keine HPV3-Impfung erhalten, wird bei den zukünftigen Berechnungen angepasst, da sich die Altersgrenze zur Anwendung des 2-Dosen-Schemas erhöht.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse der Analyse der Inputdaten und der Simulation vorgestellt. Die vollständigen Resultate liegen dem BMGSPK in Form von EXCEL-Dateien vor.

Analyse der Inputdaten

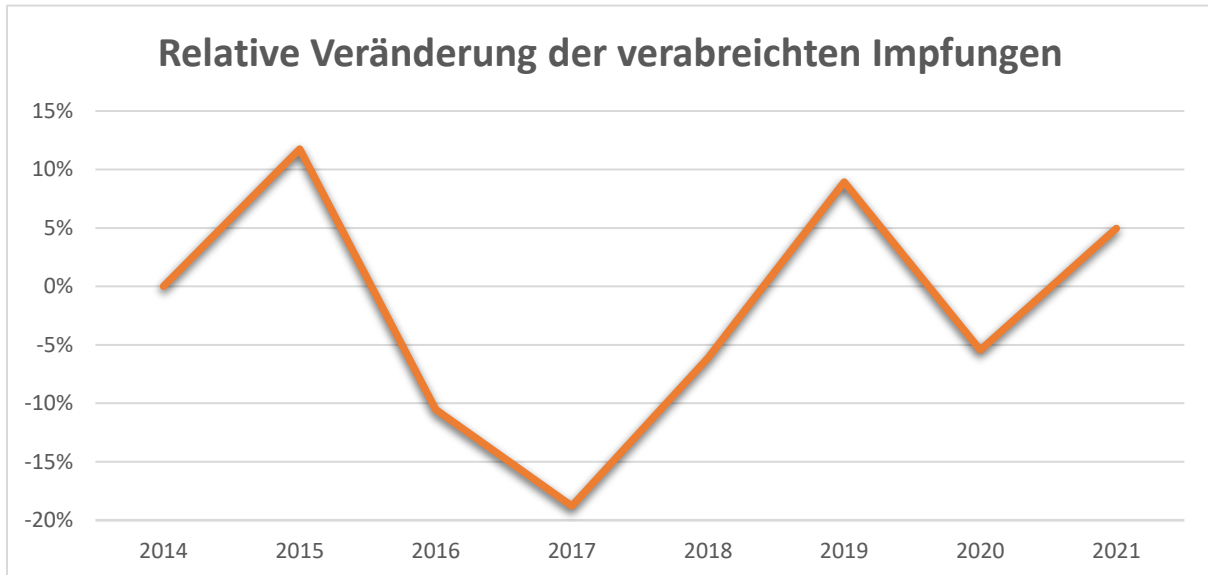


Abbildung 1: Relative Veränderung der Zahl der verabreichten Impfungen seit 2014. Als Referenzwert werden die Impfungen aus dem Jahr 2014 genommen.

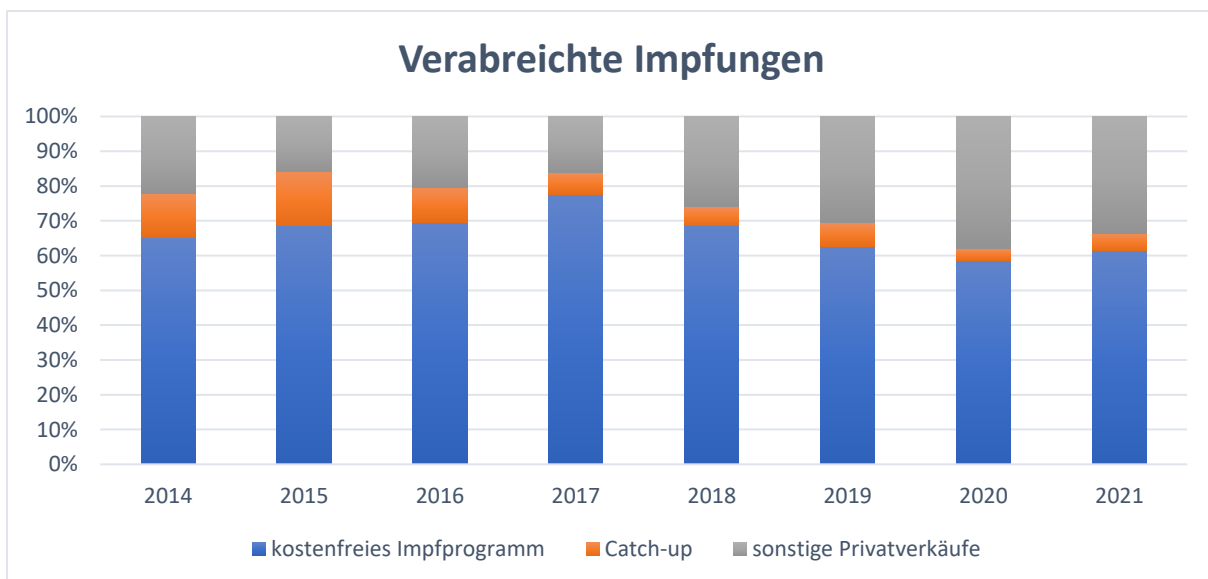


Abbildung 2: Zahl der verabreichten Impfungen aufgeschlüsselt nach Programm und Kalenderjahr

Abbildung 2 zeigt die relative Veränderung der jährlich verabreichten Impfungen seit 2014. Als Referenz wird die Zahl der Impfungen im Jahr 2014 herangezogen. Man erkennt, dass es in den Jahren 2016 bis 2018 einen Einbruch der Impffzahlen gab. In den letzten Jahren haben sich die Impffzahlen jedoch wieder erhöht und liegen auf einem ähnlichen Niveau wie zum Start des kostenfreien Impfprogramms.

Abbildung 2 zeigt die Aufteilung der verabreichten Impfungen aufgeschlüsselt nach Impfprogramm. Man erkennt, dass in den letzten Jahren, der Anteil der Impfungen, die im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms verabreicht wurden, etwas zurückgegangen ist. Dies kann möglicherweise an den pandemiebedingten Schulschließungen liegen, die zu einem eingeschränkten Zugang zu den kostenfreien Impfungen geführt haben könnten. Das Catch-Up-Programm, bei dem Impfungen bis zu einem gewissen Alter zum Selbstkostenpreis gekauft werden können, war vor allem in den ersten Jahren sehr beliebt. In den letzten Jahren stellen diese Impfungen jedoch nur einen kleinen Teil der Gesamtimpfungen dar. Die sonstigen am Privatmarkt verkauften Impfungen haben hingegen in den letzten Jahren zugenommen. Dies kann darauf hindeuten, dass vor allem bei den älteren Bevölkerungsgruppen in den letzten Jahren die Awareness von HPV gestiegen ist und immer mehr Menschen bereit sind, sich auch privat impfen zu lassen.

Die Verteilung der ersten und zweiten Teilimpfung unter den im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms dokumentierten Impfungen ist in Abbildung 3 dargestellt. Da die kostenfreie Impfung im Jahr 2014 eingeführt wurde, sind in diesem Jahr erwartungsgemäß sehr viele Erst- und noch sehr wenige Zweitimpfungen verabreicht worden. In den späteren Jahren hat sich das Verhältnis jedoch verschoben, sodass aktuell der Anteil der Zweitimpfungen bei knapp unter 50% liegt. Die fehlenden Zweitimpfungen können laut Daten fast zur Gänze durch die Catch-Up-Impfungen abgedeckt werden. Dies bedeutet, dass es bei den Personen, die im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms geimpft werden, fast keine Abbrecher gibt und somit die Ressourcen effizient eingesetzt werden.

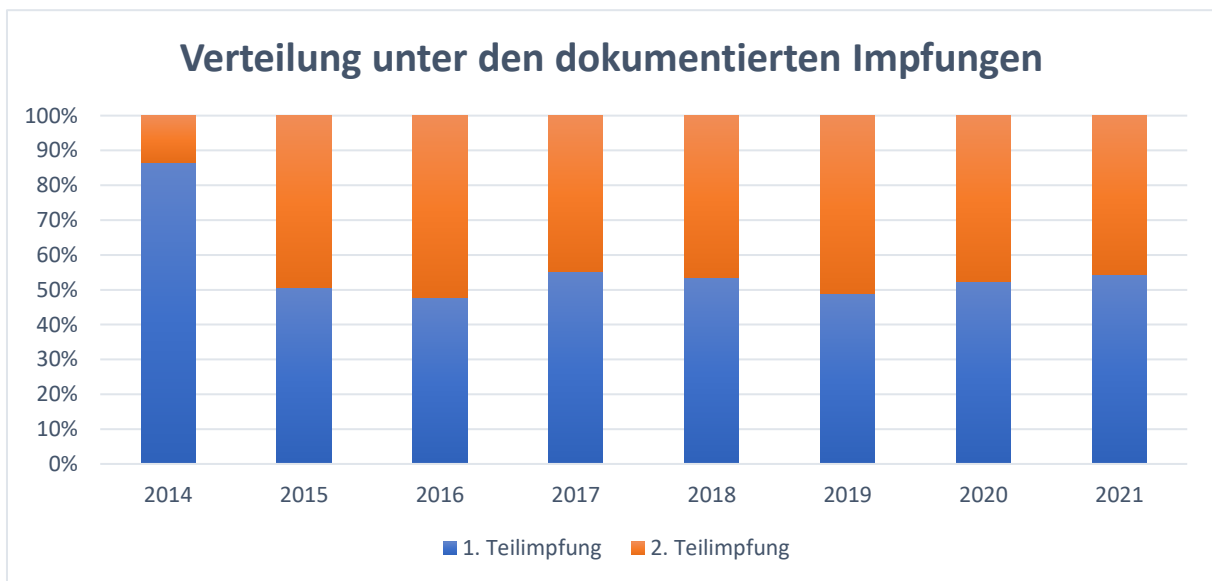


Abbildung 3: Verteilung der ersten und zweiten Teilimpfungen innerhalb der dokumentierten Impfungen im kostenfreien Impfprogramm aufgeschlüsselt nach Kalenderjahr

In Abbildung 4 und Abbildung 5 ist dargestellt, wie sich die im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms dokumentierten ersten und zweiten Teilimpfungen auf die unterschiedlichen Altersgruppen aufteilen. Von 2014 bis 2019 wurden 60% bis 70% der ersten Teilimpfungen an Kinder im empfohlenen Alter von 9 und 10 Jahren verabreicht. Im Jahr 2020 und 2021 ist dieser Anteil auf fast 50% gefallen. Hier wäre es interessant zu untersuchen, ob dies an den pandemiebedingten Schulschließungen liegt und sich dieser Anteil in den nächsten Jahren wieder erhöhen wird, oder ob es sich um einen generellen Trend handelt, die Kinder erst später impfen zu lassen. Bei den zweiten Teilimpfungen fällt auf, dass fast kein Kind bereits mit 9 Jahren diese Impfung erhält.

Der Großteil der dokumentierten zweiten Teilimpfungen geht an Kinder im Alter von 10 und 11 Jahren. Nur rund 10% der zweiten Teilimpfungen gehen an Kinder von 13 Jahren und älter. Dementsprechend haben die meisten impfwilligen Kinder ihre Impfserie in diesem Alter abgeschlossen.

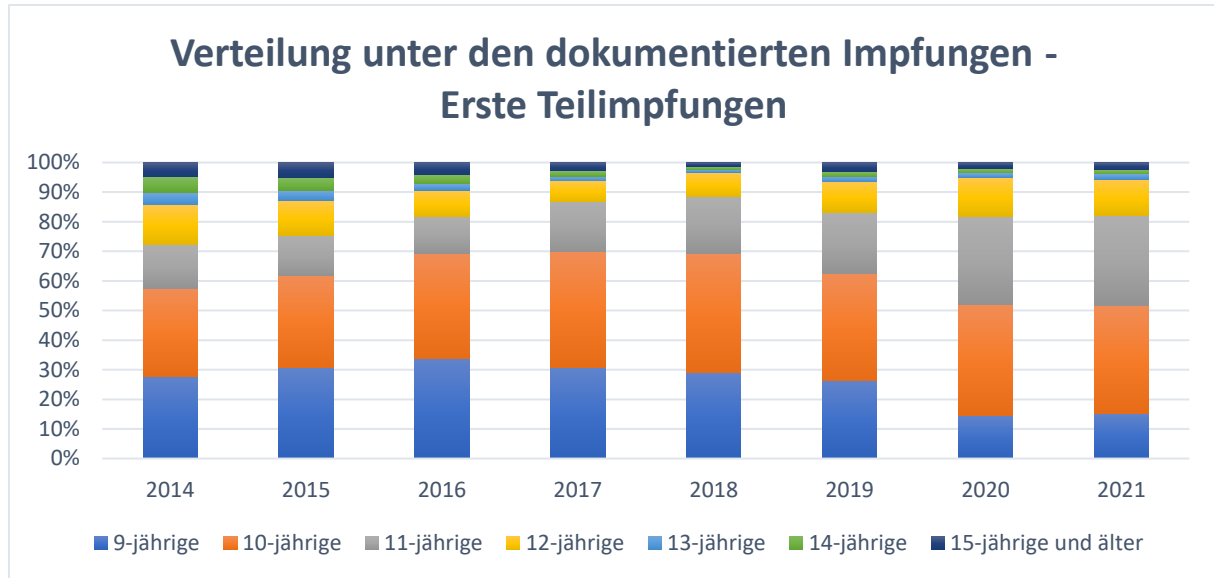


Abbildung 4: Verteilung der dokumentierten 1. Teilimpfungen auf die einzelnen Altersgruppen aufgeschlüsselt nach Kalenderjahr

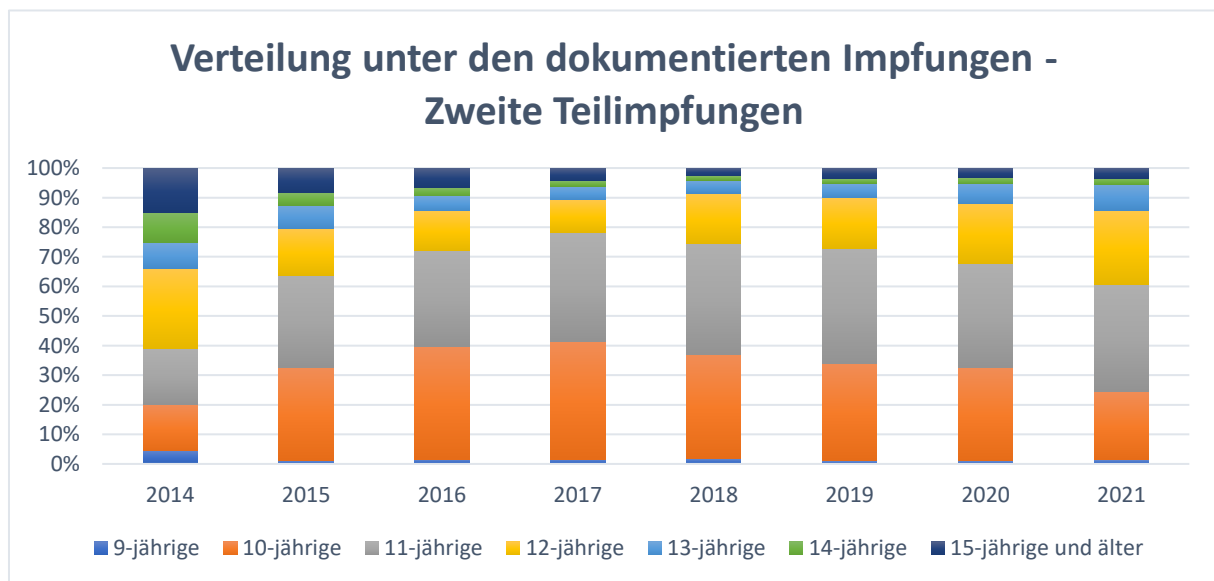


Abbildung 5: Verteilung der dokumentierten 2. Teilimpfungen auf die einzelnen Altersgruppen aufgeschlüsselt nach Kalenderjahr

Simulationsergebnisse

Ergebnisse für 2021

In diesem Projekt wurden erstmalig die Durchimpfungsraten für die Jahre 2014 bis 2021 berechnet. Eine Geschlechtertrennung ist auf Basis des zur Verfügung stehenden Datenmaterials nicht möglich. In Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die Hauptergebnisse der Simulation für das Jahr 2021 dargestellt.

Alter	1. Teilimpfung	2. Teilimpfung	Abgeschlossene Impfserie
9-11-jährige	26.05%	13.22%	13.22%
12-13-jährige	55.39%	49.27%	49.27%
14-jährige	55.75%	53.12%	53.12%
15-20-jährige	37.54%	32.54%	29.60%
21-30-jährige	5.21%	4.79%	3.84%

Tabelle 1: Durchimpfungsraten unterschiedlicher Altersgruppen für das Jahr 2021

Alter	Ungeimpft	Ungeimpft (%)	Abgeschlossene Impfserie	Abgeschlossene Impfserie (%)	Abbrecher nach 1. Teilimpfung
9-11-jährige	189.699	73.95%	33.905	13.22%	32.910
12-13-jährige	75.560	44.61%	83.465	49.27%	10.371
14-jährige	37.292	44.25%	44.764	53.12%	2.219

Tabelle 2: Anzahl ungeimpfter Personen, Abbrecher und abgeschlossene Impfserien in unterschiedlichen Altersgruppen für das Jahr 2021

Bei den Kindern im Alter von 9 bis inklusive 11 Jahren, die in den letzten Jahren in das kostenfreie Impfprogramm fielen, liegt die Durchimpfungsrate mit der 1. Teilimpfung bei 26% und mit der 2. Dosis bei 13%. Das bedeutet, dass ca. 34.000 Kinder zwei Impfungen entsprechend den Empfehlungen erhielten und ca. 33.000 Kinder noch eine zweite Impfung benötigen. Allerdings sind 190.000 Kinder noch nicht geimpft.

Die Durchimpfungsraten der 12-Jährigen gemeinsam mit den 13-Jährigen betrachtet, stellen bereits ein etwas besseres Bild dar, hier haben etwa 55% eine erste Impfung erhalten und rund 49% die für dieses Alter vollständige Impfserie von 2 Dosen. Gleichzeitig fehlen jedoch auch in dieser Altersgruppe 75.600 Kindern beide Impfungen und ca. 10.400 Kinder benötigen die zweite Teilimpfung.

Bei den 14-Jährigen haben im Jahr 2021 rund 53% der Kinder bereits beide Impfungen erhalten. Bei der ersten Dosis liegt die Durchimpfungsrate bei 56%. Dementsprechend benötigen noch rund 2.200 14-Jährige eine zweite Impfung, um das Impfschema zu vervollständigen. Insgesamt sind laut Modellrechnung noch mehr als 37.000 der aktuell 14-Jährigen (von ca. 84.000) ungeimpft.

In den älteren Altersgruppen ist die Durchimpfungsrate deutlich niedriger. Von den 15- bis 20-Jährigen haben nur 38 % zumindest eine Impfung erhalten. Rund 30 % haben das komplette Impfschema abgeschlossen. Die ungeimpften Personen in dieser Altersgruppe haben jetzt ab 2023 die Möglichkeit fehlenden (Teil-)Impfungen kostenfrei nachzuholen.

Basierend auf den Modellannahmen haben bei den 21- bis 30-Jährigen im Jahr 2021 nur 4% der Personen das Impfschema komplett abgeschlossen. Dies liegt daran, dass die Impfung erst seit 2014 im kostenfreien Impfprogramm vorhanden ist, und Personen, die vor 1999 geboren wurden, nicht davon profitieren konnten.

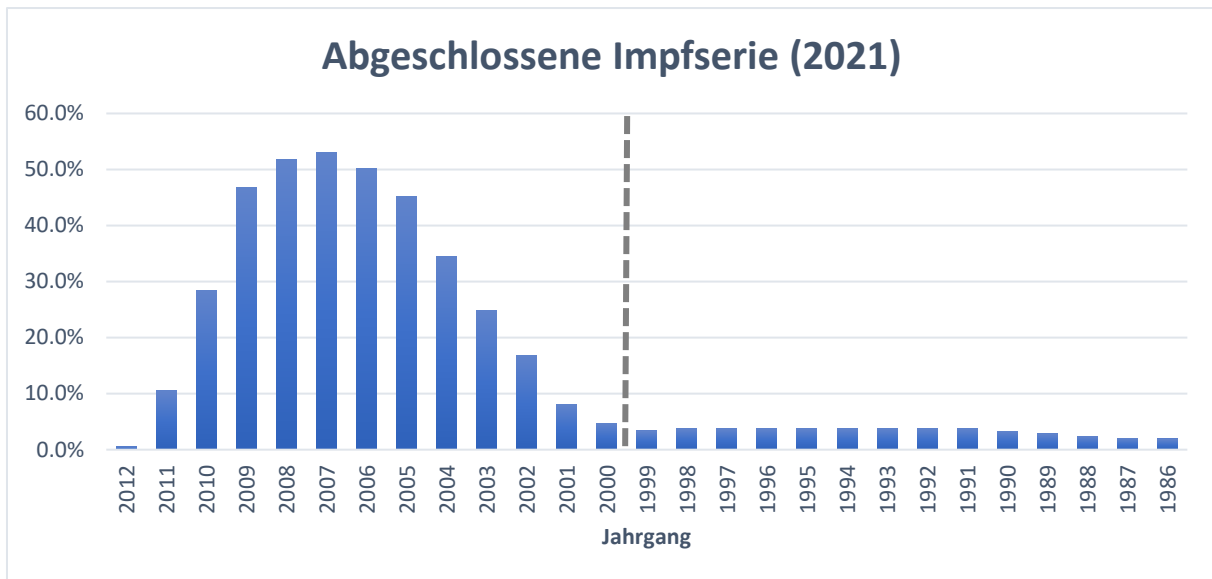


Abbildung 6: Anteil der Personen mit abgeschlossener Impfserie im Jahr 2021 aufgeschlüsselt nach Jahrgang.

Abbildung 6 zeigt noch einmal im Gesamtüberblick den Anteil der Personen mit abgeschlossener Impfserie im Jahr 2021 für die einzelnen Jahrgänge. Zu beachten ist, dass erst Personen ab dem Jahrgang 2005 oder jünger während der ganzen Periode zwischen 9 und 14 Jahren von der kostenfreien Impfung profitieren konnten. Für Personen der Jahrgänge 2004 bis 2000 war die kostenfreie Impfung erst ab einem späteren Alter als 9 Jahre verfügbar. Die Jahrgänge 1999 und früher konnten die kostenfreie Impfung noch nicht in Anspruch nehmen.

Entwicklung der Durchimpfungsraten von 2014 bis 2021

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen die Durchimpfungsraten der Erst- und Zweitimpfung für unterschiedliche Altersgruppen in den einzelnen Jahren seit der Einführung der kostenfreien Impfung im Jahr 2014.

Man erkennt, dass es, vor allem bei den Zweitimpfungen, ein paar Jahre gedauert hat, bis in den höheren Altersgruppen die aktuellen Durchimpfungsraten von rund 50% erreicht wurden. Seit 2019 scheint ein Plateau erreicht worden zu sein. Hier stellt sich die Frage, ob dies an den pandemiebedingten Schulschließungen liegt, die zu einem eingeschränkten Zugang zu den kostenfreien Impfungen geführt haben können, oder ob die generelle Impfbereitschaft nicht höher liegt. Wie bereits vorher erwähnt, ist zudem auch hier erkennbar, dass die Durchimpfungsraten der 9- und 10-Jährigen in den Jahren 2020 und 2021 zurückgegangen sind. Dementsprechend sollte in Zukunft vermehrt darauf geachtet werden, dass die Kinder die Impfung auch tatsächlich im empfohlenen Alter erhalten.

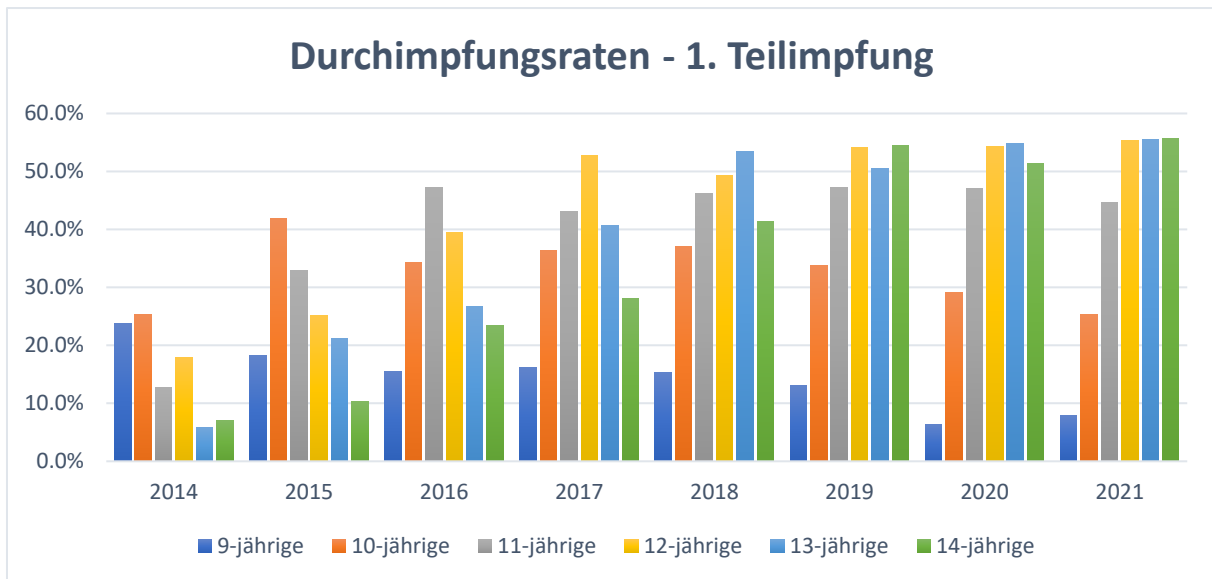


Abbildung 7: Durchimpfungsrate der 1. Teilimpfung für unterschiedlichen Altersgruppen in den Jahren 2014 bis 2021

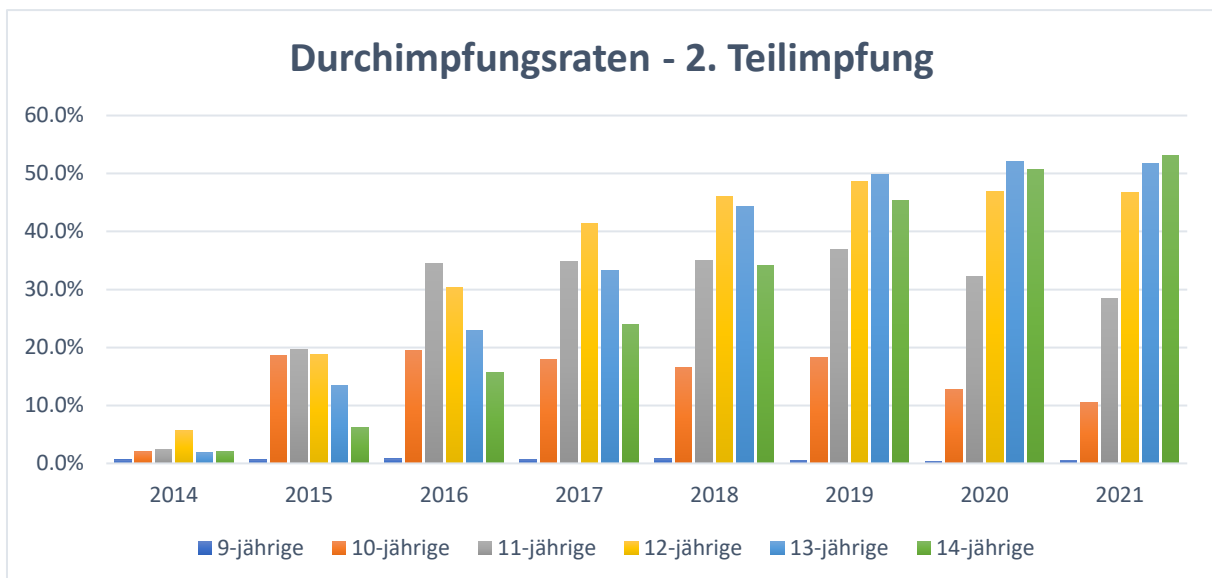


Abbildung 8: Durchimpfungsrate der 2. Teilimpfung für unterschiedlichen Altersgruppen in den Jahren 2014 bis 2021

5. Diskussion und Ausblick

In diesem Projekt wurden Daten von unterschiedlichen Dateneigentümern, nämlich des BMGSPK und des Impfstoffherstellers MSD, zusammengeführt, um auf Basis dokumentierter Impfungen sowie verkaufter Impfdosen die Durchimpfungsraten gegen HPV in der Österreichischen Bevölkerung abzuschätzen.

Als Ergebnis ergibt sich ein gemischtes Bild. Während die Durchimpfungsraten in den jüngeren Altersgruppen, die im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms geimpft wurden, bis zu 50% erreichen, sind bei Personen im Alter von 20 Jahren bis 45 Jahren weniger als 5% geimpft. Betrachtet man darüber hinaus die historische Entwicklung der Durchimpfungsraten, erkennt man, dass die Durchimpfungsraten bei den Schulkindern seit Aufnahme der HPV-Impfung ins kostenlose Impfprogramm stetig gestiegen sind. In den letzten Jahren scheint sich jedoch ein Plateau bei einer

Durchimpfungsrate knapp über 50% gebildet zu haben. Hier ist unklar, ob dies an einer mangelnden Impfbereitschaft liegt, oder ob in den Jahren 2020 und 2021 wegen pandemiebedingten Schulschließungen der Zugang zur kostenfreien Impfung eingeschränkt war. Zudem fällt auf, dass im Schnitt nur 30% der dokumentierten Impfungen an 9-jährige Kinder gehen, also Kinder im empfohlenen Alter. In den Jahren 2020 und 2021 ist dieser Anteil sogar auf 15% gefallen. Dementsprechend sollte man in den nächsten Jahren vor allem die Kinder der Jahrgänge 2011 und 2012 im Blick behalten, um sicher zu gehen, dass hier keine Impflücke entsteht.

Die erhaltenen Ergebnisse sollte man jedoch immer in Hinblick auf die vorhandenen Daten betrachten. Hervorzuheben sind hier insbesondere mangelnde Informationen zum Impfstand der Bevölkerung zum Modellstart und dem Impfstatus der Zuwanderer.

Die Modellrechnung beginnt mit dem Jahr 2014, also dem Jahr in dem die Impfung ins kostenfreie Impfprogramm aufgenommen wurde. Der Impfstoff Gardasil® ist in der EU jedoch seit September 2006 zugelassen und die Impfung in Österreich auch seit diesem Jahr empfohlen. Aus Mangel an Informationen wurde im Modell jedoch angenommen, dass zu Simulationsstart die gesamte Bevölkerung noch ungeimpft ist. Da in den 7 Jahren zwischen Zulassung und Aufnahme ins kostenfreie Impfprogramm sicherlich auch schon Impfungen stattgefunden haben, wird somit die Durchimpfungsrate bei Personen der Jahrgänge 1997 und älter bei den Modellberechnungen unterschätzt. In den Jahren 2014 bis 2018 wurden jährlich rund 25.000 Impfdosen am Privatmarkt gekauft. Geht man von ähnlichen Verkaufszahlen in den Jahren 2007 bis 2013 aus, und berücksichtigt das übliche 3-Dosen-Schema, können damit etwas weniger als 60.000 Personen geimpft werden. Die Kohorte der 9- bis 30-Jährigen besteht jedoch aus über 2 Millionen Menschen. Dementsprechend liegt der zu erwartende Fehler bei ca. 4%.

Zu dem Impfstand der Einwanderer liegen ebenfalls ungenügende Informationen vor. Aktuell werden von der WHO noch nicht für alle Länder offiziellen Zahlen zur Durchimpfungsrate zur Verfügung gestellt. Insbesondere für afrikanische oder asiatische Länder, also jene Regionen aus denen die meisten Asylwerber nach Österreich kommen, sind keine Informationen vorhanden. Aus diesem Grund wurde hier angenommen, dass alle betroffenen Personen ungeimpft sind. Sonstige Zuwanderer, die nicht als Asylwerber nach Österreich kommen, erhalten dieselbe Durchimpfungsrate wie in Österreich zum entsprechenden Zeitpunkt. Diese Annahme ist dahingehend zulässig, als dass die meisten europäischen Länder die HPV-Impfung ebenfalls für Kinder kostenfrei verabreichen. Zu beachten ist allerdings, dass in manchen Ländern die kostenfreie Impfung nur für Frauen angeboten wird. Falls in den nächsten Jahren bessere Informationen zum Impfstatus der Einwanderländer bekannt werden, können diese dank der Verwendung des agentenbasierten Simulationsmodells leicht in die Berechnung integriert werden.

Des Weiteren gibt es aktuell keine Daten dazu, wie die Geschlechterverteilung unter den geimpften Personen ist. Weder bei den dokumentierten Impfungen im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms noch bei den privat verkauften Impfdosen stehen Informationen hierzu zur Verfügung. Auf die Durchimpfungsraten einzelner Alterskohorten hat diese Information zwar keinen Einfluss, jedoch könnten mit ihr interessante Zusatzergebnisse erhalten werden. Bei der Einführung der Impfung, wurde HPV fast nur mit Gebärmutterhalskrebs in Verbindung gebracht und es standen vor allem Frauen im Fokus der Impfeempfehlungen. Die Impfung von Männern diente anfänglich nur dazu, die Weiterverbreitung des Virus einzudämmen. Erst in den letzten Jahren steigt das Bewusstsein, dass die Impfung auch bei Männern das Risiko gewisser Krebserkrankungen senken kann. Nichtsdestotrotz ist damit zu rechnen, dass die Impfbereitschaft unter den Geschlechtern, und somit auch die

Durchimpfungsraten, noch immer sehr unterschiedlich sind. Die Berechnung einer geschlechterspezifischen Durchimpfungsrate ist des Weiteren auch insofern wichtig, um zu bestimmen, wie nah man dem von der WHO gesetzten Ziel der 90%-Durchimpfungsrate bei 14-jährigen Frauen ist. Aktuell liegt die Gesamtdurchimpfungsrate der 14-jährigen Personen aller Geschlechter in Österreich bei 53%. Im Extremfall, dass fast alle diese Impfungen an Frauen verabreicht wurden, wäre das WHO-Ziel also schon erreicht. Falls die Impfungen jedoch gleichmäßig auf die Geschlechter verteilt sind, ist Österreich noch sehr entfernt von der 90%-Durchimpfungsrate bei jungen Frauen.

Bei den vorgestellten Modellergebnissen ist außerdem zu beachten, dass sie nur die Durchimpfungsraten angeben und keine weiteren Informationen zum tatsächlichen Schutz vor Gebärmutterhalskrebs oder anderen HPV-assoziierten Krebsarten liefern. Dazu müsste man einerseits Daten zur Impfeffektivität mit einbeziehen und andererseits die unterschiedlichen HPV-Typen betrachten. Aktuell sind rund 200 Typen bekannt, von denen 14 onkogen sind. Im Impfstoff sind jedoch nicht alle diese Typen abgedeckt. In Österreich wurden im Rahmen des kostenfreien Impfprogramms zwei unterschiedliche Impfstoffe eingesetzt: Gardasil® (eingesetzt in den Jahren 2014 bis 2018), der vor 4 Typen schützt und Gardasil 9® (eingesetzt seit 2016), der einen Schutz vor 9 Typen bietet. Im Modell wird nicht zwischen den beiden Impfstoffen unterschieden. Zudem zeigen Abwasseranalysen, dass in Österreich ein Großteil der zirkulierenden HPV-Typen zu jenen gehören, die nicht von der Impfung abgedeckt sind. Zu diesem Thema bietet es sich an noch weitere Studien und Untersuchungen durchzuführen. Eine der möglichen Forschungsfragen ist, ob die Verteilung der zirkulierenden HPV-Typen durch die HPV-Impfungen beeinflusst werden, und es zu Typenshift kommt. Hierzu wäre es interessant die Durchimpfungsraten nicht nur für Gesamtösterreich zu berechnen, sondern für einzelne Bundesländer und sie regionalen Abwasseranalysen gegenüberzustellen.

Zukünftige Berechnungen und Berichtlegung

Die Berechnungen der Durchimpfungsraten werden jährlich mit den aktuellen Zahlen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Updates werden in Form von Kurzberichten auf der Seite des BMGSPK veröffentlicht. Die vorliegende Modellbeschreibung wird nur bei etwaigen Änderungen des Modells oder der zugrundeliegenden Annahmen aktualisiert.

Verweise

- [1] BMGSPK, „Impflan Österreich,“ [Online]. Available: <https://www.sozialministerium.at/Themen/Gesundheit/Impfen/Impfplan-%C3%96sterreich.html>. [Zugriff am 02 02 2023].
- [2] World Health Organisation, „Der Krebs, den wir eliminieren können,“ [Online]. Available: <https://www.who.int/europe/de/news/item/12-09-2022-the-cancer-we-can-eliminate---who-europe-urges-member-states-to-consign-cervical-cancer-to-history>. [Zugriff am 02 02 2023].
- [3] M. Bicher, C. Urach und N. Popper, „Gepoc ABM: a generic agent-based population model for Austria,“ *2018 Winter Simulation Conference (WSC)*, pp. 2656-2667, 2018.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Relative Veränderung der Zahl der verabreichten Impfungen seit 2014. Als Referenzwert werden die Impfungen aus dem Jahr 2014 genommen.	7
Abbildung 2: Zahl der verabreichten Impfungen aufgeschlüsselt nach Programm und Kalenderjahr ...	7
Abbildung 3: Verteilung der ersten und zweiten Teilimpfungen innerhalb der dokumentierten Impfungen im kostenfreien Impfprogramm aufgeschlüsselt nach Kalenderjahr	8
Abbildung 4: Verteilung der dokumentierten 1. Teilimpfungen auf die einzelnen Altersgruppen aufgeschlüsselt nach Kalenderjahr	9
Abbildung 5: Verteilung der dokumentierten 2. Teilimpfungen auf die einzelnen Altersgruppen aufgeschlüsselt nach Kalenderjahr	9
Abbildung 6: Anteil der Personen mit abgeschlossener Impfserie im Jahr 2021 aufgeschlüsselt nach Jahrgang.	11
Abbildung 7: Durchimpfungsrate der 1. Teilimpfung für unterschiedlichen Altersgruppen in den Jahren 2014 bis 2021	12
Abbildung 8: Durchimpfungsrate der 2. Teilimpfung für unterschiedlichen Altersgruppen in den Jahren 2014 bis 2021	12