Wissenschaftliches Hintergrundpapier zur Fachbeitragsaktualisierung von Keuchhusten am 27. November 2025

Vorbemerkung: Das wissenschaftliche Hintergrundpapier soll zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise der Ärztinnen und Ärzte für individuelle Impfentscheidung e. V. (ÄFI) beitragen. Weitere Informationen zur wissenschaftlichen Arbeit des Vereins finden sich hier.

Link: https://individuelle-impfentscheidung.de/impfungen/keuchhusten.html

Bei der Fachbeitragsaktualisierung wurden folgende Arbeitsschritte angewandt:

Arbeitsschritte	Erfolgt	Nicht-Erfolgt
1. Sichtung des Fachbeitrags (hinsichtlich Kongruenz, Aktualität, Widersprüchen, Lesbarkeit, Darstellung, Ergänzung von Quellen)	x	
2. Festlegung der Themenschwerpunkte	x	
3. Literatursuche und -verwaltung	x	
4. Inklusion / Exklusion von Literatur	x	
5. Auswertung und Beschreibung der eingeschlossenen Studien für den Fachbeitrag	x	
6. Rücksprache mit der Wissenschafts-AG des Vereins und ggf. Überprüfung / Ergänzung	x	
7. Abschließende Übernahme in den Fachbeitrag und Erstellung einer Ankündigung für die Öffentlichkeit	x	

1. Sichtung des Fachbeitrags (hinsichtlich Kongruenz Aktualität, Widersprüchen, Lesbarkeit, Darstellung)

- Kleinere Fehler (z. B. Rechtschreibung, Grammatik) wurden direkt auf der Webseite vorgenommen

Beschreibung der Änderungen:

Die Erkrankung > Epidemiologie > Unterteilen in „Weltweit“ und „Deutschland“

Die Erkrankung > Epidemiologie > 5. Stichpunkt ändern: ~~Trotz niedrigerer Inzidenz bei Erwachsenen treten mittlerweile 60 % aller Erkrankungen bei Personen im Alter ≥ 18 Jahre auf. Ein möglicher Grund dafür sind fehlende Auffrischimpfungen.~~

Die Erkrankung > Epidemiologie > 6. Stichpunkt ändern:

- In Deutschland traten von 2013 bis 2022 (10-Jahreszeitraum, Beginn der Meldepflicht) insgesamt 10 Todesfälle in Zusammenhang mit Keuchhusten auf, davon alleine 5 im Jahr 2016 (Deutsches Ärzteblatt, 2022).

Die Erkrankung > Epidemiologie > als letzten Stichpunkt einfügen:

- 2024 kam es seit der Einführung der bundesweiten Meldepflicht 2013 zur höchsten gemessenen jährlichen Fallzahl (fast 24.000 Fälle). Fünf Todesfälle im Zusammenhang mit Keuchhusten (davon vier ursächlich) wurden übermittelt. Laut RKI war die Altersverteilung und Schwere der Erkrankung aber vergleichbar mit der Zeit vor der COVID-19-Pandemie – es gibt somit keine Hinweise auf eine erhöhte Virulenz. Als Gründe für den Anstieg werden der epidemische Zyklus, die verminderte Zirkulation von 2020 bis 2023 durch die politischen Maßnahmen gegen COVID-19, die nachlassende Immunität durch Keuchhusten-Infektion und -Impfung und nicht ausreichende Impfquoten genannt (Robert Koch-Institut, 2024).

Die Erkrankung > Epidemiologie > Abbildung 4 aktualisieren:

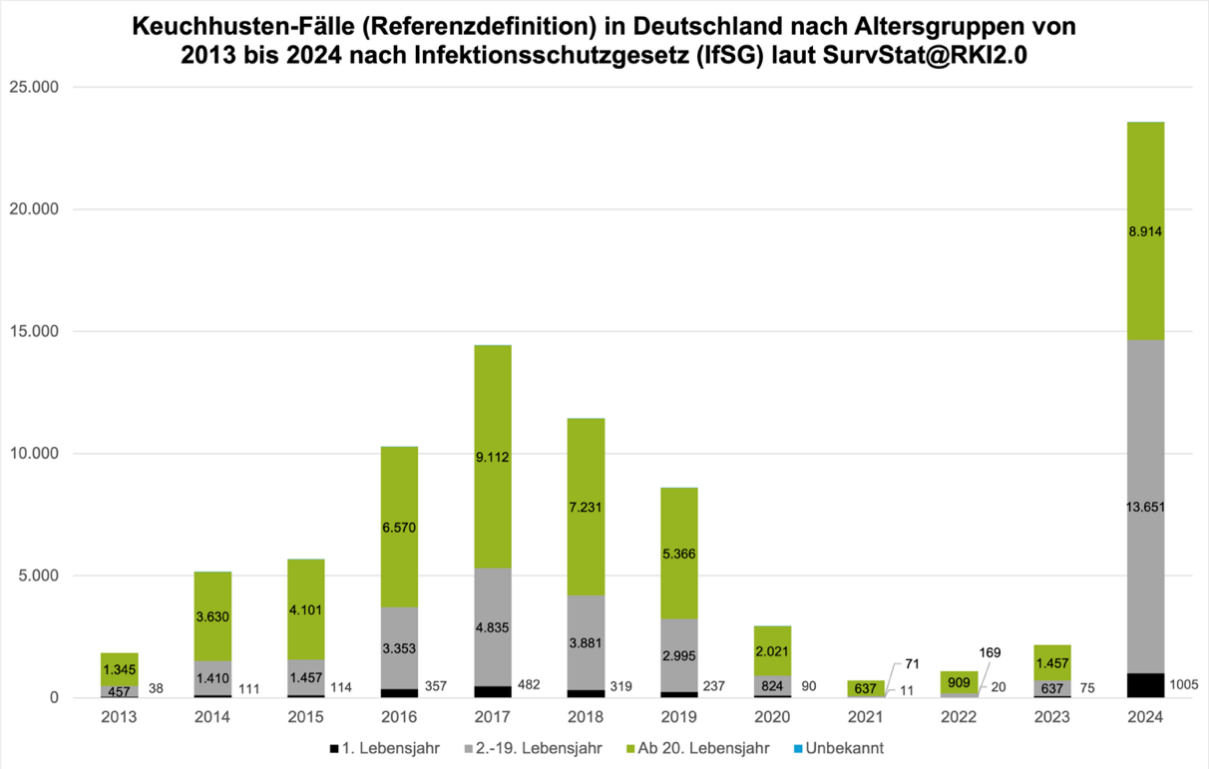

Abbildung 4: Anzahl der dem RKI gemeldeten jährlichen Keuchhusten-Fälle nach Referenzdefinition in Deutschland seit Einführung der Meldepflicht nach IfSG im Jahr 2013 bis 2024 (Robert Koch-Institut, 2025). Zur Vergrößerung auf das Bild klicken.

Die Impfung > Die Impfstoffe > dritten Stichpunkt vor „Wirksamkeit“ verschieben und neue Überschrift „Impfquote“ einfügen“

Die Impfung > „Zulassungsstudien“ nach Tabelle 4 einfügen:

Dass Antikörperkonzentrationen von ≥ 5 E./ml als Ersatzmarker für den Schutz gegen Pertussis geeignet sind, wurde von Storsaeter et al. (1998) postuliert (Storsaeter et al., 1998). In einigen Fachinformationen wird jedoch darauf hingewiesen, dass es kein serologisches Korrelat für den Schutz gegen Pertussis gibt.

- **Boostrix®** (Auffrisch-Impfstoff): Der Anteil der Personen mit einem Antikörper-Titer zum Schutz vor dem Pertussis-Toxoid von ≥ 5 ELISA E/ml lag bei Kindern ab vier Jahren bei 99,0 % (n=415) und bei Jugendlichen ab zehn Jahren sowie Erwachsenen bei 97,8 % (n=1.694). Die Persistenz der Antikörper (≥ 5 ELISA E/ml) lag nach 3 bis 3,5 Jahren bei Jugendlichen bei 81,6 % (n=261) und bei Erwachsenen bei 90,6 % (n=309), nach fünf Jahren bei 76,8 % (n=250) bzw. 89,5 % (n=232) und nach 10 Jahren bei 61,3 % (n=74) bzw. 85,6 % (n=158). Der Anteil der Kinder mit nachweisbarem Antikörperspiegel war mit 58,7 % nach 3 bis 3,5 Jahren (n=118) und 51,5 % nach 5 bis 6 Jahren (n=68) vergleichsweise niedrig (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2022a).

- **Covaxis®** (Auffrisch-Impfstoff): Mittels ELISA wurden bei Kindern von 4 bis 6 Jahren (n=265), Jugendlichen von 11 bis 17 Jahren (n=527) und Erwachsenen von 16 bis 64 Jahren (n=743) in 91,9 %, 92,0 % bzw. 84,4 % der Fälle ausreichende Immunantworten gegen das Pertussis-Toxin nach Auffrischimpfung festgestellt. Die Antikörper-Persistenz bis zu 10 Jahre später (≥ 5 ELISA E/ml) fiel wie folgt aus: Bei Kindern nach 5 Jahren mit 63,3 % (n=128-150), bei Erwachsenen nach 3 Jahren mit 94,2 % (n=292) und nach 5 Jahren mit 89,1 % (n=237-238). Nach zehn Jahren lag der Anteil bei Erwachsenen bei 85,8 %. Bei Jugendlichen waren nach 3 Jahren (n=300) bei 97,3 %, nach 5 Jahren (n=204-206) bei 85,4 % und nach 10 Jahren (n=28-39) bei 82,1 % ausreichende Immunantworten vorhanden – jedoch ist die Teilnehmerzahl nach 10 Jahren kaum aussagekräftig (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2023a).

- **Infanrix®:** Zu den Serokonversionsraten durch die Pertussis-Komponente gibt es in der Fachinformation nur einen einzigen Satz , der da lautet: „Die Antikörper-Serokonversionsrate (%) gegen die Pertussiskomponenten beträgt im Vergleich zu einem herkömmlichen DTPw-Impfstoff:“ 98,6 % (Infanrix) im Vergleich zu 67,9 % (herkömmlicher DTPw-Impfstoff) für die

Grundimmunisierung sowie 94,3 % bzw. 82,8 % als Auffrischimpfung (Anti-PT) (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2023c). Genauere Informationen finden sich unter Infanrix-IPV + HiB®, da beide Impfstoffe dieselben DTP-Komponenten verwenden (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2023b).

- **TdaP-IMMUN®** (Auffrisch-Impfstoff): Immunogenitätsstudien wurden an Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen im Alter von 5 bis 55 Jahren mit drei bis vier Impfstoffdosen durchgeführt. Bei Kindern im Alter von 5-6 Jahren wurden Anti-PT-Boosterreaktionen von 97,4 % (≥4-fache Zunahme) ermittelt, bei Jugendlichen im Alter von 14-15 Jahre von 95,6 % (≥2-fache Zunahme und ≥4 I.E./ml) sowie bei Erwachsenen von 18-55 Jahren von 92,0 % (≥4-fache Zunahme, wenn <20 I.E./ml vor der Impfung; ≥2-fache Zunahme, wenn ≥20 I.E./ml vor der Impfung). Serologische Korrelate für den Schutz gegen Pertussis wurden nicht ermittelt. Das enthaltene Pertussis-Antigen ist Bestandteil des azellulären Pertussis-Kombinationsimpfstoffes. Studienergebnisse zur Antikörper-Persistenz werden nicht angegeben, die Schutzdauer sei unbekannt (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2020).

- **Boostrix Polio®:** Die Immunantwort wurde definiert als: 1. Bei zuvor seronegativen Personen: Antikörperkonzentrationen, die mindestens 4-mal so hoch sind wie die Nachweisgrenze (Konzentration nach der Impfung ≥ 20 ELISA-Einheiten/ml). 2. Bei zuvor seropositiven Personen mit Antikörperkonzentrationen von ≥ 5 ELISA-Einheiten/ml und < 20 ELISA-Einheiten/ml vor der Auffrischimpfung: Erhöhung der Antikörperkonzentrationen um mindestens das Vierfache der Konzentration vor der Auffrischimpfung. 3. Bei zuvor seropositiven Personen mit Antikörperkonzentrationen von ≥ 20 ELISA-Einheiten/ml vor der Auffrischimpfung: Erhöhung der Antikörperkonzentrationen um mindestens das Doppelte der Konzentration vor der Auffrischimpfung. Diesen Kriterien entsprechend erreichten laut Fachinformation 84,6-90,6 % der Kinder im Alter von 3 bis 8 Jahren (n=1.195) sowie 79,8-94,0 % der Kinder, Jugendlichen und Erwachsenen ab einem Alter von zehn Jahren (n=923) ausreichende Immunantworten gegen das Pertussis-Toxoid. Zur Antikörper-Persistenz (gemessen anhand von ≥ 5 ELISA E/ml) wurden Werte von 40,9 % bei Kindern im Alter von 4-8 Jahren (n=344) bzw. 78,7 % bei Jugendlichen und Erwachsenen ab einem Alter von 10 Jahren (n=63) ermittelt (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2022b).

- **Repevax®** (Auffrisch-Impfstoff): Studien zur Immunogenität von Repevax® mittels ≥ 5 ELISA E/ml gegen das Pertussis-Toxin zeigten Serokonversionsraten von 99,3 % bei Kindern von 3-5 Jahren (n=148), 91,2 % bei Kindern von 5-6 Jahren (n=240) sowie 99,7 % bei Jugendlichen und Erwachsenen ab 11 Jahren (n=994). Da Repevax® dieselbe Tdap-

Komponente wie Covaxis® enthält, sind die Werte zur Antikörper-Persistenz dieselben (s. Covaxis®) (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2019a).

- **Infanrix-IPV + HiB®:** Es werden mehrere Immunogenitätsstudien aufgeführt, die Serokonversionsraten von ≥ 5 ELISA E/ml bei 98,4-100 % der geimpften Personen gegen das Pertussis-Toxin je nach Impfschema ermittelt haben. Studien zur Auffrischimpfung im Alter von 11-12 Monaten (1 Studie, n=184) und während des zweiten Lebensjahres (9 Studien, n=1.326) ergaben ausreichende Antikörper bei 99,9 bzw. 99,7 % der Geimpften. Zur Antikörper-Persistenz werden keine weiteren Studien/Werte angegeben (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2019b).
- **Pentavac®/ Pentaxim®:** Laut Fachinformation gibt es kein serologisches Korrelat für die Schutzwirkung, daher wird ein vierfacher Anstieg des Antikörpertiters als Zeichen für eine Serokonversion angesehen. Bei Pertussis konnte dies bei 88 % der Kinder im ersten Monat festgestellt werden. Weitere Informationen zur Antikörper-Persistenz werden nicht in der Fachinformation aufgeführt (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2021, 2024).
- **Hexacima®/Hexyon®:** Die ausreichende Immunantwort wurde als vierfacher Anstieg der Antikörper gegenüber dem Wert vor der 1. Impfung definiert. Dies war bei zweimalig geimpften Kindern im Alter von 3-5 Monaten (n=249) bei 93,4 % der Fall, bei dreimalig geimpften Kindern im Alter von 6, 10 und 14 Wochen (n=123-2020), sowie 2, 3 und 4 Monaten (n=322) und 2, 4 und 6 Monaten (n=934-1.270) bei 93,6 % bzw. 88,3 % bzw. 96,0 %. Hinsichtlich der Auffrischungsimpfung im Alter von 11 bis 12 Monaten nach Grundimmunisierung mit zwei Impfdosen (n=249) sowie jeweils im zweiten Lebensjahr nach Grundimmunisierung mit drei Impfdosen lag diese bei 94,3 %, 94,4 %, 86,0 % und 96,2 % (European Medicines Agency, 2023b, 2023c).
- **Infanrix hexa®:** Es werden mehrere Immunogenitätsstudien aufgeführt, die Serokonversionsraten von ≥ 5 ELISA U/ml bei nahezu allen geimpften Kindern (99,6-100 %) nach der Grundimmunisierung und der ersten Auffrischimpfung aufzeigen. Deutlich niedriger fällt der Anteil der Kinder mit ausreichenden Antikörperwerten im Alter von 4-5 Jahren (n=197) mit 25,4 % und im Alter von 7-8 Jahren (n=161) mit 32,3 % aus (European Medicines Agency, 2023a).
- **Vaxelis®:** Ebenso wie Infanrix hexa® zeigte Vaxelis® unabhängig vom angewandten Impfschema sowie Grundimmunisierung oder Auffrischimpfung bei nahezu allen Kindern eine ausreichende Immunantwort von 98,1 % bis 99,8 % gegen das Pertussis-Toxin. Die Studie mit dem höchsten Wert untersuchte das Impfschema 2, 3 und 4 Monate und wies 439-551 Teilnehmer auf. Die ausreichende Immunantwort wurde definiert als untere Quantifizierungsgrenze von 4 EU/ml. Die Immunogenität bei Kindern, die älter

als 15 Monate sind, wurde ebenso wie die Antikörper-Persistenz nicht untersucht (European Medicines Agency, 2024).

Die Impfung > Wirksamkeit / Sicherheit > Hinweis bei Schwangeren einfügen → Weiterleisen im entsprechenden Fachbeitrag zu Impfungen in der Schwangerschaft

2. Festlegung der Themenschwerpunkte

Thema	Gründe
Impfstoffeffektivität und -sicherheit	Identifizierung neuer Daten
Folgeerscheinungen von Keuchhusten-Infektionen	Bisherige Studienergebnisse sind sehr heterogen, hier ist Klärung wichtig

3. Literatursuche und -verwaltung

Die Auffindbarkeit von Literatur wird auf mehreren Ebenen gewährleistet:

- Durch die Wiss.-AG des Vereins, über die regelmäßig neue und aktuelle Studien geteilt werden
- Durch Social-Media-Kanäle wie X, über die wissenschaftliche Diskussionen über Impfungen geführt werden
- Über eine systematische bzw. explorative Literaturrecherche

ÄFI nutzt für festgelegte Themenschwerpunkte Kriterien der systematischen Literatursuche wie etwa das Block-Building nach dem PICO-Schema sowie die Suche in mehreren Datenbanken, für andere Themen wird eine explorative Suche durchgeführt. Es wird unter anderem auch auf Citation-based Suchmethoden und graue Literatur zurückgegriffen. Die eingeschlossenen Studien zu Themenschwerpunkten werden somit nicht ausschließlich durch die Elemente der systematischen Literaturrecherche gefunden.

PICO-Fragestellung 1: Impfstoffeffektivität und -sicherheit

Population	infants and children, adolescents and young adults, adults, older adults, risk groups, pregnant women	description of heterogeneity
Intervention	Acellular Pertussis Vaccines	Industrial countries
Comparison (Vergleich)	Kontrollgruppe	
Outcomes (Endpunkte)	protection against infection, severe disease, hospitalisation, death,	Severe disease defined as pneumonia, superinfection
	systemic reactions, adverse events of special interest, serious adverse events, death	

PICO-Fragestellung 2: Folgeerscheinungen von Keuchhusten-Infektionen

Population	infants and children, adolescents and young adults, adults, older adults, risk groups, pregnant women	description of heterogeneity
Intervention	Pertussis Infection	
Comparison (Vergleich)	No Pertussis Infection	
Outcomes (Endpunkte)	Sequelae, post-viral syndrome, chronic diseases, Asthma, atopic diseases, cancer, Bronchitis, neurodevelopmental disorders	

Folgendes Schema veranschaulicht das Block-Buildung:

Block-Building 1: Impfstoffeffektivität und -sicherheit

(infant* OR children OR adolescent* OR young adult* OR adult* OR older age OR older adult* OR senior* OR retired OR risk group OR immune suppressed OR immune compromised OR morbidity OR pregnan*) **AND** (Pertussis OR whooping cough) **AND** (vaccin* OR immunization OR immunisation) **AND** (Placebo OR „No intervention“ OR active comparison OR control group) **AND** (protection OR "protection against infection" OR mild disease OR severe disease OR superinfection OR pneumonia OR hospitalisation OR hospitalization OR protection against death) **AND** (systemic reactions OR side effects OR adverse effects OR adverse events OR serious adverse events OR AESI OR AEFI) **NOT** („h. influenzae“ OR „haemophilus influenzae“ OR hib OR RSV OR Respiratory Syncytial Virus COVID-19 OR SARS-CoV-2)

Suchergebnisse: 11 (PubMed)
(Datum von 1. Januar 2024 bis 19. November 2025)

Ergänzend:

acellular pertussis vaccin* AND (efficacy OR safety)

Suchergebnisse: 73 (PubMed)
(Datum von 1. Januar 2024 bis 19. November 2025)

Block-Building 2: Folgeerscheinungen von Keuchhusten-Infektionen

(infant* OR children OR adolescent* OR young adult* OR adult* OR older age OR older adult* OR senior* OR retired OR risk group OR immune suppressed OR immune compromised OR morbidity OR pregnan*) **AND** (Pertussis OR whooping cough) **AND** (Sequelae OR post-viral syndrome OR chronic diseases OR Asthma OR atopic diseases OR cancer OR Bronchitis OR neurodevelopmental disorders) **NOT** (vaccine OR COVID-19 OR SARS-CoV-2 OR Influenza OR RSV OR flu)

Suchergebnisse: 31 (PubMed)
(Datum von 1. Januar 2024 bis 19. November 2025)

(infants OR children OR adolescents OR young adults OR adults OR older age OR older adults OR seniors OR retired OR risk group OR immune suppressed OR immune compromised OR morbidity OR pregnant) **AND** (Pertussis OR whooping cough) **AND** (Sequelae OR post-viral syndrome OR chronic diseases OR Asthma OR atopic diseases OR cancer OR Bronchitis OR neurodevelopmental disorders) **NOT** (vaccine OR COVID-19 OR SARS-CoV-2 OR Influenza OR RSV OR flu)

Suchergebnisse: 171 (Google Scholar)
(Datum von 1. Januar 2024 bis 19. November 2025)

4. Inklusion / Exklusion von Literatur

Anbei folgen kurz die Gründe bzw. der Hintergrund für den Ausschluss oder den Einschluss der gefundenen Studien, anschließend folgt unter 5. die Beschreibung der Ergebnisse.

Eingeschlossene Studien zum Themenschwerpunkt Impfstoffeffektivität und -sicherheit:

Studie	Jahr	Gründe
Kim et al.	2024	Review, Erklärung für den Anstieg der Keuchhusten-Infektionszahlen
Kildegaard et al.	2025	Große dänische Kohortenstudie mit Daten des nationalen Dänischen Registers über die Wirksamkeit und Sicherheit der maternalen Impfung
Duda-Madej et al.	2025	Erklärung für die Unterschiede in der Immunisierung zwischen Ganzzell-Impfstoffen und azellulären Impfstoffen

Eingeschlossene Studien zum Themenschwerpunkt Folgeerscheinungen von Keuchhusten-Infektionen:

Studie	Jahr	Gründe
-	-	-

Ausgeschlossene Studien bzw. Studienlage zu Themen, über die bisher keine weiteren Aussagen getroffen werden können:

Thematik / Studie	Hintergrund
MacIntyre et al., 2024, Kardos et al., 2024	Experten-Panel zum Public Health Management von Pertussis bei Erwachsenen, keine neuen Daten/Erkenntnisse, nur bisherige Erkenntnisse zusammenfassend

Xie & Zhong et al., 2024, Nishiyama et al., 2024	Untersuchung der Serumantikörperspiegel gegen Pertussis-Toxin (PT) bei Kindern mit akutem Asthmaanfall und eines möglichen Zusammenhangs zwischen diesen Spiegeln und Asthma. Zu kleine prospektive Studie (n=107)

5. Auswertung und Beschreibung der eingeschlossenen Studien für den Fachbeitrag

Die Auswertung und Beschreibung der eingeschlossenen Studien erfolgt unter Angabe der Stelle, an der die Ergänzung in den Fachbeitrag eingepflegt werden soll.

Die Impfstoffe > Wirksamkeit > Alter (Ganzzell-)Impfstoff > als zweiten Stichpunkt einfügen:

- Der Ganzzell-Impfstoff war jedoch wesentlich effektiver in der Reduzierung der Infektion, der Erkrankung und der Inzidenz. Außerdem hielt die Dauer des Impfschutzes länger an. Dies wird darauf zurückgeführt, dass die azellulären Impfstoffe Th1/Th2-Reaktionen auslösen, die natürliche Infektion und Ganzzell-Impfstoffe hingegen Th1/Th17-Reaktionen. Zusätzlich führt die Infektion im Gegensatz zu den Impfstoffen zu einer starken mukosalen T-Zell-Immunität, was einen stärkeren Schutz gegen Folgeinfektionen bedingt. Der Ersatz der Ganzzell-Impfstoffe durch die azellulären Impfstoffe hat somit zu einem Wiederanstieg der Infektionen in zahlreichen Industrieländern geführt (Kim et al., 2024; Duda-Madej et al., 2025).

Die Impfung > Wirksamkeit > Schwangere > als fünften Stichpunkt einfügen:

- Eine dänische Kohortenstudie mit nationalen Registerdaten von 215.974 lebendgeborenen Kindern (2019-2023), von denen 108.350 eine Impfung erhalten haben, zeigt zudem die großen Unterschiede zwischen relativer und absoluter Impfstoffeffektivität gegenüber laborbestätigter Infektion auf: Beim Vergleich der Gruppen ergibt sich eine relative Risikoreduktion von 72 % (42-87 %), aber eine absolute Risikoreduktion von 0,021 % (9 Fälle bei den geimpften Neugeborenen, 32 Fälle bei den ungeimpften Neugeborenen). Die absolute Seltenheit von Pertussis-Fällen in dieser Kohortenstudie zeigt bei einer sehr hohen Anzahl an verabreichten Impfungen einen Nutzen nur in Einzelfällen an (Kildegaard et al., 2025).

6. Rücksprache mit der Wissenschafts-AG des Vereins und ggf. Überprüfung / Ergänzung

- Es wurden keine weiteren Ergänzungen von der Wissenschafts-AG, der regelmäßig mehrere Mediziner und wissenschaftliche Mitarbeiter angehören, angeregt. Die vorgeschlagenen Änderungen wurden angenommen.

7. Abschließende Übernahme in den Fachbeitrag und Erstellung einer Ankündigung für die Öffentlichkeit

- Die Übernahme der Änderungen des Fachbeitrags erfolgt durch den federführenden wissenschaftlichen Mitarbeiter des Vereins. Der Fachbeitrag findet sich über folgenden: https://individuelle-impfentscheidung.de/impfungen/keuchhusten.html
- Die Ankündigung für die Öffentlichkeit erfolgt durch einen Mitarbeiter der Öffentlichkeitsarbeit des Vereins und wird unter Aktuelles publiziert. Die Ankündigung bietet eine Kurzzusammenfassung der Änderungen.
- Die archivierte (d. h. nicht-aktualisierte) Version des Fachbeitrags findet sich über das Web-Archiv: https://web.archive.org/web/20250926160654/https://individuelle-impfentscheidung.de/impfungen/keuchhusten.html
- Das wissenschaftliche Hintergrundpapier (sowie alle folgenden) werden im Anhang des Fachbeitrags der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Literaturverzeichnis

Duda-Madej, A., Łabaz, J., Topola, E., Bazan, H., & Viscardi, S. (2025). Pertussis—A Re-Emerging Threat Despite Immunization: An Analysis of Vaccine Effectiveness and Antibiotic Resistance. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(19), 9607. https://doi.org/10.3390/ijms26199607

Kildegaard, H., Jensen, A., Andersen, P. H. S., Dalby, T., Gram, M. A., Lidegaard, Ø., & Stensballe, L. G. (2025). Safety of pertussis vaccination in pregnancy and effectiveness in infants: A Danish national cohort study 2019-2023. *Clinical Microbiology and Infection: The Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, *31*(6), 995–1002. https://doi.org/10.1016/j.cmi.2025.03.014

Kim, A.-R., Sette, A., & da Silva Antunes, R. (2024). Adaptive immune response to bordetella pertussis during vaccination and infection: Emerging perspectives and unanswered questions. *Expert Review of Vaccines*, *23*(1), 705–714. https://doi.org/10.1080/14760584.2024.2383745

Robert Koch-Institut. (2024). Epidemiologisches Bulletin 48/2024 – Keuchhusten-Epidemiologie in Deutschland | Surveillance der HIV- PrEP-Versorgung in Deutschland. *Aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health*. https://www.rki.de/DE/Aktuelles/Publikationen/Epidemiologisches-Bulletin/2024/48_24.pdf?__blob=publicationFile&v=4#:~:text=Menschen%2C%20die%20an%20Keuchhusten%20versterben,pertussis%20geschützt%20sind.&text=eine%20gute%20Schutzwirkung%20der%20Pertussisimpfung,rki.de/vacmap%20veröffentlichen.

Robert Koch-Institut. (2025, Oktober 6). *SurvStat@RKI 2.0*. Web-basierte Abfrage der Meldedaten gemäß Infektionsschutzgesetz (IfSG). https://survstat.rki.de/

Storsaeter, J., Hallander, H. O., Gustafsson, L., & Olin, P. (1998). Levels of anti-pertussis antibodies related to protection after household exposure to Bordetella pertussis. *Vaccine*, *16*(20), 1907–1916. https://doi.org/10.1016/s0264-410x(98)00227-8