

ROBERT KOCH INSTITUT



Originally published as:

Böhmer, M.M., Hellenbrand, W., Matysiak-Klose, D., Heininger, U., Müters, S., Wichmann, O.
Pertussis vaccination coverage among adults in Germany [Pertussis-Impfquoten bei
Erwachsenen in Deutschland]
(2013) Deutsche Medizinische Wochenschrift, 138 (28-29), pp. 1451-1457.

DOI: 10.1055/s-0033-1343249

This is an author manuscript.

The definitive version is available at: <http://www.thieme-connect.de/>

Pertussis-Impfquoten bei Erwachsenen in Deutschland

Pertussis vaccination coverage among adults in Germany

Merle M. Böhmer^{a,d*}, Wiebke Hellenbrand^a, Dorothea Matysiak-Klose^a, Ulrich Heininger^b,
Stephan Müters^c, Ole Wichmann^a

^a Fachgebiet Impfprävention, Robert Koch-Institut, Berlin

^b Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB), Basel, Schweiz

^c Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung, Robert Koch-Institut, Berlin

^d Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin

* Korrespondenzautorin:

Merle M. Böhmer

Fachgebiet Impfprävention,

Abteilung für Infektionsepidemiologie,

Robert Koch-Institut,

DGZ-Ring 1, 13086 Berlin

E-Mail: BoehmerM@rki.de

Zeichenzahl (exklusive Leerzeichen)

Zusammenfassung (deutsch): 1.646 Zeichen

Abstract (englisch): 1.372 Zeichen

Text: 30.282 (inkl. Tabellen, Abbildungen, Literaturverzeichnis)

Literaturstellen: n=31 (max. 40)

Zusammenfassung

Hintergrund. Während in Deutschland seit 2001 eine Pertussis-Impfempfehlung für Risikogruppen (z.B. Personal im medizinischen Bereich/ in Gemeinschaftseinrichtungen, Kontaktpersonen von Säuglingen) besteht, wird erst seit 2009 von der Ständigen Impfkommission allen Erwachsenen die einmalige Pertussis-Impfung bei der nächsten fälligen Tetanus-Diphtherie-Auffrischimpfung empfohlen. Studienziele waren: 1) Erhebung von Pertussis-Impfquoten bei Erwachsenen, 2) Abschätzung der Verwendungshäufigkeit tetanushaltiger Kombinationsimpfstoffe in Krankenhäusern.

Methoden. Für 1) wurden Daten zweier bevölkerungsrepräsentativer Telefonsurveys unter Erwachsenen 2009/2010 analysiert (GEDA09: n=21.262; GEDA10: n=22.050). Einflussfaktoren des Pertussis-Impfstatus in Risikogruppen wurden mit logistischen Regressionsverfahren bestimmt. Für 2) wurde eine Befragung von 133 Krankenhausapotheken (betreuen 454 Krankenhäuser) für das Jahr 2007 durchgeführt.

Ergebnisse. In GEDA10 hatten 5,9% (95%-Konfidenzintervall (KI): 5,5-6,3) der Befragten einen ausreichenden Pertussis-Impfschutz (Impfung in letzten 10 Jahren). Erwachsene, die einer Risikogruppe angehörten, hatten eine Impfquote von 10,7% (95%-KI: 9,8-11,7). Mit höheren Pertussis-Impfquoten in Risikogruppen signifikant assoziiert waren u.a. Wohnort in den Neuen Bundesländern und jüngeres Alter. Entgegen geltender Empfehlung wurden ca. 75% der Tetanus-Impfungen in Notaufnahmen bzw. Stationen als monovalente Impfung verabreicht.

Schlussfolgerungen. Angesichts hoher Pertussis-Inzidenzen und niedriger Durchimpfung in Risikogruppen und Allgemeinbevölkerung ist die Steigerung der Pertussis-Impfquoten in Deutschland dringend geboten. Impfquotensteigernde Maßnahmen (z.B. Informationskampagnen) sollten unbedingt die impfende Ärzteschaft (Niedergelassene und Krankenhausärzte) miteinbeziehen.

Schlüsselwörter: *Impfung, Impfquoten, Pertussis, Keuchhusten, Deutschland*

Abstract

Background. Pertussis vaccination for risk-groups (e.g. healthcare workers, employees of communal facilities, or persons with close contact to infants) has been recommended in Germany since 2001. In 2009, single-dose acellular pertussis (ap) vaccination was recommended for all adults at the next tetanus-diphtheria (Td) booster. Study aims were to assess 1) pertussis vaccination coverage in adults, and 2) use of tetanus-containing combination vaccines in hospitals.

Methods. For 1) we analysed data from two population-based telephone surveys conducted among adults in Germany in 2009/2010 (GEDA09: n=21,262; GEDA10: n=22,050). Factors associated with vaccination were identified by logistic regression analyses. For 2) a questionnaire survey of 133 hospital pharmacies serving 454 German hospitals was undertaken for the year 2007.

Results. Overall, 5.9% (95% confidence interval (CI): 5.5-6.3%) of GEDA10 participants reported up-to-date pertussis vaccination (ap-vaccination in past 10 years). In risk-groups, vaccination coverage was 10.7% (95%CI: 9.8-11.7%). Residence in former East-Germany and younger age were independently associated with an adequate vaccination status. Contrary to prevailing recommendations, ~75% of tetanus vaccines were administered as monovalent rather than Td- (or Tdap-)combination vaccines in hospitals.

Conclusions. In light of high pertussis-incidence and low vaccination coverage in German adults, improvement of pertussis vaccine uptake is vital, e.g. through awareness campaigns targeting both physicians in private practice and hospitals.

Keywords: *vaccination, coverage, pertussis, whooping cough, Germany*

Hintergrund

Pertussis (Keuchhusten) ist eine hoch ansteckende respiratorische Infektionskrankheit, die durch das Bakterium *Bordetella (B.) pertussis* verursacht wird [25,29]. Der klinische Verlauf von Pertussis ist bei Säuglingen am schwersten und diese haben auch das höchste Risiko für Komplikationen, Hospitalisierung und Tod [8,10,24]. Obschon Pertussis bei älteren Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in der Regel weniger schwer verläuft als im Säuglingsalter, so ist die Krankheit oft protrahiert und Komplikationen wie Pneumonie, Harninkontinenz, Gewichtsverlust und Rippenfrakturen sind beschrieben [7,17,23]. Zudem kann es zur Übertragung der Erreger von erkrankten Erwachsenen auf ungeschützte Säuglinge kommen [26]. Weder die Infektion noch die Impfung gegen Pertussis führen zu einer lebenslangen Immunität. Nach natürlicher Infektion wird die Immunitätsdauer auf 4 bis 20 Jahre und nach Impfung auf 4 bis 12 Jahre geschätzt [27]. Ähnliche klinische Verläufe, jedoch zumeist leichteren Schweregrades, können durch *B. parapertussis* Infektion hervorgerufen werden, vor der die verfügbaren Pertussis-Impfstoffe nicht sicher schützen [11,31].

Die Krankheitslast durch Pertussis in Deutschland ist nach wie vor beträchtlich, mit einer Gesamtinzidenz von 27-40 Fällen/100.000 Einwohner in den fünf Neuen Bundesländern (NBL: Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) in den Jahren 2008-2011 [21]. Erwachsene im Alter von ≥ 20 Jahren machten 70% aller Fälle aus. Bei Säuglingen zeigen Daten der Krankenhausdiagnosestatistik die höchste Krankheitslast (56 bzw. 23 Hospitalisierungen/100.000 Säuglinge im Jahr 2009 in den alten bzw. neuen Bundesländern) [21].

Die Ständige Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut (RKI) empfiehlt seit Juli 2009 aufgrund der beständig hohen Krankheitslast, auch bei Erwachsenen, eine einmalige Impfung gegen Pertussis generell für alle Erwachsenen [20]. In Ermangelung eines Einzelimpfstoffs soll die Pertussis-Impfung bei der nächsten fälligen Tetanus-Diphtherie (Td)-Auffrischimpfung durch die Verabreichung eines Tdap-Kombinationsimpfstoffes erfolgen [20]. Die Empfehlungen zur Impfung gegen Pertussis im Erwachsenenalter gelten auch im Rahmen einer Tetanusprophylaxe im Verletzungsfall. Eine berufliche Indikation besteht bereits seit 2001 für Personen, die in der Pädiatrie, der Infektionsmedizin oder in Gemeinschaftseinrichtungen tätig sind [18]. Diese Indikation wurde mehrmals erweitert, zuletzt im Jahr 2009 auf das gesamte Personal im Gesundheitsdienst [20]. Wegen eines zunehmenden Anteils von Pertussisfällen bei Erwachsenen empfahl die STIKO 2004 darüber hinaus eine Impfung von erwachsenen Personen mit engem Kontakt zu Säuglingen,

1
2 einschließlich aller Frauen im gebärfähigen Alter, sofern in den letzten 10 Jahren keine
3 Pertussis-Impfung stattgefunden hatte [19].

4 In Ermangelung eines nationalen Impfreisters lagen für Deutschland bislang keine
5 Daten zur Umsetzung der seit mehreren Jahren bestehenden Empfehlung zur Pertussis-
6 Impfung für Risikogruppen vor. Auch fehlten bisher Daten, die als Ausgangswert für die
7 zukünftige Evaluation der Umsetzung der seit Juli 2009 bestehenden allgemeinen Pertussis-
8 Impfpfempfehlung für Erwachsene dienen können. Um diese Datenlücke zu schließen wurden
9 Daten zum Pertussis-Impfstatus im Rahmen der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“
10 (GEDA) erhoben.
11
12
13
14
15
16

17 Es wird angenommen, dass ein beträchtlicher Anteil der Tetanusimpfungen (und damit
18 potentiell auch Pertussis-Impfungen) bei Erwachsenen in Krankenhäusern im Rahmen der
19 Tetanusprophylaxe im Verletzungsfall durchgeführt wird. Zusätzlich zu den GEDA-Daten
20 werden hier daher die Ergebnisse einer Studie zur Compliance mit der Empfehlung, auch im
21 Verletzungsfall mit tetanushaltigen Kombinationsimpfstoffen zu impfen, vorgestellt. Dazu
22 wurde 2008 in Vorbereitung auf die allgemeine Pertussis-Impfpfempfehlung für Erwachsene
23 eine Befragung von Krankenhausapotheken durchgeführt. Ziel dieser Befragung war es, für
24 das Jahr 2007 zu erfassen, ob in Krankenhäusern – wie zum damaligen Zeitpunkt
25 empfohlen – Td-Kombinationsimpfstoffe (im Gegensatz zu monovalenten
26 Tetanusimpfstoffen (T)) eingesetzt wurden. Die Compliance mit der damaligen Empfehlung
27 zu Td-Kombinationsimpfstoffen würde – so die Annahme – auch Rückschlüsse auf die zu
28 erwartende Compliance mit der Empfehlung zur Verwendung von Tdap-
29 Kombinationsimpfstoffen zulassen.
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Methoden

GEDA

Zur Bestimmung der Pertussis-Impfquoten in Risikogruppen und der Allgemeinbevölkerung bei Erwachsenen in Deutschland wurden Daten der Studie ‚Gesundheit in Deutschland aktuell‘ (GEDA) herangezogen. Im Rahmen dieser Studie zu Pertussis wurden Daten der ersten beiden GEDA-Surveys (GEDA09, GEDA10) ausgewertet. Einzelheiten zum Studiendesign von GEDA sowie zu den Charakteristika der Studienpopulationen von GEDA09 und GEDA10 wurden bereits beschrieben [3,4,22]. Bei GEDA handelt es sich um eine computergestützte telefonische Befragung Erwachsener zu gesundheitsrelevanten Themen, die im Rahmen des nationalen Gesundheitsmonitorings vom RKI durchgeführt wird [13]. Die Studienpopulation ist repräsentativ für die volljährige deutschsprachige Wohnbevölkerung, die in Privathaushalten in Deutschland lebt und über Festnetzanschlüsse erreichbar ist. Insgesamt wurden 21.262 Personen ≥ 18 Jahre für GEDA09 und 22.050 Personen für GEDA10 interviewt. Der Altersmedian lag sowohl bei GEDA09 als auch bei GEDA10 bei 48,0 Jahren (Spannbreite: 18-100 Jahre bzw. 18-99 Jahre). Um einer systematischen Verzerrung z.B. durch Nonresponse vorzubeugen und somit die Repräsentativität der in dieser Studie getroffenen Aussagen zu gewährleisten, wurden alle Analysen mit einem Gewichtungsfaktor durchgeführt, der die Netto-Stichprobe an die Bevölkerungsstruktur hinsichtlich Alter, Geschlecht, Region und Bildungsstatus angleicht. Bei der im Ergebnisteil berichteten Responserate für GEDA09 und GEDA10 handelt es sich um die von der *American Association of Public Opinion Research* (AAPOR) definierte ‚Response Rate 3‘ [1]. Response Rate 3 gibt den Anteil der realisierten Interviews im Verhältnis zu allen wahrscheinlichen Haushalten der Grundgesamtheit wieder. Für diejenigen Telefonnummern, bei denen zum Ende der Feldphase unklar blieb, ob sie Elemente der Grundgesamtheit sind oder nicht, wird dabei eine Schätzung vorgenommen, wie viele von diesen der Grundgesamtheit angehören. Diese Schätzung basiert auf den erhobenen Daten, und zwar als Anteil der Haushalte der Grundgesamtheit an allen Nummern, für die der Status, ob sie der Grundgesamtheit angehören oder nicht, festgestellt werden konnte. Für GEDA09 lag die Responserate bei 29,1%, für GEDA10 bei 28,9%.

1 Zur Bestimmung der Pertussis-Impfquoten wurden Studienteilnehmer sowohl in
2 GEDA09 als auch in GEDA10 gefragt, ob sie sich jemals gegen Pertussis haben impfen
3 lassen und ob die letzte Pertussis-Impfung mehr oder weniger als 10 Jahre zurückliegt. Alle
4 Befragten, die angaben, entsprechend den STIKO-Empfehlungen [12] in den letzten 10 Jahren
5 eine Pertussis-Impfung erhalten zu haben, wurden als ausreichend geimpft gewertet.
6
7 Studienteilnehmer/innen, die angegeben hatten, in einer Gemeinschaftseinrichtung oder in
8 einem medizinischen Beruf tätig zu sein, mit Kindern <1 Jahr im Haushalt zu leben oder zur
9 Gruppe der ‚gebärfähigen Frauen‘ (Frauen ≤ 49 Jahre) zu gehören, wurden als Risikogruppe
10 für Pertussis eingestuft. Unterschiedliche Stufen des sozioökonomischen Status wurden, wie
11 von Lampert et al. beschrieben [14], auf der Basis von Bildungs-, Einkommens- und
12 beruflichem Status der Studienteilnehmer gebildet. Berlin wurde den NBL zugeordnet. Ein
13 ‚beidseitiger Migrationshintergrund‘ lag vor, wenn der/die Studienteilnehmer/in selbst oder
14 beide Elternteile nicht in Deutschland geboren wurden, ein ‚einseitiger
15 Migrationshintergrund‘ wenn ein Elternteil, beziehungsweise ‚kein Migrationshintergrund‘
16 wenn beide Elternteile in Deutschland geboren wurden.
17

18 Die statistischen Analysen wurden mit dem Software-Paket PASW 18.0 (SPSS Inc.,
19 Chicago, USA) unter Anwendung der Analysemethoden für komplexe Stichproben
20 durchgeführt. Kategoriale Variablen wurden als Häufigkeiten (in Prozent) dargestellt. Soweit
21 erforderlich, wurden darüber hinaus 95%-Konfidenzintervalle (KI) sowie Odds Ratios (OR;
22 Quotenverhältnisse) angegeben. Bivariate Assoziationen von kategorialen Variablen wurden
23 mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson berechnet. Unterschiede zwischen
24 Altersgruppen wurden für die binäre Variable zum Pertussisimpfstatus mittels des Cochran-
25 Armitage-Test für Trends geprüft. Unabhängige Einflussfaktoren des Pertussis-Impfstatus
26 wurden mit Hilfe von logistischen Regressionen eruiert. Ein p-Wert <0,05 wurde als
27 statistisch signifikant angenommen. Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich bei allen
28 nachfolgend dargestellten Zahlen um gewichtete Angaben.
29

30 Krankenhausapotheken-Survey

31 Um einen Einblick in die Impfpraktiken in Notaufnahmen zu erhalten, wurden 2008 in
32 Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Deutscher Krankenhausapotheker (ADKA)
33 Krankenhausapotheken zur Anwendung tetanushaltiger Impfstoffe in Krankenhäusern im Jahr
34 2007 befragt. Von ca. 1.700 Krankenhausapothekern, die zum Zeitpunkt der Studie in 450
35 Krankenhausapotheken in Deutschland arbeiteten, waren 1.415 Mitglied im ADKA. Von
36

1 diesen konnten 950 über einen internen Mail-Verteiler des ADKA angeschrieben und um
2 Beantwortung von Fragen zu folgenden Faktoren gebeten werden: Anzahl und Art der
3 belieferten Krankenhäuser (Erwachsenen-/pädiatrische, Notfallversorgung), Vorhaltung der
4 verschiedenen tetanushaltigen Impfstoffe (Tetanus monovalent (T), Tetanus-Diphtherie (Td),
5 Tetanus-Diphtherie zusammen mit azellulärem Pertussisbestandteil für <5-Jährige (TDaP)
6 und für >4-Jährige (Tdap)). Zudem wurde nach der Anzahl der abgegebenen Dosen des
7 jeweiligen Impfstoffes an Stationen bzw. an Notaufnahmen gefragt.
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Ergebnisse

GEDA

Informationen zum Pertussis-Impfschutz lagen für 68,3% (95% KI: 67,5-69,1) der Studienteilnehmer/innen von GEDA09 und für 71,4% (95% KI: 70,7-72,2) der Teilnehmer/innen von GEDA10 vor. Weitere 31,5% (95% KI: 30,7-32,4) bzw. 28,3% (95% KI: 27,5-29,0) gaben an, nicht zu wissen, ob sie in den letzten 10 Jahren gegen Pertussis geimpft worden sind. Die Analyse der Teilnehmer/innen, die in GEDA10 ‚weiß nicht‘ angegeben hatten, ergab in Bezug auf die Variablen Geschlecht (männlich/weiblich), Wohnort (ABL/NBL) und Altersgruppe (18-39/40-59/≥60 Jahre) ähnliche Verteilungen wie die Gruppe der Nicht-Geimpften.

Eine Pertussis-Impfung in den letzten 10 Jahren hatten 5,1% bzw. 5,9% erhalten (*Tab.1*). Der beobachtete Anstieg von 0,8 Prozentpunkten zwischen den beiden GEDA-Befragungen war nicht signifikant. Weitere Impfquoten für Pertussis nach Geschlecht, Alter, soziodemographischen Parametern sowie verschiedenen Indikationsstellungen für eine Pertussis-Impfung sind in *Tabelle 1* dargestellt. Der Anteil von Personen mit ausreichendem Pertussis-Impfschutz nahm mit zunehmendem Alter ab (*Abb. 1*; Test für Trend für beide Studienpopulationen jeweils $p < 0,001$).

Tabelle 1

Pertussis-Impfquoten (Impfung innerhalb der letzten 10 Jahre) bei Erwachsenen in Deutschland nach Geschlecht, Wohnort, Alter, Risikogruppe und weiteren Parametern

	GEDA09			GEDA10		
	Fallbasis (ungewichtet), n		Impfquote % (95% KI) [#]	Fallbasis (ungewichtet), n		Impfquote % (95% KI) [#]
	gesamt	davon geimpft gegen Pertussis		gesamt	davon geimpft gegen Pertussis	
Gesamt	14.516	744	5,1 (4,7-5,6)	15.754	927	5,9 (5,5-6,3)
<i>Soziodemographische Merkmale</i>						
Geschlecht						
Männlich	6.868	274	4,0 (3,4-4,6)	7.448	355	4,8 (4,2-5,4)
Weiblich	7.648	470	6,1 (5,6-6,8)**	8.306	572	6,9 (6,3-7,5)**
Wohnort						
ABL	11.568	420	4,3 (3,8-4,9)	12.478	553	4,4 (4,1-4,9)
NBL	2.948	323	13,1 (11,1-15,2)**	3.276	373	11,4 (10,1-12,8)**
Altersgruppe						
18-39 Jahre	4.604	458	10,0 (9,0-11,0)	4.855	523	10,8 (9,8-11,8)
40-59 Jahre	5.472	187	3,4 (2,9-4,0)**	5.958	314	5,3 (4,6-6,0)**
≥60 Jahre	4.440	99	2,2 (1,6-3,0)**	4.941	90	1,8 (1,4-2,3)**
Sozioökonomischer Status						
Niedrig	2.853	134	4,5 (3,5-5,7)	3.255	134	4,1 (3,3-5,1)
Mittel	8.587	453	5,3 (4,7-5,9)	9.323	578	6,2 (5,6-6,8)**
Hoch	2.879	152	5,3 (4,6-6,1)	3.126	213	6,8 (6,0-7,7)**
Migrationshintergrund						
Beidseitig	2.011	56	2,7 (2,0-3,6)	2.275	92	4,1 (3,2-5,2)
Einseitig	464	17	3,6 (2,3-5,5)	552	32	5,8 (4,0-8,4)
Ohne	11.983	672	5,6 (5,1-6,1)**	12.925	803	6,2 (5,7-6,7)**
<i>Pertussis-Risikogruppen</i>						
Zugehörigkeit zu einer der Risikogruppen für Pertussis¹⁾						
Nein	10.123	347	3,4 (3,0-3,9)	11.042	422	3,8 (3,4-4,3)

Ja	4.393	397	9,0 (8,2-10,0)**	4.712	505	10,7 (9,8-11,7)**
Zugehörigkeit zur Gruppe ,Medizinisches Personal‘						
Nein	13.804	647	4,7 (4,3-5,1)	14.828	780	5,3 (4,9-5,7)
Ja	712	97	13,7 (11,4-16,3)**	926	147	16,4 (13,9-19,3)**
Zugehörigkeit zur Gruppe ,Personal in Gemeinschaftseinrichtungen‘						
Nein	14.015	705	5,0 (4,6-5,5)	15.216	873	5,7 (5,3-6,2)
Ja	501	38	7,7 (5,7-10,2)*	538	54	10,1 (7,7-13,0)**
Zugehörigkeit zur Gruppe ,Frauen im gebärfähigen Alter‘ (≤49 Jahre)						
Nein	10.701	385	3,6 (3,2-4,1)	11.718	480	4,1 (3,7-4,6)
Ja	3.815	359	9,4 (8,5-10,4)**	4.036	447	11,1 (10,1-12,2)**
Kinder <1 Jahr im Haushalt lebend						
Nein	14.244	710	5,0 (4,6-6,1)	15.453	896	5,8 (5,4-6,3)
Ja	272	34	12,5 (8,3-18,5)**	301	30	10,1 (7,2-14,1)*
<i>Sonstige Merkmale</i>						
Tetanusschutzimpfung in den letzten 10 Jahren erhalten²⁾						
Nein	3.914	29	0,4 (0,3-0,7)	4.518	20	0,7 (0,5-1,1)
Ja	10.131	699	8,3 (7,7-8,9)**	10.829	900	6,9 (6,3-7,5)**

#gewichtete Angaben; *p-Wert<0,05; **p-Wert<0,001; KI=Konfidenzintervall; ABL=Alte Bundesländer; NBL=Neue Bundesländer; ¹⁾Risikogruppe definiert als Zugehörigkeit zu mindestens einer der folgenden Gruppen: Medizinisches Personal, Personal in Gemeinschaftseinrichtungen, Frauen im gebärfähigen Alter, Personen mit Kinder <1 Jahr im Haushalt lebend; ²⁾bis 2005 war auch eine monovalente Impfung gegen Pertussis möglich, danach nur noch als Kombinationsimpfung mit Diphtherie- und Tetanuskomponente

Abbildung 1

Pertussis-Impfquoten bei Erwachsenen in Deutschland 2008/09 (GEDA09) und 2009/10 (GEDA10), nach Altersgruppen

Insgesamt hatten 30,0% (95% KI: 29,3-30,7) der Studienteilnehmer/innen von GEDA10 eine berufliche (medizinisches Personal, Personal in Gemeinschaftseinrichtungen) oder sonstige Indikation (Frauen im gebärfähigen Alter, Haushaltskontakte von Säuglingen) für eine Pertussis-Impfung. Für diese Risikogruppen zugehörigen Personen bestand dementsprechend seit längerem eine Empfehlung zur Indikationsimpfung gegen Pertussis. Für 71,4% der Risikogruppe lagen Informationen zum Pertussis-Impfstatus vor. Einen ausreichenden Pertussis-Impfschutz hatten lediglich 10,7% (95% KI: 9,8-11,7). Weitere Impfquoten für zu Risikogruppen gehörende Erwachsene nach soziodemographischen Parametern sind in *Tabelle 2* zu finden. Ebenfalls in *Tabelle 2* befinden sich die Ergebnisse der univariaten und multivariablen Analyse von Faktoren, die potentiell mit dem Erhalt einer Pertussis-Impfung in den letzten 10 Jahren in Risikogruppen assoziiert sind. Personen aus den NBL, Jüngere (18-39 Jahre) und Personen, die innerhalb der letzten 10 Jahre eine Tetanus-Impfung erhalten haben, waren in der multivariablen Analyse signifikant häufiger geimpft im Vergleich zu Personen aus den ABL bzw. älteren Personen (ab 40 Jahre) bzw. Personen ohne Tetanus-Impfung in den letzten 10 Jahren. In einer entsprechenden Analyse der GEDA09-Daten wurden die gleichen Faktoren wie die in *Tabelle 2* dargestellten identifiziert. Zusätzlich zu diesen Faktoren waren jedoch in GEDA09 Personen ohne Migrationshintergrund signifikant häufiger geimpft als Personen mit beidseitigem Migrationshintergrund.

Tabelle 2

Univariate und multivariable Analyse von Faktoren, die potentiell mit dem Erhalt einer Pertussis-Impfung in den letzten 10 Jahren bei zu Risikogruppen gehörenden Erwachsenen assoziiert sind (*Datenquelle: GEDA10; Fallbasis ungewichtet; n=6.616*)

	Impfquote % (95% KI) [#]	Odds Ratio (95% KI) [#]	
		Univariat	Multivariabel
Geschlecht			
Männlich	9,6 (6,8-13,4)	1 ^{Ref}	n.s.
Weiblich	10,8 (9,9-11,9)	1,14 (0,82-1,60)	
Wohnort			
ABL	8,6 (7,8-9,6)	1 ^{Ref}	1 ^{Ref}
NBL	19,2 (16,4-22,4)	2,52 (2,06-3,07)**	2,39 (1,94-2,93)**
Altersgruppe			
18-39 Jahre	13,0 (11,6-14,4)	1 ^{Ref}	1 ^{Ref}
40-59 Jahre	7,9 (6,7-9,2)	0,58 (0,47-0,70)**	0,55 (0,45-0,67)**
≥60 Jahre	7,1 (3,4-14,3)	0,51 (0,21-1,28)	0,59 (0,23-1,52)

Sozioökonomischer Status			
Niedrig	8,9 (6,7-11,7)	1 ^{Ref}	n.s.
Mittel	11,0 (9,8-12,4)	1,27 (0,96-1,68)	
Hoch	11,2 (9,7-13,0)	1,30 (0,95-1,78)	
Migrationshintergrund			
Beidseitig	6,2 (4,5-8,4)	1 ^{Ref}	n.s.
Einseitig	8,2 (5,2-12,9)	1,36 (0,78-2,39)	
Ohne	11,9 (10,9-13,1)	2,06 (1,53-2,77)**	
Tetanusschutzimpfung in den letzten 10 Jahren erhalten⁺			
Nein	0,8 (0,5-1,5)	1 ^{Ref}	1 ^{Ref}
Ja	14,3 (13,1-15,6)	19,95 (10,49-37,92)**	19,46 (16,23-37,02)**

[#]gewichtete Angaben; *p-Wert<0,05; **p-Wert<0,001; KI=Konfidenzintervall, ABL=Alte Bundesländer, NBL=Neue Bundesländer; n.s.=nicht signifikant; Ref.= Referenzkategorie; Risikopopulation definiert als Zugehörigkeit zur Gruppe Medizinisches Personal, Personal in Gemeinschaftseinrichtungen, Frauen im gebärfähigen Alter (≤49 Jahre); Personen mit im Haushalt lebenden Kindern <1 Jahr; ⁺bis 2005 war auch eine monovalente Impfung gegen Pertussis möglich, danach nur noch als Kombinationsimpfung mit Diphtherie- und Tetanuskomponente

Krankenhaus-Apotheken-Survey

Das RKI erhielt von 133 (29,5%) der 950 kontaktierten Krankenhausapotheken einen ausgefüllten Fragebogen zurück. Diese betreuten zwischen einem und 12 Krankenhäuser, insgesamt 454 (21,1%) aller etwa 2.150 Krankenhäuser in Deutschland. Von den 454 Krankenhäusern lagen 60 (13,2%) in den NBL; 326 (71,8%) verfügten über eine Notaufnahme, 447 (98,5%) betreuten Erwachsene und 182 (40,1%) Kinder. *Tabelle 3* zeigt die Anzahl der abgegebenen Impfdosen mit Tetanustoxoid-Komponentenimpfstoffen an Stationen und Notaufnahmen der Krankenhäuser. Die Mehrzahl der Impfdosen wurde als monovalente Tetanusimpfstoffe abgegeben; in Notaufnahmen (76,3%) jedoch noch häufiger als auf Stationen (68,0%; p<0,0001). Apotheken, die angegeben hatten ausschließlich Krankenhäuser zu beliefern, die keine Kinder betreuten (N=23 Apotheken; 60 Krankenhäuser), hatten einen noch höheren Anteil an monovalenten Tetanusimpfdosen an Notaufnahmen abgegeben (82,6%; p<0,0001). Auf Stationen wurde in diesen Krankenhäusern jedoch ein geringerer Anteil an monovalenten Impfdosen abgegeben (30,1%, s. *Tab. 3*); allerdings beruht dies auf einem kleinen Teil aller abgegeben Impfdosen in diesen wenigen Kliniken (alle in den ABL). In Krankenhäusern aus den NBL wurden signifikant häufiger Tetanus-Kombinationsimpfstoffe eingesetzt als in den ABL (69,3% vs. 17,7%; p<0,0001).

Tabelle 3

Abgegebene tetanushaltige Impfungen an von teilnehmenden Apotheken belieferte Krankenhäuser (n=454)

Abgabe an Notaufnahmen					Abgabe an Stationen			
	von allen Apotheken (n=133)		von Apotheken, die nur Krankenhäuser für Erwachsene betreuen (n=23)		von allen Apotheken (n=133)		von Apotheken, die nur Krankenhäuser für Erwachsene betreuen (n=23)	
Impfstoff	Impfdosen	%	Impfdosen	%	Impfdosen	%	Impfdosen	%
T	141.173	76,3	19.741	82,6	15.182	68,7*	563	30,1
Td	43.148	23,3	4.168	17,4	6.145	27,8*	1.249	66,7
TDaP	175	0,1	0	0,0	334	1,5*	0	0,0
Tdap	566	0,3	0	0,0	438	2,0*	60	3,2
Gesamt	185.062	100,0	23.909	100,0	22.099	100,0	1.872	100,0

*Unterschied Notaufnahmen vs. Stationen im Chi-Quadrat-Test signifikant: $p < 0,001$; TDaP: Tetanus-Diphtherie-azelluläre Pertussis-Kombinationsimpfstoffe für Kinder < 5 Jahren; Tdap: Tetanus-Diphtherie-azelluläre Pertussis-Kombinationsimpfstoffe mit reduziertem Diphtherie- und Pertussis-Antigengehalt für Kinder > 4 Jahre und Erwachsene; Td: Tetanus-Diphtherie-Kombinationsimpfstoff; T: Monovalenter Tetanusimpfstoff

Diskussion und Schlussfolgerungen

1
2
3 Seit 2009 wird von der STIKO die einmalige Impfung gegen Pertussis für alle Erwachsenen
4 in Deutschland empfohlen. In der vorliegenden Studie werden erstmalig Daten zur
5 Umsetzung der Pertussis-Impfempfehlung in zu Risikogruppen gehörenden Erwachsenen –
6
7 für die schon länger eine Impfempfehlung besteht – sowie in der erwachsenen
8
9 Allgemeinbevölkerung vorgestellt.
10

11
12 Die Auswertung der GEDA-Daten zeigt, dass die Pertussis-Impfempfehlungen in
13 Risikogruppen bisher völlig unzureichend umgesetzt wurden. Bemerkenswert ist, dass die
14 Umsetzung der Empfehlung in den NBL besser als in den ABL (Pertussis-Impfquote: 19,2%
15 vs. 8.6%), jedoch auch hier bei Weitem nicht ausreichend war. Fast zwanzig Jahre nach der
16 Wiedervereinigung von Ost- und Westdeutschland bestehen hinsichtlich der Akzeptanz
17 bestimmter Schutzimpfungen in der Bevölkerung offenbar immer noch deutliche
18 Unterschiede zwischen den ABL und den NBL. Die höhere Akzeptanz der Pertussis-Impfung
19 in den NBL, die auch für Tetanus- und Influenza-Impfungen beobachtet wurde [3,4,28], lässt
20 sich möglicherweise als Folge der staatlich organisierten Impfprävention in der DDR
21 verstehen. Der im Krankenhausapotheken-Survey dargestellte signifikante Unterschied bei
22 der Verwendung von Tetanus-Kombinationsimpfstoffen zwischen NBL und ABL legt aber
23 auch eine regional unterschiedliche Einstellung des Krankenhaus-Managements bzw. der
24 Ärzteschaft nahe, die für die Umsetzbarkeit bzw. Umsetzung der Empfehlungen zuständig
25 sind.
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38

39 Insgesamt hatte im Jahr 2010 nur ein geringer Teil (5,9%) der erwachsenen
40 Allgemeinbevölkerung einen ausreichenden Impfschutz gegen Pertussis. Da die gewählte
41 Impfstrategie vorsieht, die Pertussis-Impfung als Kombinationsimpfung mit der nächsten
42 fälligen Td-Impfung zu verabreichen, wird es mindestens 10 Jahre dauern (Td-Impfschutz
43 sollte alle 10 Jahre aufgefrischt werden), bis die STIKO-Empfehlung zur Pertussis-Impfung
44 bei Erwachsenen theoretisch vollständig umgesetzt ist. Ausgehend von einer
45 Tetanusimpfquote von 73% bei Erwachsenen in Deutschland [3], einer gleichmäßigen
46 Verteilung der Tetanusimpfungen über die Jahre hinweg, sowie einer ausschließlichen
47 Verwendung von Tdap-Kombinationsimpfstoffen zur Tetanusimpfung, wäre ein Anstieg der
48 Pertussis-Impfquote unter Erwachsenen, die keiner Risikogruppe angehören, um ca. 7
49 Prozentpunkte pro Jahr zu erwarten. Personen in Risikogruppen sollten jedoch sofort – und
50 nicht erst bei der nächsten fälligen Td-Impfung – geimpft werden; dies scheint den meisten
51 Ärzten nicht klar zu sein.
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62

1 Die Ergebnisse des Krankenhaus-Apotheken-Surveys zeigen, dass die zum
2 Studienzeitpunkt gültige Empfehlung der STIKO, eine indizierte Tetanusimpfung als
3 Kombinationsimpfung mit Diphtherie-Komponente zu verabreichen, in deutschen
4 Krankenhäusern unzureichend umgesetzt wurde. Insgesamt waren nur knapp ein Viertel der
5 von Notaufnahmen bzw. knapp ein Drittel der von Stationen bestellten tetanushaltigen
6 Impfstoffdosen die empfohlenen Kombinationsimpfstoffe. Eine Ausnahme bildeten hierbei
7 Notaufnahmen in den NBL, bei denen tetanushaltige Kombinationsimpfstoffe einen
8 deutlichen höheren Anteil (69,3% versus 17,7% in den ABL) ausmachten. Diese Ergebnisse
9 lassen vermuten, dass auch zum heutigen Zeitpunkt die Compliance hinsichtlich der seit 2009
10 bestehenden Empfehlung zur Verwendung von Tdap-Kombinationsimpfstoffen im Rahmen
11 der Tetanusprophylaxe allein schon mangels adäquater Impfstoffverfügbarkeit in den
12 Notaufnahmen unzureichend sein könnte; ein aktueller Survey wäre wichtig, um diese
13 Vermutung zu bestätigen. Als mögliche Erklärung für die mangelnde Umsetzung der
14 Empfehlung waren 2007 noch Einschränkungen bezüglich der Durchführung von Impfungen
15 für bestimmte Fachrichtungen zu sehen. Durch die Änderung der
16 Musterweiterbildungsordnung der Bundesärztekammer im Jahr 2010, in der die Durchführung
17 von Impfungen zu den allgemeinen Inhalten der Weiterbildung aufgenommen wurde, sind die
18 Voraussetzungen für die Anwendung von Kombinationsimpfstoffen auch im
19 Krankenhaussektor verbessert worden. Als weitere Gründe für eine bisher mangelhafte
20 Umsetzung sind unzureichende Kenntnisse der STIKO-Empfehlung sowie die höheren
21 Kosten für den etwas teureren Kombinationsimpfstoff denkbar. Es ist daher unabdingbar
22 impfende Ärzte für die aktuellen STIKO-Empfehlungen zu sensibilisieren und Unsicherheiten
23 zu beseitigen. Dies könnte beispielsweise durch Informationskampagnen in Krankenhäusern
24 oder Publikationen in der Ärztespresse erfolgen. Der Einfluss solcher Maßnahmen auf die
25 Umsetzung der STIKO-Empfehlung in Krankenhäusern sollte weiter verfolgt werden, z.B.
26 durch eine Wiederholung des Krankenhaus-Apotheken-Surveys.

27 Zusammenfassend zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass offensichtlich große
28 Wissenslücken bzw. Unsicherheiten zur Umsetzung der STIKO-Empfehlung sowohl bei
29 niedergelassenen Ärzten (niedrige Impfquoten in Risikogruppen wie auch der erwachsenen
30 Allgemeinbevölkerung) als auch bei Krankenhausärzten (geringe Verwendung von adäquaten
31 Kombinationsimpfstoffen im Rahmen der postexpositionellen Tetanusprophylaxe) bestehen.
32 Der hohe Anteil von Studienteilnehmern (GEDA10: 28%), die nicht wussten, ob sie gegen
33 Pertussis geimpft sind (Vergleich: Influenza: 0,2%, Tetanus: 3,5%), lässt zudem darauf
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2 schließen, dass der Bekanntheitsgrad der Pertussis-Impfung bzw. der entsprechenden STIKO-
3 Empfehlung auch in der Allgemeinbevölkerung niedrig ist.

4 Die vorliegenden Studien weisen einige Einschränkungen auf. So war die Response
5 bei dem Krankenhausapotheken-Survey mit 29,5% niedrig. Aus Datenschutzgründen seitens
6 des ADKA konnten die Krankenhausapotheken nicht direkt angeschrieben werden, was
7 möglicherweise zu einer höheren Response geführt hätte. Dadurch könnte die
8 Repräsentativität beeinträchtigt sein; es waren jedoch Krankenhäuser aus allen Teilen
9 Deutschlands sowohl mit Erwachsenen als auch pädiatrischer Versorgung vertreten. Auch die
10 Responserate bei GEDA09 und GEDA10 lag im Bereich von 29%. Anzumerken ist hier, dass
11 es sich bei der gewählten Methode zur Berechnung der Responserate um einen konservativen
12 Ansatz handelt, und die berechnete Responserate vergleichbar mit anderen großen Studien ist,
13 die diese Methode verwenden (z.B. CDC-Behavioural Risk Factor Surveillance System
14 Report [5]). Insgesamt kann angesichts der mit anderen Studien vergleichbaren Responserate
15 und der aufwändigen Poststratifizierung (Gewichtung) von einer guten Datenqualität der
16 GEDA-Daten ausgegangen werden. Allerdings ist es möglich, dass eher gesundheitsbewusste
17 Personen an einem derartigen Survey teilnehmen, was zu einer Überschätzung der Impfquote
18 führen könnte. Auch der Ausschluss der Teilnehmer/innen, die ihren Pertussis-Impfstatus
19 nicht benennen konnten, könnte zu einer Überschätzung der Impfquote führen, da diese in
20 ihren sozio-demographischen Merkmalen eher der Gruppe der Nicht-Geimpften entsprachen.
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

38 *Schlussfolgerungen*

39
40 Vor dem Hintergrund der beträchtlichen Pertussis-Krankheitslast bei Erwachsenen in
41 Deutschland und der hier gezeigten niedrigen Impfquoten gibt es ein großes
42 Präventionspotential. Azelluläre Pertussis-Impfstoffe weisen eine lediglich moderate
43 Impfeffektivität auf, die zudem deutlich mit der Zeit abnimmt [30]. Demgegenüber steht die
44 hohe Kontagiosität des Erregers. Daher kann nur ein hoher Immunitätsgrad in der
45 Gesamtbevölkerung zur nachhaltigen Eindämmung von Pertussis-Erkrankungen führen.
46 Umso wichtiger ist es daher, neben Kindern und Jugendlichen auch Erwachsene gegen
47 Pertussis zu impfen, vor allem im Hinblick darauf, dass Erwachsene am häufigsten die
48 Infektionsquelle für Pertussis bei Säuglingen darstellen [15,16,26].
49 Alle Jugendlichen und Erwachsenen in Deutschland sollten auf die Notwendigkeit einer
50 Impfung gegen Pertussis hingewiesen werden und den nächsten Arztkontakt nutzen, um ihren
51 Impfstatus zu überprüfen. Insbesondere sollten alle Ärzte jeden Kontakt zu ihren Patienten zur
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Impfstatus-Kontrolle nutzen, um bestehende Impflücken zu schließen, und – sofern eine Tetanus- (und Diphtherie)-Impfung indiziert ist – auf Kombinationsimpfstoffe mit Pertussis-Komponente zurückgreifen. Personen mit beruflichem Risiko und Frauen im gebärfähigen Alter, die nicht in den letzten 10 Jahren gegen Pertussis geimpft wurden, sollten sofort eine Tdap-Impfung erhalten. Die Verträglichkeit dieser Impfung wurde in Studien belegt auch wenn die letzte T/Td-Impfung weniger als 10 Jahre zurücklag [2,6,9] . Impfquotensteigernde Maßnahmen (z.B. Informationskampagnen) sollten – neben der Allgemeinbevölkerung – unbedingt auch die impfenden Ärzte (Niedergelassene wie Krankenhausärzte, insbesondere unfallchirurgisch tätige Ärzte) mit einbeziehen, da bei diesen offensichtlich Wissensdefizite oder Unsicherheiten bezüglich der Umsetzung der STIKO-Empfehlungen zur Pertussis-Impfung bestehen. Ferner sollte der Erfolg solcher Maßnahmen, sowohl in Bezug auf die Entwicklung der Impfquoten als auch auf die Pertussis-Inzidenz, anhand von weiteren Studien überprüft werden. Mit Hilfe der regelmäßig durchgeführten GEDA-Surveys kann die Entwicklung der Impfquoten bei Erwachsenen zeitnah überwacht werden.

Konsequenz für Klinik und Praxis

- Alle Erwachsenen sollten bei der nächsten fälligen Tetanus-Diphtherie-Impfung einmalig gegen Pertussis geimpft werden
- Bei der Tetanusprophylaxe sollten Kombinationsimpfstoffe mit Pertussis-Komponente verwendet werden
- Risikogruppen (z.B. Personen mit beruflichem Risiko, Kontaktpersonen von Säuglingen, Frauen im gebärfähigen Alter), sollten bei Pertussis-Indikation eine Tdap-Impfung erhalten, auch wenn die letzte T/Td-Impfung weniger als 10 Jahre zurückliegt.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt allen Mitarbeiter/innen des Robert Koch-Instituts, die an der Planung und Durchführung der GEDA-Surveys beteiligt waren, den Studienteilnehmern von GEDA09 und GEDA10, sowie dem ADAK und allen Apotheker/innen die an der Krankenhausapotheken-Befragung teilgenommen haben.

Literatur

1. American Association for Public Opinion Research (AAPOR). Standard Definitions – Final Dispositions of Case Codes and Outcome Rates for Surveys. 2011; verfügbar unter: http://www.aapor.org/AM/Template.cfm?Section=Standard_Definitions2&Template=/CM/ContentDisplay.cfm&ContentID=3156 (Zugriffsdatum: 01/02/2012).
2. Beytout J, Launay O, Guiso N, et al. Safety of Tdap-IPV given one month after Td-IPV booster in healthy young adults: a placebo-controlled trial. *Human vaccines* 2009; 5: 315-321
3. Böhmer MM, Walter D, Krause G, et al. Determinants of tetanus and seasonal influenza vaccine uptake in adults living in Germany. *Human vaccines* 2011; 7: 1317-1325
4. Böhmer MM, Walter D, Müters S, et al. Seasonal influenza vaccine uptake in Germany 2007/2008 and 2008/2009: results from a national health update survey. *Vaccine* 2011; 29: 4492-4498
5. Centers for Disease Control and Prevention. Risk Factor Surveillance System: 2009 Summary Data Quality Report. 2010; verfügbar unter: ftp://ftp.cdc.gov/pub/Data/Brfss/2009_Summary_Data_Quality_Report.pdf (Zugriffsdatum: 01/01/2012).
6. David ST, Hemsley C, Pasquali PE, et al. Enhanced surveillance for vaccine-associated adverse events: dTap catch-up of high school students in Yukon. *Can Commun Dis Rep* 2005; 31: 117-126
7. De Serres G, Shadmani R, Duval B, et al. Morbidity of pertussis in adolescents and adults. *The Journal of infectious diseases* 2000; 182: 174-179
8. Greenberg DP, von König CH, Heininger U. Health burden of pertussis in infants and children. *The Pediatric infectious disease journal* 2005; 24: S39-43
9. Halperin SA, Sweet L, Baxendale D, et al. How soon after a prior tetanus-diphtheria vaccination can one give adult formulation tetanus-diphtheria-acellular pertussis vaccine? *The Pediatric infectious disease journal* 2006; 25: 195-200
10. Heininger U, Klich K, Stehr K, et al. Clinical findings in *Bordetella pertussis* infections: results of a prospective multicenter surveillance study. *Pediatrics* 1997; 100: E10
11. Heininger U, Stehr K, Christenson P, et al. Evidence of efficacy of the Lederle/Takeda acellular pertussis diphtheria and tetanus toxoids and pertussis vaccine but not the Lederle whole-cell component diphtheria and tetanus toxoids and pertussis vaccine against *Bordetella parapertussis* infection. *Clin Infect Dis* 1999; 28: 602-604
12. Robert Koch-Institut. Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut / Stand: Juli 2012. *Epidemiologisches Bulletin* 2012; 30: 283-310
13. Kurth BM, Lange C, Kamtsiuris P, et al. Gesundheitsmonitoring am Robert Koch-Institut. Sachstand und Perspektiven. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2009; 52: 557-570
14. Lampert T, Kroll LE, Müters S, et al. Messung des sozioökonomischen Status in der Studie "Gesundheit in Deutschland aktuell" (GEDA). *Bundesgesundheitsblatt* 2013; 56: 131-143
15. Lavine J, Broutin H, Harvill ET, et al. Imperfect vaccine-induced immunity and whooping cough transmission to infants. *Vaccine* 2010; 29: 11-16

16. Lavine JS, Bjornstad ON, de Blasio BF, et al. Short-lived immunity against pertussis, age-specific routes of transmission, and the utility of a teenage booster vaccine. *Vaccine* 2012; 30: 544-551
17. Postels-Multani S, Schmitt HJ, Wirsing von Konig CH, et al. Symptoms and complications of pertussis in adults. *Infection* 1995; 23: 139-142
18. Robert Koch-Institut. Impfpfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut/Stand: Juli 2001. *Epidemiologisches Bulletin* 2001; 28: 203-215
19. Robert Koch-Institut. Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut / Stand: Juli 2004. *Epidemiologisches Bulletin* 2004; 30: 235-250
20. Robert Koch-Institut. Zusätzliche Pertussis-Impfung im Erwachsenenalter als Tdap-Kombinationsimpfung bei der nächsten fälligen Td-Impfung - Empfehlung und Begründung. *Epidemiologisches Bulletin* 2009; 31: 299-311
21. Robert Koch-Institut. Keuchhusten-Erkrankungen in den neuen Bundesländern seit 2007. *Epidemiologisches Bulletin* 2010; 47: 463-471
22. Robert Koch-Institut. Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie "Gesundheit in Deutschland aktuell 2010". Berlin: RKI; 2012
23. Rothstein E, Edwards K. Health burden of pertussis in adolescents and adults. *The Pediatric infectious disease journal* 2005; 24: S44-47
24. Stojanov S, Liese J, Belohradsky BH. Hospitalization and complications in children under 2 years of age with *Bordetella pertussis* infection. *Infection* 2000; 28: 106-110
25. von Konig CH, Halperin S, Riffelmann M, et al. Pertussis of adults and infants. *The Lancet infectious diseases* 2002; 2: 744-750
26. Wendelboe AM, Njamkepo E, Bourillon A, et al. Transmission of *Bordetella pertussis* to young infants. *The Pediatric infectious disease journal* 2007; 26: 293-299
27. Wendelboe AM, Van Rie A, Salmaso S, et al. Duration of immunity against pertussis after natural infection or vaccination. *The Pediatric infectious disease journal* 2005; 24: S58-61
28. Wiese-Posselt M, Leitmeyer K, Hamouda O, et al. Influenza vaccination coverage in adults belonging to defined target groups, Germany, 2003/2004. *Vaccine* 2006; 24: 2560-2566
29. World Health Organization. Pertussis vaccines: WHO position paper. *Wkly Epidemiol Rec* 2010; 85: 385-400
30. Zhang L, Prietsch SO, Axelsson I, et al. Acellular vaccines for preventing whooping cough in children. *Cochrane database of systematic reviews (Online)* 2012; 3: CD001478
31. Zhang X, Rodriguez ME, Harvill ET. O antigen allows *B. parapertussis* to evade *B. pertussis* vaccine-induced immunity by blocking binding and functions of cross-reactive antibodies. *PloS one* 2009; 4: e6989

