

Aus dem Bereich Arbeitsmedizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

PROTECT – Erhebung des IST-Zustandes und Maßnahmen zur  
Quantitätssteigerung der Impfraten von Soldaten/innen  
der Bundeswehr

## **Dissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Jana Nele Arnold

aus Rotenburg (Wümme)

Hamburg 2020

### Bibliografische Beschreibung

Arnold, Jana Nele:

PROTECT – Erhebung des IST-Zustandes und Maßnahmen zur Quantitätssteigerung der Impfraten von Soldaten/innen der Bundeswehr.

- 2020 - 75 Bl., 8 Abb., 17 Tab., 6 Anl.

### Kurzfassung:

*Einleitung:* Impfungen gehören zu den wirksamsten präventivmedizinischen Maßnahmen. Neben den Standardimpfungen bestehen risikoadaptiert Indikationen für weitere Impfungen. In der deutschen Zivilbevölkerung und den Streitkräften anderer Länder zeigen sich Impflücken. Da zu Bundeswehrsoldaten/innen bisher keine Daten existieren, sollten die Impfraten und die Wirksamkeit eines Remindersystems in dieser Studie getestet werden. *Methode:* Es erfolgte die querschnittliche Erhebung der Impfraten von Rekruten/innen aus drei Quartalen im Jahr 2016. Ergänzend wurde in einer zwölfmonatigen randomisiert-kontrollierten Kohortenstudie untersucht, ob die Impfraten von aktiven Soldaten/innen mittels eines EDV-basierten Remindersystems gesteigert werden können. *Ergebnisse:* Bei den 247 Rekruten/innen zeigten sich Impfraten zwischen 2,0% gegen FSME und 75,3% gegen Masern. In der Kohortenstudie mit 506 Probanden/innen besaßen zu Studienbeginn 26,2/31,3% den geforderten Impfschutz. Am niedrigsten fielen die Impfraten von Influenza (50,5/49,1%) aus. Die höchsten Impfraten konnten für MMR (94,3/97,8%) identifiziert werden. Es kam im Studienverlauf in beiden Gruppen zu einem hochsignifikanten Anstieg der Impfraten ( $p < 0,001$ ). *Diskussion:* Die Ergebnisse offenbaren ausgeprägte Impflücken bei Rekruten/innen und aktiven Bundeswehrsoldaten/innen. Diese konnten im Rahmen der Kohortenstudie signifikant reduziert werden. Jedoch kam es durch die Kommunikation der Gruppen zu einem Bias in der Datenbasis. Dennoch scheint ein EDV-gestütztes Remindersystem ein wirksames (Teil)-Instrument zum Erreichen der Impfziele zu sein.

### **Schlüsselwörter:**

Impfungen - Basisimmunisierung - Bundeswehr - Prävention

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VIII
1. Einleitung .....	1
1.1 Gesetzliche Grundlagen des Impfwesens .....	2
1.2 Impfempfehlungen der STIKO .....	3
1.3 Impfraten der deutschen Zivilbevölkerung .....	4
1.3.1 Impfraten im Kindesalter .....	4
1.3.2 Impfraten im Erwachsenenalter .....	5
1.4 Berufsbezogene Infektionsrisiken und Indikationsimpfungen .....	6
1.5 Impfüberwachung bei Soldaten/innen .....	8
1.5.1 Basisimmunisierung von Soldaten/innen .....	8
1.5.2 Einsatzimpfschutz von Soldaten/innen .....	9
1.6 Impfraten von Soldaten/innen .....	10
1.7 Strategien zur Steigerung von Impfraten .....	14
1.8 Allgemeine Fragestellung .....	15
1.9 Spezielle Fragestellung und Arbeitshypothesen .....	15
2. Material und Methoden .....	16
2.1 Erfassung des Impfbedarfs bei Rekruten/innen der Bundeswehr .....	16
2.1.1 Studienpopulation .....	16
2.1.2 Ziel- und Einflussgrößen .....	17
2.1.3 Statistische Auswertung .....	18
2.2 Erfassung der Wirksamkeit von individualisierten Remindern auf den Impfstatus von Bundeswehrsoldaten/innen .....	19
2.2.1 Studienpopulation .....	19
2.2.2 Ziel- und Einflussgrößen .....	20
2.2.3 Intervention .....	21
2.2.4 Statistische Auswertung .....	22
2.3 Datenschutzkonzept .....	24
2.4 Votum Ethikkommission / Forschungsgenehmigung .....	24
3. Ergebnisse .....	25
3.1 Erfassung des Impfbedarfs von Rekruten/innen der Bundeswehr .....	25
3.1.1 Vergleich der Impfraten von Rekruten/innen der Bundeswehr mit Impfraten der deutschen Zivilbevölkerung .....	27

3.2 Erfassung der Wirksamkeit von individualisierten Remindern auf den Impfstatus von Bundeswehrsoldaten/innen.....	30
3.2.1    Zusammensetzung der Kohorte .....	30
3.2.2    Entwicklung der Impfraten im zeitlichen Verlauf .....	31
3.2.3    Entwicklung des Gesamtschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ .....	32
3.2.4    Intention-to-treat-Analyse .....	34
4.    Diskussion.....	37
5.    Zusammenfassung.....	50
Literaturverzeichnis .....	51
Publikationsverzeichnis .....	57
Danksagungen .....	58
Ehrenerklärung.....	59
Erklärung zur strafrechtlichen Verurteilung.....	60
Darstellung des Bildungsweges.....	61
Anlagen .....	62
Anlage 1 – Impfkalender der STIKO für Säuglinge, Kinder, Jugendliche und Erwachsene, Stand: 2015 (19) .....	62
Anlage 2 – Übersicht der Suchergebnisse aus der systematischen Literatur- recherche (34) .....	63
Anlage 3 – Beispiel eines Reminders für den Impfschutz „Hilfs- und Katastrophen- kräfte Inland“ .....	64
Anlage 4 – Microsoft-Access Formular zur Feststellung des Vollschutzes (VS) eines/r Soldaten/in zu einem definierten Zeitpunkt (01. Juni 2016) .....	65
Anlage 5 – Impfüberwachungsblatt 2: Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland (32) .	66
Anlage 6 – FSME-Risikogebiete in Deutschland mit Markierung des Studienstand- ortes Rotenburg (Wümme); dunkelblau FSME-Risikogebiet, hellblau FSME-Risiko- gebiet seit 2019, weiß - kein Risikogebiet (33) .....	67

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Impfempfehlungen für Standardimpfungen von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, entnommen aus „Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut. Stand: August 2015“ (19); zur verbesserten Lesbarkeit der Impfempfehlungen siehe Anlage 1 .....	4
Abbildung 2 - Flussdiagramm zur Studienselektion der systematischen Literaturübersicht zu den Durchimpfungsraten von militärischem Personal weltweit (34) .....	10
Abbildung 3 - Schema zum Ablauf der Ersterhebung des Impfstatus von Rekruten/innen beim Eintritt in die Bundeswehr .....	16
Abbildung 4 - Eingabemaske der Microsoft-Access-Datenbank mit den persönlichen Daten des/der Rekruten/in sowie beispielhafte Impfdaten für Tetanus, Diphtherie, Polio und Pertussis mit Angabe des jeweiligen Vollschutzes; Tet.= Tetanus, Diph.= Diphtherie, Polio= Poliomyelitis, Pert.= Pertussis, Hep A= Hepatitis A, Hep B= Hepatitis B, MMR= Masern-Mumps-Röteln, FSME= Frühsommermeningoenzephalitis, Jap. Enz.= Japanische Enzephalitis, VS= Vollschutz .....	17
Abbildung 5 – Flussdiagramm zu den Probanden/innenzahlen n unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien. Anschließend erfolgte die Randomisierung der Probanden/innen und Bestimmung des Alters (Median (IQR)) .....	19
Abbildung 6 - Schematische Darstellung der Randomisierung und Datenerfassung zu den Zeitpunkten $T_0$ - $T_4$ (zur vergrößerten Ansicht eines Beispiel-Reminders und des Impfüberwachungsdatenblatts siehe Anlage 3 und 5) .....	21
Abbildung 7 - Grafische Darstellung der Impfraten für die einzelnen Erkrankungen der erfassten Quartale in [%]; Polio = Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis .....	26
Abbildung 8 – Grafische Darstellung der Entwicklung des Impfschutzes gegen einzelne Erkrankungen von „Hilfs- und Katastrophenkräften Inland“ im Verlauf von $T_0$ bis $T_4$ .....	33

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Indikationsimpfungen für Risikogruppen mit erhöhtem beruflichen Infektionsrisiko in Deutschland (19); FSME = Frühsommermeningoenzephalitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, Polio = Poliomyelitis .....	7
Tabelle 2 - Impfschema für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ mit Informationen zu Dosierung, Impfabständen und Dauer des Vollschutzes (32); ED = Einzeldosis, i.m. = intramuskulär, s.c. = subcutan, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln .....	9
Tabelle 3 – Impfraten von Soldaten/innen verschiedener Streitkräfte in [%] und daraus resultierender gewichteter Mittelwert für die einzelnen Impfungen. Dieser entspricht der Summe der Impfraten multipliziert mit dem Quotienten aus Anzahl n und Gesamtanzahl aller Probanden/innen, bei denen die Impfrate der jeweiligen Erkrankung erfasst wurde (34); Polio= Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B .....	12
Tabelle 4 - Einteilung der Variablen Alter und Geschlecht in signifikante oder nicht signifikante Einflüsse auf die Seropositivität. Soweit in den Studien vorhanden, erfolgt die Angabe des entsprechenden Wahrscheinlichkeitskoeffizienten (p) (34).....	13
Tabelle 5 - Zusammensetzung der Quartale mit Angabe des Alters (Median (IQR)), des Geschlechts und des Vorhandenseins eines Impfbuches. Zudem erfolgte die Prüfung auf Unabhängigkeit des Alters mittels Kruskal-Wallis-Test .....	25
Tabelle 6 - Absoluter und relativer Impfschutz gegen die Erkrankungen des Impfschemas für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ der untersuchten Quartale und der Gesamtkohorte, sowie Prüfung auf Unabhängigkeit der Quartale mittels Chi <sup>2</sup> -Test nach Pearson; Polio = Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis.....	26
Tabelle 7 - Anzahl von Rekruten/innen der untersuchten Quartale und der Gesamtkohorte mit absoluter und relativer Angabe derjenigen mit erfolgter Grundimmunisierung oder Erstimpfung und bei Eintritt in die Bundeswehr abgelaufenem Impfschutz; Polio = Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis.....	27
Tabelle 8 - Darstellung der Impf- und Grundimmunisierungsraten von Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis (Polio), Pertussis, Masern-Mumps-Röteln (MMR), Hepatitis A (Hep A), Hepatitis B (Hep B) und Frühsommermeningo-enzephalitis (FSME) in der deutschen Zivilbevölkerung im Vergleich zu den bei Rekruten/innen der Bundeswehr gefundenen Impfraten in [%]; GI = Grundimmunisierung (hier wurden alle vollständigen Grundimmunisierungen eingeschlossen unabhängig, ob aktuell noch ein aktiver Impfschutz besteht), k. A. = keine Angabe .....	28
Tabelle 9 - Absolute und relative Verteilung der Geschlechter der Gesamtkohorte, sowie der einzelnen Gruppen, mit Überprüfung auf Unabhängigkeit der Gruppen im Chi <sup>2</sup> -Test nach Pearson.....	30

Tabelle 10 - Zugehörigkeit der Probanden/innen zu den unterschiedlichen Einheiten der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) Rotenburg (Wümme); 1.-5./91 = 1.-5. Kompanie des Jägerbataillon 91, 3./141 = 3. Kompanie des Versorgungsbataillon 141, AUKp = Ausbildungsunterstützungskompanie, SanVersZ = Sanitätsversorgungszentrum.....	30
Tabelle 11 - Darstellung der Altersverteilung in den beiden Gruppen mit Berechnung von Median (IQR), Ermittlung des minimalen und maximalen Alters in beiden Gruppen, und Prüfung auf Unabhängigkeit im Mann-Whitney-U-Test.....	31
Tabelle 12 – Impfraten der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten T <sub>0</sub> und T <sub>4</sub> , sowie Darstellung der absoluten Anstiege im Studienzeitraum und der Ergebnisse der bivariaten Analyse mittels Chi <sup>2</sup> -Test nach Pearson zum Zeitpunkt T <sub>0</sub> ; Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis .....	32
Tabelle 13 – Vollständiger Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> sowie Darstellung der Veränderungen im Studienzeitraum und der Ergebnisse der bivariaten Analyse mittels Chi <sup>2</sup> -Tests zum Zeitpunkt T <sub>0</sub> .....	33
Tabelle 14 - Ergebnisse des Friedmann-Tests auf signifikante Veränderungen des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ im Längsverlauf für den Zeitraum T <sub>0</sub> -T <sub>4</sub> , sowie ergänzender Wilcoxon-Test auf signifikante Veränderungen zwischen den einzelnen Erfassungszeitpunkten .....	34
Tabelle 15 – Intention-to-treat-Analyse der Impfraten der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten T <sub>0</sub> und T <sub>4</sub> sowie Darstellung der Veränderungen im Studienzeitraum und Ergebnisse der bivariaten Analyse mittels Chi <sup>2</sup> -Tests zum Zeitpunkt T <sub>0</sub> ; Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis .....	35
Tabelle 16 - Intention-to-treat Analyse mit Durchführung des Friedmann-Tests auf signifikante Veränderungen des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ im Längsverlauf für den Zeitraum T <sub>0</sub> -T <sub>4</sub> unter Einschluss aller versetzten und entlassenen Probanden/innen .....	36
Tabelle 17 - Vergleich der zum Zeitpunkt T <sub>0</sub> erhobenen Impfraten mit international verfügbaren Impfraten bei Militärangehörigen (34); Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis .....	44

## Abkürzungsverzeichnis

ArbMedVV	Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
AUKp	Ausbildungsunterstützungskompanie
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BZgA	Bundeszentrale für Gesundheitliche Aufklärung
ED	Einzeldosis
FSME	Frühsommermeningoenzephalitis
GBA	Gemeinsamer Bundesausschuss
Hep A	Hepatitis A
Hep B	Hepatitis B
Hib	Haemophilus influenzae b
HPV	Humane Papillomaviren
i.m.	intramuskulär
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IQR	Interquartilsabstand
JE	Japanische Enzephalitis
k. A.	keine Angabe
KiGGS	Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland
KV	Kassenärztliche Vereinigung
MMR	Masern-Mumps-Röteln
Polio	Poliomyelitis
RKI	Robert Koch-Institut
s.c.	subcutan
SAGE	Strategic Advisory Group of Experts
SanVersZ	Sanitätsversorgungszentrum
SARS-CoV-2	severe acute respiratory syndrome coronavirus 2
SG	Soldatengesetz
STIKO	Ständige Impfkommission
TdPP	Tetanus-Diphtherie-Polio-Pertussis
VS	Vollschutz
WHO	World Health Organization



## 1. Einleitung

Infektionserkrankungen und ihre Verbreitung sind weltweit ein großes Problem. Hier haben Schutzimpfungen in den letzten beiden Jahrhunderten eine sichere und zuverlässige Stellung als Präventionsmaßnahme eingenommen. Bei einer Schutzimpfung handelt es sich gemäß § 2 Nr. 9 Infektionsschutzgesetz (IfSG) um „die Gabe eines Impfstoffes mit dem Ziel, vor einer übertragbaren Erkrankung zu schützen“. Die erste erfolgreiche Impfung erfolgte Ende des 18. Jahrhunderts gegen Variola, landläufig bekannt als Pocken. Hier wurden Patienten/innen durch mit Kuhpocken infizierte Lymphe geimpft, was anschließend zu dem Namen Impfung (englisch vaccination) führte (1). Dieser Begriff ist aus dem lateinischen Wort Vacca abgeleitet und bedeutet übersetzt Kuh. Die Impfung stellte sich als erfolgreich heraus, sodass Pocken im Jahr 1980 durch die World Health Organization (WHO) als ausgerottet erklärt wurden (2).

Allerdings gestaltet sich die Ausrottung weiterer impfbarer Erkrankungen schwieriger als zunächst angenommen. So formulierte die WHO im Jahr 2000 das Ziel, Masern bis 2020 vollständig auszurotten (3). Allerdings erkrankten nach einer zunächst rapiden Abnahme der Fallzahlen, beginnend mit den 1980er-Jahren, im Jahr 2019 weltweit noch immer 869.770 Menschen an Masern. Dies entspricht zugleich mehr als einer Verdopplung der Fallzahlen gegenüber dem Vorjahr (4). Da es sich bei Masern um eine hochansteckende Erkrankung handelt, führt dies bei einer nicht ausreichend hohen Impfrate wiederholt zu Ausbrüchen. Exemplarisch sei hier der Masernausbruch von Coburg in den Jahren 2001/02 mit 1.191 Masernfällen in acht Monaten (5) oder der Ausbruch in Köln im Jahr 2018 mit 139 Masernfällen zu nennen (6). Auch im militärischen Bereich konnten wiederholt Masernausbrüche beobachtet werden. So kam es beim französischen Militär in den Jahren 2010 und 2011 zu einem sprunghaften Anstieg der Maserninzidenz von 1,8 Fällen pro 100.000 Personenjahre (2009) auf 10,1 pro 100.000 Personenjahre (2010) und 41,4 pro 100.000 Personenjahre (2011) (7, 8).

Um die Infektionsketten impfbarer Erkrankungen zu unterbrechen, ist der Aufbau einer Herdenimmunität für von Mensch-zu-Mensch übertragene Erkrankungen hilfreich (9). Die hierfür nötige Impfquote liegt je nach Kontagiosität und Übertragungsweg der jeweiligen Erkrankung zwischen 75 und 94% (10). Diese Herdenimmunität verhindert Ausbrüche der Erkrankungen und schützt Individuen, die aufgrund von Vorerkrankungen oder eines zu jungen Alters keine Impfungen erhalten können.

Aktuell zeigt sich die Relevanz von wirksamen Impfungen im Rahmen der omnipräsenten, durch das „severe acute respiratory syndrome coronavirus 2“ (SARS-CoV-2) ausgelösten Pandemie. Bei derzeit etwa 34,5 Millionen Infizierten und über 1 Million verstorbenen Patienten/innen (Stand: 03.10.2020), ist neben einer wirksamen Therapie auch eine gute Prävention von essentieller Bedeutung (11). Um eine Herdenimmunität zu erreichen, ohne dass ein Großteil der Bevölkerung eine Infektion mit dem Virus durchmachen muss, werden derzeit multiple Impfstoffkandidaten in klinischen Studien getestet (12).

## 1.1 Gesetzliche Grundlagen des Impfwesens

International werden Impfeempfehlungen durch die „Strategic Advisory Group of Experts (SAGE) on Immunization“ in halbjährlichen Meetings erarbeitet und durch die WHO herausgegeben (13). Anschließend werden die Impfeempfehlungen in Deutschland regelmäßig gemäß § 20 Abs. 2 IfSG durch die Ständige Impfkommission (STIKO) am Robert-Koch-Institut (RKI) an die in Deutschland vorherrschenden infektiologischen Bedingungen angepasst und im epidemiologischen Bulletin veröffentlicht (14). Auf Grundlage dieser Daten sprechen die obersten Landesgesundheitsbehörden nach § 20 Abs. 3 IfSG öffentliche Empfehlungen zur Durchführung von Schutzimpfungen aus.

Durch den Gemeinsamen Bundesausschuss (GBA) wurde 2007 ergänzend die „Schutzimpfungsrichtlinie“ veröffentlicht, die zuletzt im Juni 2020 aktualisiert wurde (15). In dieser Richtlinie sind Vorgaben zur Indikationsstellung, Aufklärung, Dokumentation und Durchführung von Schutzimpfungen im zivilen Bereich festgelegt. Zudem regelt die Richtlinie die Leistungsansprüche der gesetzlich Versicherten in Deutschland.

Um die komplexe Organisation der verschiedenen Akteure im Impfwesen zu koordinieren, wurde auf der 80. Gesundheitsministerkonferenz 2007 die Entwicklung eines bundeseinheitlichen Impfplans beschlossen. Dieser trat zum 1. Januar 2012 in Kraft (16). In diesem „Nationalen Impfplan“ wurden unter anderem die Impfziele für die deutsche Zivilbevölkerung festgelegt. Als primäre Impfquotenziele wurde eine 95%ige Impfquote für die zweite Masern-Mumps-Röteln-(MMR)-Impfung, die vierte Pertussis-Impfung und die vierte Hepatitis-B-(Hep B)-Impfung im Kindesalter festgelegt. Zudem

werden eine Erhöhung der Auffrischungsraten im Jugendalter gegen Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis (Polio) und Pertussis auf über 90%, sowie eine Steigerung der Influenza-Impfquote bei Senioren/innen und Risikogruppen auf über 75% genannt.

Ergänzt wurde der „Nationale Impfplan“ durch den „Nationalen Aktionsplan 2015-2020 zur Elimination der Masern und Röteln in Deutschland“, um die von der WHO formulierten Ziele zu erreichen (17). Da trotz dieser Maßnahmen keine ausreichende Reduktion der Inzidenzen erreicht werden konnte, beschloss der Bundestag am 14. November 2019 das Masernschutzgesetz (18). Dieses sieht seit dem 1. März 2020 erstmalig eine Impfpflicht für Kinder bei Eintritt in den Kindergarten oder die Schule, sowie für in Gemeinschaftseinrichtungen oder medizinischen Einrichtungen tätige oder wohnende Personen vor.

## **1.2 Impfeempfehlungen der STIKO**

Durch die STIKO werden jährlich aktualisierte Impfeempfehlungen für Kinder und Erwachsene im Epidemiologischen Bulletin veröffentlicht (14).

Nach den Empfehlungen aus dem Jahr 2015<sup>1</sup> (siehe Abbildung 1) soll im Kindesalter eine Grundimmunisierung gegen Tetanus, Diphtherie, Pertussis, Haemophilus influenzae Typ b (Hib), Polio, Hep B, Pneumokokken, Rotaviren, Meningokokken C und MMR erfolgen (19).

Im Jugendalter sind Auffrischimpfungen gegen Tetanus, Diphtherie und Pertussis, sowie eine einmalige Auffrischung der Polio-Impfung vorgesehen. Zudem sollte in diesem Alter die Grundimmunisierung gegen Humane Papillomaviren (HPV) durchgeführt werden.

Im Erwachsenenalter sind regelmäßige Auffrischungen gegen Tetanus und Diphtherie, eine einmalige Auffrischung von Pertussis und eine einmalige Impfung gegen MMR bei unklarem Impfstatus oder nur einmaliger Impfung in der Kindheit empfohlen. Hinzu kommt ab einem Alter von 60 Jahren eine einmalige Impfung gegen Pneumokokken und jährliche Influenza-Impfungen.

---

<sup>1</sup> Es werden im Folgenden die Impfeempfehlungen aus dem Jahr 2015 ausgeführt, da diese zum Zeitpunkt der Durchführung der hier präsentierten Studie galten.

Impfung	Alter in Wochen	Alter in Monaten					Alter in Jahren					
	6	2	3	4	11–14	15–23	2–4	5–6	9–14	15–17	ab 18	ab 60
Tetanus		G1	G2	G3	G4	N	N	A1	A2		A (ggf. N) <sup>e</sup>	
Diphtherie		G1	G2	G3	G4	N	N	A1	A2		A (ggf. N) <sup>e</sup>	
Pertussis		G1	G2	G3	G4	N	N	A1	A2		A (ggf. N) <sup>e</sup>	
Hib <i>H. influenzae</i> Typ b		G1	G2 <sup>c</sup>	G3	G4	N	N					
Poliomyelitis		G1	G2 <sup>c</sup>	G3	G4	N	N		A1		ggf. N	
Hepatitis B		G1	G2 <sup>c</sup>	G3	G4	N		N				
Pneumokokken <sup>a</sup>		G1		G2	G3	N						S <sup>g</sup>
Rotaviren	G1 <sup>b</sup>	G2	(G3)									
Meningokokken C					G1 (ab 12 Monaten)			N				
Masern					G1	G2		N			S <sup>f</sup>	
Mumps, Röteln					G1	G2		N				
Varizellen					G1	G2		N				
Influenza												S (jährlich)
HPV Humane Papillomviren								G1 <sup>d</sup>	G2 <sup>d</sup>	N <sup>d</sup>		

**Erläuterungen**

G Grundimmunisierung (in bis zu 4 Teilimpfungen G1–G4)

A Auffrischimpfung

S Standardimpfung

N Nachholimpfung (Grundimmunisierung aller noch nicht Geimpften bzw. Komplettierung einer unvollständigen Impfserie)

a Frühgeborene erhalten eine zusätzliche Impfstoffdosis im Alter von 3 Monaten, d.h. insgesamt 4 Dosen

b Die 1. Impfung sollte bereits ab dem Alter von 6 Wochen erfolgen, je nach verwendetem Impfstoff sind 2 bzw. 3 Dosen im Abstand von mindestens 4 Wochen erforderlich.

c Bei Anwendung eines monovalenten Impfstoffes kann diese Dosis entfallen.

d Standardimpfung für Mädchen im Alter von 9–13 bzw. 9–14 Jahren (je nach verwendetem Impfstoff) mit 2 Dosen im Abstand von 6 Monaten, bei Nachholimpfung im Alter > 13 bzw. > 14 Jahren oder bei einem Impfabstand von < 6 Monaten zwischen 1. und 2. Dosis ist eine 3. Dosis erforderlich (Fachinformation beachten).

e Td-Auffrischimpfung alle 10 Jahre. Die nächste fällige Td-Impfung einmalig als Tdap- bzw. bei entsprechender Indikation als Tdap-IPV-Kombinationsimpfung.

f Einmalige Impfung für alle nach 1970 geborenen Personen ≥ 18 Jahre mit unklarem Impfstatus, ohne Impfung oder mit nur einer Impfung in der Kindheit, mit einem MMR-Impfstoff

g Einmalige Impfung mit Polysaccharid-Impfstoff

**Abbildung 1** - Impfeempfehlungen für Standardimpfungen von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, entnommen aus „Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut. Stand: August 2015“ (19); zur verbesserten Lesbarkeit der Impfeempfehlungen siehe Anlage 1

## 1.3 Impfraten der deutschen Zivilbevölkerung

### 1.3.1 Impfraten im Kindesalter

In Deutschland wird entsprechend der Empfehlungen der STIKO im Kindesalter inzwischen umfassend geimpft und es werden hohe Grundimmunisierungsraten der zwölf Standardimpfungen erreicht. Diese werden seit dem Jahr 2001 regelmäßig im Rahmen der Schuleingangsuntersuchungen erfasst und ausgewertet. Die neuesten veröffentlichten Daten dokumentieren die Impfquoten aus dem Jahr 2017 (20). Bei den seit über 30 Jahren etablierten Impfungen Tetanus, Diphtherie, Pertussis, Hib, Polio und MMR wurden jeweils Impfquoten von über 90% erreicht, obwohl die Impfraten im Vergleich zu den Vorjahren niedriger ausfielen. Bei den neueren Impfungen gegen Varizellen, Meningokokken C und Pneumokokken sowie bei Hep B lagen die Impfraten unter 90%.

Weitere Impfdaten von circa 16.000 Kindern verschiedenen Alters wurden im Rahmen der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) im

Zeitraum von 2003 bis 2006 analysiert (21, 22). Hier zeigten sich ebenfalls hohe Grundimmunisierungsraten von 93,0% gegen Tetanus, 92,6% gegen Diphtherie und 90,8% gegen Polio. Allerdings stellte sich bei den Auffrischungen ein Mangel dar, so haben lediglich 57,0% der Kinder zeitgerecht ihre erste Tetanus-Auffrischung erhalten. Die im Jahr 2019 veröffentlichte zweite Welle der KiGGS-Studie zeigt eine deutliche Verbesserung der zuvor erfassten Impflücken (23). So stieg der Anteil der Kinder mit zeitgerechter Tetanus-Auffrischung auf 77,7%. Jedoch bestehen weiterhin Impflücken beispielsweise bei den Masern-Impfungen. Hier liegen die Raten mit 88,6% für die erste und 64,4% für die zweite Impfung weiterhin deutlich unter der im „Nationalen Impfplan“ geforderten 95%igen Impfquote (16).

### **1.3.2 Impfraten im Erwachsenenalter**

Ergänzend zu den Schuleingangsuntersuchungen wertet das RKI regelmäßig die Impfraten von Erwachsenen aus. Diese werden auf Grundlage von Abrechnungsdaten der Kassenärztlichen Vereinigung (KV) ermittelt (24). Unter anderem wurde in der Saison 2016/17 die Impfquote von Influenza bei den über 60-Jährigen bestimmt. Diese lag deutschlandweit bei 34,8% und somit deutlich unter der im „Nationalen Impfplan“ geforderten 75%igen Impfquote (16).

Eine weitere große Studie zum Impfschutz von Erwachsenen in der Arbeitswelt wurde 2003 durch den Arbeitsmedizinischen Dienst in Schleswig-Holstein durchgeführt (25). Bei der Untersuchung von 11.260 Personen ergab sich eine starke Abnahme des Impfschutzes mit steigendem Alter. Für Tetanus zeigten sich Impfraten von 76,5% bei den unter 20-Jährigen und lediglich 32,9% bei den über 60-Jährigen. Dieser Trend fand sich in unterschiedlicher Ausprägung auch bei Tetanus, Polio, Hep B und MMR.

Die Impfungen gegen Influenza, Tetanus und Pertussis wurden 2012/13 im Rahmen einer telefonischen Befragung von 19.294 Personen untersucht (26). Gegen Influenza gaben in der Saison 2010/11 54,3% und in der Saison 2011/12 52,6% der über 60-Jährigen an geimpft zu sein. Ein aktueller Impfschutz gegen Tetanus lag anamnestisch bei 75,6% der Befragten vor. Für Pertussis ergab sich eine Impfquote von 7,6%. Bei beiden Impfungen sank die Impfquote mit steigendem Lebensalter signifikant.

Eine Untersuchung im Rahmen der „Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland“ (DEGS1-Studie) wurde 2013 mit 8.152 Probanden/innen zwischen 18 und 79 Jahren durchgeführt (27). Einen aktuellen Impfschutz gegen Tetanus konnten 71,4% der Probanden/innen vorweisen, wobei auch in dieser Studie ein Abfall mit zunehmendem Alter zu erkennen war. Bei Tetanus lag der Impfschutz bei 75,6% in der Altersgruppe der 18- bis 29-Jährigen und nur noch bei 69,8% in der Altersgruppe der 70- bis 79-Jährigen. Ähnlich ausgeprägte Trends ließen sich bei Diphtherie und Pertussis feststellen. Deutlich stärker war der Abfall der dokumentierten Impfdosen gegen MMR. Bei Masern lag der Impfschutz bei 79,8% in der Altersgruppe der 18- bis 29-Jährigen und nur noch bei 3,8% in der Altersgruppe der 60- bis 64-Jährigen.

#### **1.4 Berufsbezogene Infektionsrisiken und Indikationsimpfungen**

Neben den präventiv zugänglichen Erkrankungen für die Allgemeinbevölkerung sind einige Berufsgruppen speziellen Risiken für Infektionserkrankungen ausgesetzt. Diesen Personengruppen sind nach entsprechender Gefährdungsbeurteilung gemäß § 6 Abs. 2 S. 3-4 Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) sogenannte Indikationsimpfungen anzubieten. Die derzeit verfügbaren Indikationsimpfungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1** - Indikationsimpfungen für Risikogruppen mit erhöhtem beruflichen Infektionsrisiko in Deutschland (19); FSME = Frühsommermeningoenzephalitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, Polio = Poliomyelitis

Impfung	Indikation
FSME	- in Risikogebieten Beschäftigte in Land- und Forstwirtschaft - exponiertes Laborpersonal
Gelbfieber	- exponiertes Laborpersonal
Hep A	- Beschäftigte im Gesundheitsdienst - Personen mit Abwasserkontakt (z. B. Kanalisations- und Klärwerksarbeiter/innen) - Beschäftigte in Kindertagesstätten, Kinderheimen, Behindertenwerkstätten, Asylbewerberheimen u. a.
Hep B	- Beschäftigte im Gesundheitsdienst - Polizisten/innen - Beschäftigte in Einrichtungen, in denen eine erhöhte Prävalenz von Hep-B-Infizierten zu erwarten ist (z. B. Gefängnisse, Asylbewerberheime, Behinderteneinrichtungen)
Influenza	- Beschäftigte im Gesundheitsdienst - Beschäftigte in Gemeinschaftseinrichtungen mit viel Publikumsverkehr - Personen mit direktem Kontakt zu Geflügel und Wildvögeln
Masern	- Beschäftigte im Gesundheitsdienst (bei Geburt nach 1970 oder bei unklarem Impfstatus/ ohne Impfung/ nur einer Impfung in der Kindheit)
Meningokokken	- exponiertes Laborpersonal
Mumps	- Beschäftigte im Gesundheitsdienst oder in Gemeinschaftseinrichtungen für junge Erwachsene (bei Geburt nach 1970 oder bei unklarem Impfstatus/ ohne Impfung/ nur einer Impfung in der Kindheit)
Pertussis	- Beschäftigte im Gesundheitsdienst oder in Gemeinschaftseinrichtungen
Pneumokokken	- Berufliche Tätigkeiten mit einer Exposition gegenüber Metallrauchen
Polio	- Beschäftigte in Gemeinschaftsunterkünften mit Menschen aus Gebieten mit Polio-Risiko - medizinisches Personal, welches engen Kontakt zu Erkrankten haben kann - exponiertes Laborpersonal
Röteln	- Ungeimpfte Personen oder Personen mit unklarem Impfstatus mit Beschäftigung in der Pädiatrie/ Geburtshilfe/ Schwangerenbetreuung/ Gemeinschaftseinrichtungen
Tollwut	- Tierärzte/innen, Jäger/innen, Forstpersonal mit Umgang mit Tieren in Gebieten mit neu aufgetretener Wildtiertollwut - Personen mit engem Kontakt zu Fledermäusen - Exponiertes Laborpersonal
Varizellen	- Seronegatives Personal im Gesundheitsdienst sowie in Gemeinschaftseinrichtungen für das Vorschulalter

Auch für Soldaten/innen der Bundeswehr bestehen zusätzliche, berufsbedingte Infektionsrisiken, die durch Impfungen präventivmedizinisch verhindert werden können. Diese resultieren aus einem im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung erhöhten Arbeitsanteil im Freien, dem Arbeiten unter wechselnden und teilweise extremen Witterungsbedingungen und einem engen Zusammenleben der Soldaten/innen (28, 29). Diese Bedingungen werden dadurch verschärft, dass in zahlreichen Auslandseinsätzen der Bundeswehr verschiedenste hygienische, infektiologische und kulturelle Bedingungen bei der Infektionsprophylaxe zu beachten sind (30).

## 1.5 Impfüberwachung bei Soldaten/innen

Die Impfempfehlungen und Impfüberwachung der Bundeswehr sind in der „Zentralen Dienstvorschrift A-840/8“ und der „Zentralvorschrift A1-840/8-4000“ geregelt. Die Impfüberwachung liegt dabei im Verantwortungsbereich der Disziplinarvorgesetzten/innen bzw. Dienststellenleiter/innen, die für eine zeitgerechte Durchführung der Impfungen durch das ärztliche Impfpersonal und für eine Kontrolle der Impfraten zu sorgen haben (31). Für Soldaten/innen gilt gemäß § 17 Abs. 4 S. 3 Soldatengesetz (SG) eine Duldungspflicht von Impfungen.

### 1.5.1 Basisimmunisierung von Soldaten/innen

Die vorgeschriebenen Impfungen für Bundeswehrsoldaten/innen finden sich in der „Zentralvorschrift A1-840/8-4000“ und unterscheiden sich aufgrund berufsbedingter Impferweiterungen von den oben genannten Impfempfehlungen für die deutsche Zivilbevölkerung (32). In der Vorschrift sind sowohl die Basisimmunisierung für alle Soldaten/innen, der Impfschutz „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“, als auch die Impfschemata für die verschiedenen Auslandseinsätze der Bundeswehr geregelt. Zur Basisimmunisierung gehören die Impfungen gegen Tetanus, Diphtherie, Polio, Pertussis, MMR, Hepatitis A (Hep A), Hep B und Influenza. Alle Soldaten/innen, die als „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ eingesetzt werden können, sollen zusätzlich einen Impfschutz gegen Frühsommermeningoenzephalitis (FSME) erhalten. Um eine generelle Einsatzbereitschaft der Bundeswehr in allen Teilen von Deutschland zu gewährleisten, ist von den meisten Soldaten/innen der Impfstatus für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ herzustellen, unabhängig davon, ob der/die einzelne Soldat/in in einem FSME-Risikogebiet stationiert ist (32, 33).



**Tabelle 2** - Impfschema für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ mit Informationen zu Dosierung, Impfabständen und Dauer des Vollschutzes (32); ED = Einzeldosis, i.m. = intramuskulär, s.c. = subcutan, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln

Impfung	Dosierung	Impfabstände	Dauer des Vollschutzes
Diphtherie	3 ED, i.m.	Tag 0, 4 Wochen, 6-12 Monate nach der zweiten Impfung	10 Jahre
FSME	3 ED, i.m.	Encepur: Tag 0, Tag 30-90, 9-12 Monate nach der zweiten Impfung; FSME-Immun: Tag 0, Tag 21-90, 5-12 Monate nach der zweiten Impfung	3 Jahre nach Grundimmunsierung; 5 Jahre nach Auffrischung
Hep A	2 ED, i.m.	Tag 0, 6-12 Monate	25 Jahre
Hep B	3 ED, i.m.	Tag 0, 4 Wochen, 6-12 Monate nach der zweiten Impfung	10 Jahre
Influenza	1 ED, i.m.	Entfällt	1 Saison
MMR	1 ED, i.m./ s.c.	Entfällt	lebenslang
Pertussis	1 ED, i.m.	Entfällt	10 Jahre
Polio	3 ED, i.m.	Tag 0, 4 Wochen, 8 Wochen nach der zweiten Impfung	10 Jahre
Tetanus	3 ED, i.m.	Tag 0, 4 Wochen, 6-12 Monate nach der zweiten Impfung	10 Jahre

In Tabelle 2 sind die Impfungen des Impfschutzes „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ mit Informationen zu Dosierung, Impfabständen und Dauer des Vollschutzes dargestellt.

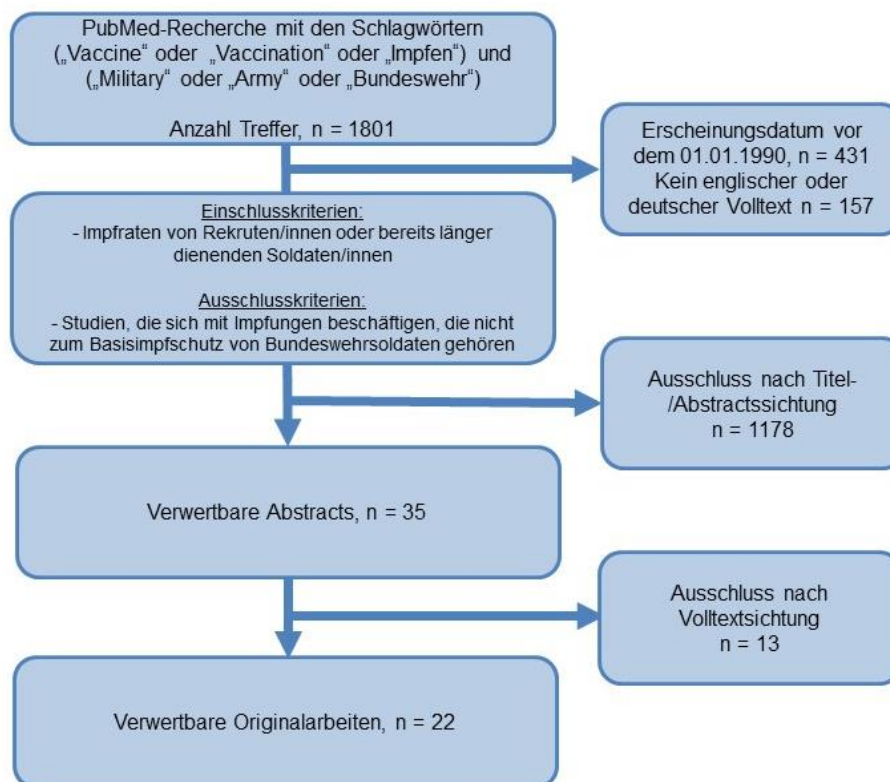
### 1.5.2 Einsatzimpfschutz von Soldaten/innen

Bei Auslandseinsätzen der Bundeswehr besteht aufgrund von abweichenden Erregerspektren, schlechteren hygienischen Bedingungen, erhöhter körperlicher Belastung und dem engen Zusammenleben eine erhöhte Übertragungswahrscheinlichkeit für infektiöse Erkrankungen (30). Daher stehen für die verschiedenen Auslandseinsätze ergänzend Impfungen gegen Tollwut, Typhus, Meningokokken, Japanische Enzephalitis (JE) und Cholera zur Verfügung. Welche Impfungen für die jeweiligen Auslandseinsätze vorgesehen sind, ist in der Zentralvorschrift A1-840/8-4000 festgelegt, wird konstant evaluiert und bei Bedarf um neue Einsatzgebiete erweitert (32). Bei Einplanung eines/einer Soldaten/in für einen Einsatz werden die noch fehlenden Impfungen mit erhöhter Dringlichkeit vervollständigt, da ohne einen ausreichenden Impfschutz keine Verlegung in den Einsatz erfolgen kann. Sofern notwendig, stehen hierzu für viele Impfungen Kurzzeitschemata zur Verfügung.

## 1.6 Impfraten von Soldaten/innen

Daten bezüglich der Impfraten von aktiven Soldaten/innen sind für Deutschland derzeit nicht verfügbar. Auch international wurden bisher hauptsächlich Untersuchungen zu Rekruten/innen und nur in geringer Anzahl zu seit längerer Zeit aktiven Soldaten/innen durchgeführt.

In einer hierzu durchgeführten systematischen Literaturübersicht (34) ließen sich 22 Studien zu Durchimpfungsraten bei militärischem Personal identifizieren (siehe Abbildung 2). Davon entstammen acht Studien den US-amerikanischen Streitkräften (35–42), sechs Studien den israelischen Streitkräften (43–48), zwei Studien den norwegischen Streitkräften (49, 50), sowie jeweils eine Studie aus Saudi-Arabien, Spanien, Thailand, Iran, Italien und Brasilien (51–56). Mit einer Ausnahme handelt es sich bei allen betrachteten Studien um Querschnitterhebungen hinsichtlich der Impfraten. Bei der Studie von Eick et al. (36) wurde hiervon abweichend eine Kohortenstudie im Zeitraum 2000 bis 2004 durchgeführt. Die hier präsentierten Impfraten dieser Kohortenstudie entstammen der Basisdatenerhebung zu Untersuchungsbeginn.



**Abbildung 2** - Flussdiagramm zur Studienselektion der systematischen Literaturübersicht zu den Durchimpfungsraten von militärischem Personal weltweit (34)

Die Anzahl der Probanden/innen lag in den gefundenen 22 Studien zwischen 180 und 32.502. Die Studienpopulation bestand hierbei vorwiegend aus Männern mit einem prozentualen Anteil zwischen 56% und 100%.

Bei 15 Studien wurden die Impfraten über die Seroprävalenz erfasst (36, 38–41, 43, 45–49, 53, 54, 56), zwei Studien führten eine Erhebung mittels Fragebogen durch (44, 51) und vier Studien kombinierten die beiden Verfahren (35, 42, 52, 55) zur Ermittlung der Impfraten.

Bei sieben Studien gab es Angaben zur Teilstreitkraft der untersuchten Probanden/innen. Bei den Studien von Balicer et al. (44), Lewis et al. (38) und Passos et al. (55) wurden Luftwaffenangehörige untersucht, bei der Studie von Smoak et al. (41) Heeresoldaten/innen und bei der Studie von Struewing et al. (42) Soldaten/innen der United States Navy bzw. des United States Marine Corps. In der Studie von Scott et al. (40) wurde die Teilstreitkraft jedes/er Teilnehmers/in erfasst und eine ergänzende Subgruppenanalyse bezüglich des Impfstatus durchgeführt. Diese zeigte keinen signifikanten Unterschied der Impfraten zwischen den einzelnen Teilstreitkräften.

Ein überwiegender Anteil der Studien wurde an Rekruten/innen durchgeführt. Lediglich bei den Studien von Al-Khashan et al. (51), Balicer et al. (44) und Hosseini Shokouh et al. (54) wurden Soldaten/innen betrachtet, die den jeweiligen Streitkräften bereits seit längerer Zeit angehören. Einzig die Studie von Al-Khashan et al. (51) erfasste die aktuelle Dienstzeit zum Zeitpunkt der Studie, diese betrug  $14,9 \pm 7,8$  Jahre.

Das Alter wurde in den gefundenen Studien in unterschiedlichen Altersgruppen zusammengefasst, was eine Vergleichbarkeit erschwert. Lediglich in sechs Studien wurden Altersgruppen definiert, die ein Alter von 30 Jahren überschritten (36–39, 51, 54). Bei den Untersuchungen mit Erfassung der Mittelwerte, lagen diese bei 19,9 bis 36,3 Jahren (41, 44, 49, 51, 52). Eine tabellarische Übersicht der hier vorgestellten Studien findet sich in Anlage 2.

**Tabelle 3 –** Impfraten von Soldaten/innen verschiedener Streitkräfte in [%] und daraus resultierender gewichteter Mittelwert für die einzelnen Impfungen. Dieser entspricht der Summe der Impfraten multipliziert mit dem Quotienten aus Anzahl n und Gesamtanzahl aller Probanden/innen, bei denen die Impfrate der jeweiligen Erkrankung erfasst wurde (34); Polio= Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B

Studie	Anzahl n	Tetanus	Diphtherie	Polio	Pertussis	Hep A	Hep B	Mumps	Masern	Röteln	Influenza
Al-Khashan, H. I. et al. (51)	2286										17,8%
Arav-Boger, R et al. (43)	533				58,6%						
Arteaga, A. et al. (52)	226	94,2%	77,4%			10,4%	78,3%				
Balicer, R. D. et al. (44)	942										48,5%
Clardy, W. F. (35)	276							83,0%	80,4%	85,5%	
Eick, A. A. et al. (36)	3000							91,6%	86,1%	94,8%	
Flugsrud, L. B. et al. (49)	1188								92,3%		
Gonwong, S et al. (53)	7760								78,5%		
Hosseini Shokouh, S.J et al. (54)	180	94,0%	77,0%								
Huerta M. et al. (45)	353							83,3%			
Kelley, P. W. et al. (37)	1547			85,4%				84,4%	79,3%	82,5%	
Levine, H. et al. 2011 (46)	441							83,7%			
Levine, H. et al. 2012 (47)	416									87,7%	
Levine, H. et al. 2015 (48)	439								85,7%		
Lewis, P.E. et al. (38)	32502							80,3%	81,6%	82,1%	
Nevin, R.L. et al. (39)	2026					12,0%					
Passos, A. M. et al. (55)	371						84,0%				
Rappuoli, R. et al. (56)	334	94,7%	77,1%								
Scott, P. T. et al. (40)	2400						31,5%				
Smoak, B. L. et al. (41)	969 (1989)							83,8%	78,7%	81,6%	
	992 (1990)							85,3%	87,5%	85,7%	
Struewing, J. P. et al. (42)	1533							87,7%	82,2%		
Vaino, K. et al. (50)	1405								89,3%		
<b>Gewichteter Mittelwert</b>		<b>94,4%</b>	<b>77,2%</b>	<b>85,4%</b>	<b>58,6%</b>	<b>11,9%</b>	<b>41,5%</b>	<b>81,8%</b>	<b>81,9%</b>	<b>83,2%</b>	<b>26,8%</b>

Die in den Studien festgestellten Impfraten (siehe Tabelle 3) lagen zwischen 10,4% und 94,7%. Die Impfraten von Tetanus (94,0 - 94,7%), Diphtherie (77,0 - 77,4%), Polio (85,4%), Mumps (80,3 - 91,6%), Masern (78,5 - 92,3%) und Röteln (81,6 - 94,8%) lagen hierbei in einem hohen Bereich. Im Mittelfeld befanden sich die Impfraten gegen Pertussis (58,6%) und Hep B (31,5 - 84,0%). In den Studien von Arteaga et al. (52) und Passos et al. (55) zeigten sich mit 78,3% bzw. 84,0% deutlich höhere Impfraten gegen Hep B als in der Studie von Scott et al. (40) mit 31,5%. Demgegenüber lagen die Impfraten von Influenza (17,8 - 48,5%) und Hep A (10,4 - 12,0%) in einem niedrigen Bereich. Bezogen auf die Teilnehmerzahlen der einzelnen Studien lagen die gewichteten Mittelwerte zwischen 11,9% gegen Hep A und 94,4% gegen Tetanus.

Ein Großteil der Studien untersuchte statistisch signifikante Abweichungen der Impfraten unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren. Die erfassten Variablen unterschieden sich hierbei von Studie zu Studie stark voneinander. Am häufigsten und einheitlichsten wurden das Alter und das Geschlecht der Probanden/innen erfasst (siehe Tabelle 4).

**Tabelle 4** - Einteilung der Variablen Alter und Geschlecht in signifikante oder nicht signifikante Einflüsse auf die Seropositivität. Soweit in den Studien vorhanden, erfolgt die Angabe des entsprechenden Wahrscheinlichkeitskoeffizienten (p) (34)

Studie	signifikante Variablen	nicht signifikante Variablen
Al-Khashan, H. I. et al. (51)		Alter (p = 0,849)
Arav-Boger, R. et al. (43)	Geschlecht (Frauen > Männer, p = 0,002)	
Arteaga, A. et al. (52)		Alter, Geschlecht
Balicer, R. D. et al. (44)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓, p = 0,001)	Geschlecht (p = 0,872)
Clardy, W. F. (35)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↑) Geschlecht (Frauen > Männer)	
Eick, A. A. et al. (36)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓, p ≤ 0,05)	Geschlecht
Flugsrud, L. B. et al. (49)		Alter (p > 0,05)
Gonwong, S. et al. (53)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓, p < 0,05)	
Hosseini Shokouh, S. J. et al. (54)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓, bei Tetanus p < 0,01, bei Diphtherie p = 0,047) Geschlecht (Männer > Frauen, p = 0,049 bei Diphtherie)	Geschlecht bei Tetanus
Huerta, M. et al. (45)		Geschlecht (p = 0,13)
Kelley, P. W. et al. (37)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓, p = 0,005) Geschlecht (Frauen > Männer)	
Levine, H. et al. 2011 (46)		Alter (p = 0,18) Geschlecht (p = 0,31)
Levine, H. et al. 2012 (47)	Frauen > Männer (p < 0,01)	
Levine, H. et al. 2015 (48)		Geschlecht
Lewis, P. E. et al. (38)	Alter bei Masern (Alter↑ → Seropositivität↓, p < 0,001), Alter bei Mumps/Röteln (Alter↑ → Seropositivität↑, p = 0,002) Geschlecht (Frauen > Männer, p < 0,001)	
Nevin, R. L. et al. (39)	Alter (p = 0,015)	Geschlecht
Passos, A. M. et al. (55)	Alter (p = 0,035)	
Rappuoli, R. et al. (56)		
Scott, P. T. et al. (40)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓, p > 0,01) Geschlecht (Frauen > Männer, p > 0,01)	
Smoak, B. L. et al. (41)	Alter (Alter↑ → Seropositivität↓) Geschlecht (Frauen > Männer)	
Struewing, J. P. et al. (42)	Alter Masern/Mumps bei Frauen (Alter↑ → Seropositivität↓, p < 0,05)	Alter Masern/Mumps bei Männern
Vaino, K. et al. (50)		Geschlecht

Hinsichtlich eines höheren Alters zeigte sich in sieben Studien eine signifikant ( $p < 0,05$ ) niedrigere Seropositivität (36, 40–42, 44, 53, 54). In der Studie von Clardy et al. (35) wurde eine höhere Seropositivität in höherem Alter festgestellt und bei Lewis et al. (38) zeigten sich gegensätzliche Ergebnisse für Mumps und Röteln gegenüber Masern. In vier weiteren Studien war der Einfluss des Alters nicht signifikant (46, 49, 51, 52). Das Geschlecht erwies sich in acht Studien als signifikanter Einflussfaktor. Dabei war die Seropositivität bei den Frauen in sieben Studien höher als bei den Männern (35, 37, 38, 40, 41, 43, 47). Lediglich in der Studie von Hosseini Shokouh et al. (54) zeigten sich die Männer signifikant besser gegen Diphtherie geimpft als die Frauen. In den übrigen neun Studien war der Einfluss des Geschlechts nicht signifikant (36, 39, 44–46, 48, 50, 52, 54).

Als weitere Variablen in den Studien wurden beispielweise Dienstgrad, Teilstreitkraft, Bildung, Einkommen, Herkunftsland/-region, Hautfarbe oder ethnischer Hintergrund definiert. Diese Variablen wurden aufgrund ihrer Uneinheitlichkeit in der Auswertung nicht weiter berücksichtigt.

## **1.7 Strategien zur Steigerung von Impfraten**

Um Impfmängel zu beseitigen, sind verschiedene Strategien zur Steigerung der Impfraten denkbar. In einer systematischen Übersichtsarbeit werteten Jarrett et al. die Forschungslage zur Wirksamkeit der verschiedenen Strategien aus (57). Am effektivsten stellten sich die aus mehreren Strategien kombinierten Interventionen heraus. Von den Einzelinterventionen waren jene am erfolgreichsten, die sich direkt an Personen mit unvollständigem Impfschutz richteten. Gefolgt wurden sie von jenen, die das Wissen und die Aufmerksamkeit zum Thema Impfen betrafen. Anschließend folgten Interventionen, die den Zugang zu Impfungen erleichterten und bestimmte Bevölkerungsgruppen adressierten. Auch die Belohnung von Geimpften und Sanktionierung von Ungeimpften, sowie die öffentliche Unterstützung durch religiöse oder andere einflussreiche Anführer zeigten einen Effekt.

Eine weitere Übersichtsarbeit von Jacobson Vann et al. untersuchte ebenfalls unterschiedliche Interventionsstrategien zur Steigerung von Impfraten (58). Hierbei erwiesen sich Reminder-basierte Systeme mit einer mittleren Steigerung der Impfraten um acht Prozentpunkte am effektivsten.

## 1.8 Allgemeine Fragestellung

Innerhalb der deutschen Zivilbevölkerung zeigen sich teilweise deutliche Mängel beim Impfschutz der von der STIKO empfohlenen Impfungen. Gleiches gilt für die Berufsgruppe von Militärangehörigen, wenngleich die Datenlage weltweit ausbaufähig ist und zu den Impfdaten von Bundeswehrsoldaten/innen keine Daten vorliegen. Ziel der Studie ist es daher die Impfdaten von Rekruten/innen bei Eintritt in die Bundeswehr und von aktiven Bundeswehrsoldaten/innen zu erfassen. Ergänzend soll die Wirksamkeit eines automatisierten Remindersystems mit dem derzeit etablierten Verfahren zur Impfüberwachung der Bundeswehr zu verglichen werden.

## 1.9 Spezielle Fragestellung und Arbeitshypothesen

Um diese Fragen zu beantworten werden folgende Hypothesen aufgestellt:

- 1) Die Impfdaten von Rekruten/innen bei Eintritt in die Bundeswehr liegen in einem ähnlichen Bereich wie für eine altersentsprechende Bevölkerungsgruppe (Daten aus der Literatur entnommen).
- 2) Bereits im Militärdienst befindliche aktive Soldaten/innen erfüllen die Vorgaben der Zentralvorschrift A1-840/8-4000, die einen vollständigen Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ vorsieht, nicht.
- 3) Ein EDV-basiertes Remindersystem mit persönlichem Anschreiben erzielt in einem randomisierten kontrollierten Kohortenstudien-Design über zwölf Monate bei aktiven Soldaten/innen eine höhere Durchimpfungsrate des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“, als die konventionelle Impfüberwachung durch die Disziplinarvorgesetzten oder Dienststellenleiter/innen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Erfassung des Impfbedarfs bei Rekruten/innen der Bundeswehr

#### 2.1.1 Studienpopulation

Für die querschnittliche Erfassung des Impfschutzes von Rekruten/innen bei Eintritt in die Bundeswehr, wurden alle Rekruten/innen der Ausbildungsunterstützungskompanie (AUKp) der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) in Rotenburg (Wümme), Niedersachsen aus den Quartalen II. - IV. des Kalenderjahrs 2016 angesprochen ( $n = 247$ ). Die Rekruten/innen haben ihre Tätigkeit zum 04. April 2016 (II. Quartal), zum 01. August 2016 (III. Quartal) und zum 01. November 2016 (IV. Quartal) begonnen. Bei Erstvorstellung im Sanitätsversorgungszentrum (SanVersZ) Rotenburg (Wümme) wurde eine Einwilligungserklärung zur freiwilligen Teilnahme an der Studie ausgeteilt und von allen Rekruten/innen unterschrieben (Teilnahmequote: 100%). Die Impfbuchabgabe im SanVersZ Rotenburg (Wümme) erfolgte jeweils bis eine Woche nach Tätigkeitsbeginn. Erforderliche Impfungen gegen Tetanus, Diphtherie, Polio und Pertussis (TdPP), sowie Influenza erfolgten in der zweiten Woche nach Tätigkeitsbeginn. Eine schematische Darstellung des Vorgehens findet sich in Abbildung 3.



**Abbildung 3** - Schema zum Ablauf der Ersterhebung des Impfstatus von Rekruten/innen beim Eintritt in die Bundeswehr



## 2.1.2 Ziel- und Einflussgrößen

Die Erfassung des Impfstatus bei Eintritt in die Bundeswehr erfolgte nach Abgabe der Einwilligungserklärung und des Impfbuchs, jedoch vor dem ersten Impfen der Rekruten/innen. Rekruten/innen, die bis zum ersten Impftermin kein Impfbuch abgegeben haben, wurden gemäß den STIKO- und Bundeswehr-Vorgaben als vollständig ungeimpft klassifiziert (19, 32).

Name	4	Mustermann	Kompanie	3./91	Rekrut	
Vorname		Max	Dienstgrad	OG	Aufklärung unterschr.	ja
Geschlecht		männlich	Gruppe	2	Einsatzoption	
Geburtsdatum		22.03.1991	<input type="checkbox"/> Soldat nicht mehr am Standort		Versetzt:	Entlassen:

Tet./Diph./Polio/Pert.	Hep. A/B	MMR	FSME	Influenza	Gelbfieber	Typhus	Menigokokken	Jap. Enz.	Tollwut	Cholera																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TETANUS</th> <th colspan="2">DIPHTHERIE</th> <th colspan="2">POLIOMYELITIS</th> <th colspan="2">PERTUSSIS</th> </tr> <tr> <th>Grundim.*</th> <th>nein</th> <th>Grundim.*</th> <th>nein</th> <th>Grundim.*</th> <th>nein</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>28.06.1991</td> <td>1.</td> <td>28.06.1991</td> <td>1.</td> <td>28.06.1991</td> <td>1.</td> <td>01.06.2004</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>02.09.1991</td> <td>2.</td> <td>02.09.1991</td> <td>2.</td> <td>02.09.1991</td> <td>2.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>25.06.1992</td> <td>3.</td> <td>25.06.1992</td> <td>3.</td> <td>25.06.1992</td> <td>3.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>04.03.1998</td> <td>4.</td> <td>04.03.1998</td> <td>4.</td> <td>07.07.2001</td> <td>4.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>01.06.2004</td> <td>5.</td> <td>01.06.2004</td> <td>5.</td> <td>01.06.2004</td> <td>5.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.</td> <td>14.02.2011</td> <td>6.</td> <td></td> <td>6.</td> <td></td> <td>6.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.</td> <td></td> <td>7.</td> <td></td> <td>7.</td> <td></td> <td>7.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.</td> <td></td> <td>8.</td> <td></td> <td>8.</td> <td></td> <td>8.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VS</td> <td>14.02.2021</td> <td>VS</td> <td>01.06.2014</td> <td>VS</td> <td>01.06.2014</td> <td>VS</td> <td>01.06.2014</td> </tr> <tr> <td colspan="2">VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre</td> <td colspan="2">VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre</td> <td colspan="2">VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre</td> <td colspan="2">VS nach Erstimpfung bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre</td> </tr> </tbody> </table>											TETANUS		DIPHTHERIE		POLIOMYELITIS		PERTUSSIS		Grundim.*	nein	Grundim.*	nein	Grundim.*	nein			1.	28.06.1991	1.	28.06.1991	1.	28.06.1991	1.	01.06.2004	2.	02.09.1991	2.	02.09.1991	2.	02.09.1991	2.		3.	25.06.1992	3.	25.06.1992	3.	25.06.1992	3.		4.	04.03.1998	4.	04.03.1998	4.	07.07.2001	4.		5.	01.06.2004	5.	01.06.2004	5.	01.06.2004	5.		6.	14.02.2011	6.		6.		6.		7.		7.		7.		7.		8.		8.		8.		8.		VS	14.02.2021	VS	01.06.2014	VS	01.06.2014	VS	01.06.2014	VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre		VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre		VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre		VS nach Erstimpfung bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre	
TETANUS		DIPHTHERIE		POLIOMYELITIS		PERTUSSIS																																																																																																				
Grundim.*	nein	Grundim.*	nein	Grundim.*	nein																																																																																																					
1.	28.06.1991	1.	28.06.1991	1.	28.06.1991	1.	01.06.2004																																																																																																			
2.	02.09.1991	2.	02.09.1991	2.	02.09.1991	2.																																																																																																				
3.	25.06.1992	3.	25.06.1992	3.	25.06.1992	3.																																																																																																				
4.	04.03.1998	4.	04.03.1998	4.	07.07.2001	4.																																																																																																				
5.	01.06.2004	5.	01.06.2004	5.	01.06.2004	5.																																																																																																				
6.	14.02.2011	6.		6.		6.																																																																																																				
7.		7.		7.		7.																																																																																																				
8.		8.		8.		8.																																																																																																				
VS	14.02.2021	VS	01.06.2014	VS	01.06.2014	VS	01.06.2014																																																																																																			
VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre		VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre		VS nach 3 Impfungen bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre		VS nach Erstimpfung bzw. Auffrischimpfung: +10 Jahre																																																																																																				

**Abbildung 4** - Eingabemaske der Microsoft-Access-Datenbank mit den persönlichen Daten des/der Rekruten/in sowie beispielhafte Impfdaten für Tetanus, Diphtherie, Polio und Pertussis mit Angabe des jeweiligen Vollschutzes; Tet.= Tetanus, Diph.= Diphtherie, Polio= Poliomyelitis, Pert.= Pertussis, Hep A= Hepatitis A, Hep B= Hepatitis B, MMR= Masern-Mumps-Röteln, FSME= Frühsommermeningoenzephalitis, Jap. Enz.= Japanische Enzephalitis, VS= Vollschutz

Pro Datensatz wurden Name, Vorname, Geschlecht und Geburtsdatum in einer Microsoft-Access-Datenbank Version 2013 für Microsoft Windows (Redmond, Washington, USA) erfasst. Das Geschlecht und das Alter waren hierbei als statistische Variablen für die weitere Auswertung vorgesehen. Für jede/n Rekruten/in wurden alle dokumentierten Impfungen gegen Tetanus, Diphtherie, Polio, Pertussis, Hep A, Hep B, FSME, MMR, Influenza, Influenza Subtyp H1N1 (Saison 2009/10), Meningokokken, Typhus, Tollwut, JE und Cholera aus dem Impfbuch in die Datenbank übertragen (siehe Abbildung 4). Insofern in einigen Fällen eine Grundimmunisierung aus einem alten Impfbuch übertragen wurde, ohne dass die exakten Impfdaten vorlagen, erfolgte eine Aktivierung des Datenfeldes Grundimmunisierung (ja/-nein-Auswahl). Anschließend wurde berechnet,

bis zu welchem Datum ein Vollschutz nach der Zentralvorschrift A1-840/8-4000 für die einzelnen Erkrankungen besteht oder bestand (32).

Für die Auswertung wurden nur die Impfungen der Basisimmunisierung (Tetanus, Diphtherie, Polio, Pertussis, Hep A, Hep B, MMR und Influenza) betrachtet. Influenza wurde im Weiteren von der Auswertung ausgeschlossen, da aufgrund des jährlich ablaufenden Impfschutzes große Schwankungen zwischen den Quartalen zu erwarten waren. Durch das Ausfüllen eines Microsoft-Access-Formulars wurde als dichotome Zielgröße für die Auswertung festgehalten, ob bei Eintritt in die Bundeswehr ein Vollschutz vorlag (siehe Anlage 4).

### **2.1.3 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte nach vorheriger Anonymisierung der Daten mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 24.0 für Microsoft Windows (SPSS Inc., IL, USA).

Die deskriptive Datenanalyse bestand aus der Ermittlung von absoluter Häufigkeit des Geschlechts sowie Ermittlung des Alters zum Untersuchungszeitpunkt. Für das Alter der Rekruten/innen erfolgte die Überprüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test. Da keine Normalverteilung vorlag, wurden Median und Interquartilsabstand (IQR) bestimmt und ein Kruskal-Wallis-Test zur Prüfung der Unabhängigkeit des Alters vom zugehörigen Quartal (II./2016, III./2016, IV./2016) durchgeführt. Das Vorliegen eines Impfschutzes gegen die einzelnen Erkrankungen wurde mittels absoluter und relativer Häufigkeiten für die Gesamtheit der Rekruten/innen, sowie differenziert für die einzelnen Quartale ermittelt. Für die Impfraten erfolgte anschließend die Überprüfung auf Unabhängigkeit vom Quartal (II./2016, III./2016, IV./2016) in einer bivariaten Analyse mittels Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson. Für die einzelnen Impfungen wurden ergänzend die absoluten und relativen Häufigkeiten für das Vorliegen einer Grundimmunisierung oder Erstimpfung bei gleichzeitig abgelaufenem Impfschutz ermittelt. Auch hier erfolgte die Überprüfung auf Unabhängigkeit vom Quartal (II./2016, III./2016, IV./2016) in einer bivariaten Analyse mittels Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson.

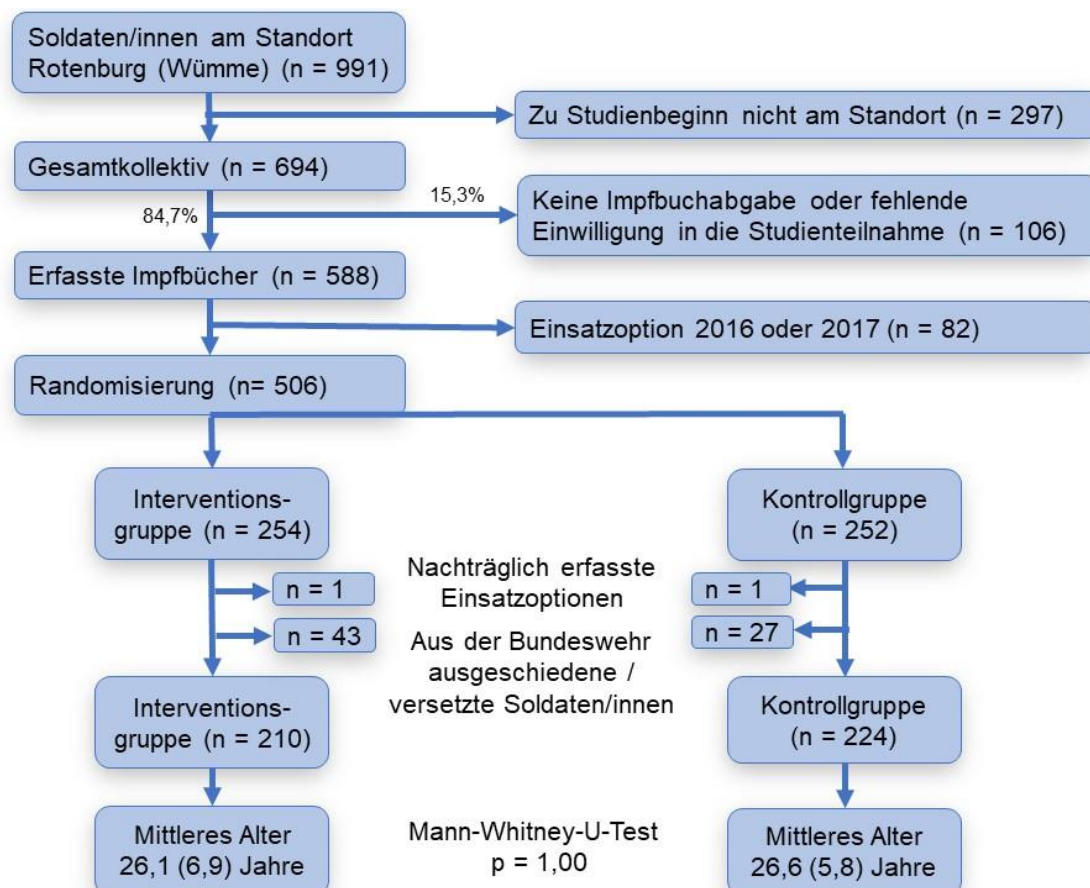
Es wurde für alle statistischen Tests ein Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  festgelegt.

## 2.2 Erfassung der Wirksamkeit von individualisierten Remindern auf den Impfstatus von Bundeswehrosoldaten/innen

Als Studiendesign wurde eine randomisierte kontrollierte zwölfmonatige Interventionsstudie mit zwei Gruppen (Interventions- und Kontrollgruppe) sowie fünf Erhebungszeitpunkten im Jahr 2016 und 2017 gewählt.

### 2.2.1 Studienpopulation

Die Studienpopulation bestand aus allen aktiven Soldaten/innen der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) in Rotenburg (Wümme), Niedersachsen. Am Standort waren zur Zeit der Studie das Jägerbataillon 91 mit fünf Kompanien, einem Stab und einer AUKp sowie die 3. Kompanie des Versorgungsbataillon 141 und die Soldaten/innen des SanVersZ Rotenburg (Wümme) stationiert (Gesamtzahl: 991 Soldaten/innen).



**Abbildung 5** – Flussdiagramm zu den Probanden/innenzahlen n unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien. Anschließend erfolgte die Randomisierung der Probanden/innen und Bestimmung des Alters (Median (IQR))

Zu Studienbeginn waren aufgrund verschiedener Ursachen (Lehrgänge, Auslandseinsätze, Urlaub, etc.) lediglich 694 Soldaten/innen am Standort anwesend. Primär eingeschlossen wurden alle, die ihr Impfbuch und die Einwilligungserklärung bis zum Studienbeginn abgegeben haben ( $n = 588$ , Responserate 84,7%). Auf die Möglichkeit zur Teilnahme an der Studie wurden sie über ihre Einheitsführer/innen hingewiesen. Ausgeschlossen wurden nach dem primären Einschluss alle Soldaten/innen, für die im Jahr 2016 oder 2017 ein Auslandseinsatz geplant war ( $n = 82$ ). Somit verblieben anschließend 506 an der Studie teilnehmende Probanden/innen, welche randomisiert abwechselnd der Gruppe 1 (Interventionsgruppe) und Gruppe 2 (Kontrollgruppe) zugeordnet wurden (siehe Abbildung 5). Probanden/innen, die während des Studienzeitraumes für einen zu Studienbeginn noch nicht bekannten Auslandseinsatz eingeplant wurden ( $n = 2$ ), wurden unabhängig von der initialen Zuordnung zu einer der beiden Gruppen von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Dies erfolgte, da bei Einplanung für einen Auslandseinsatz die entsprechenden Impfungen mit höherer Dringlichkeit vollzogen werden, woraufhin diese Probanden/innen innerhalb kurzer Zeit alle notwendigen Impfungen erhalten. Ferner wurden Probanden/innen, die während der Studienlaufzeit versetzt wurden oder aus der Bundeswehr ausgeschieden sind ( $n = 70$ ), in der Analyse zunächst nicht betrachtet. Es verblieben damit 210 Probanden/innen in der Interventions- und 224 Probanden/innen in der Kontrollgruppe.

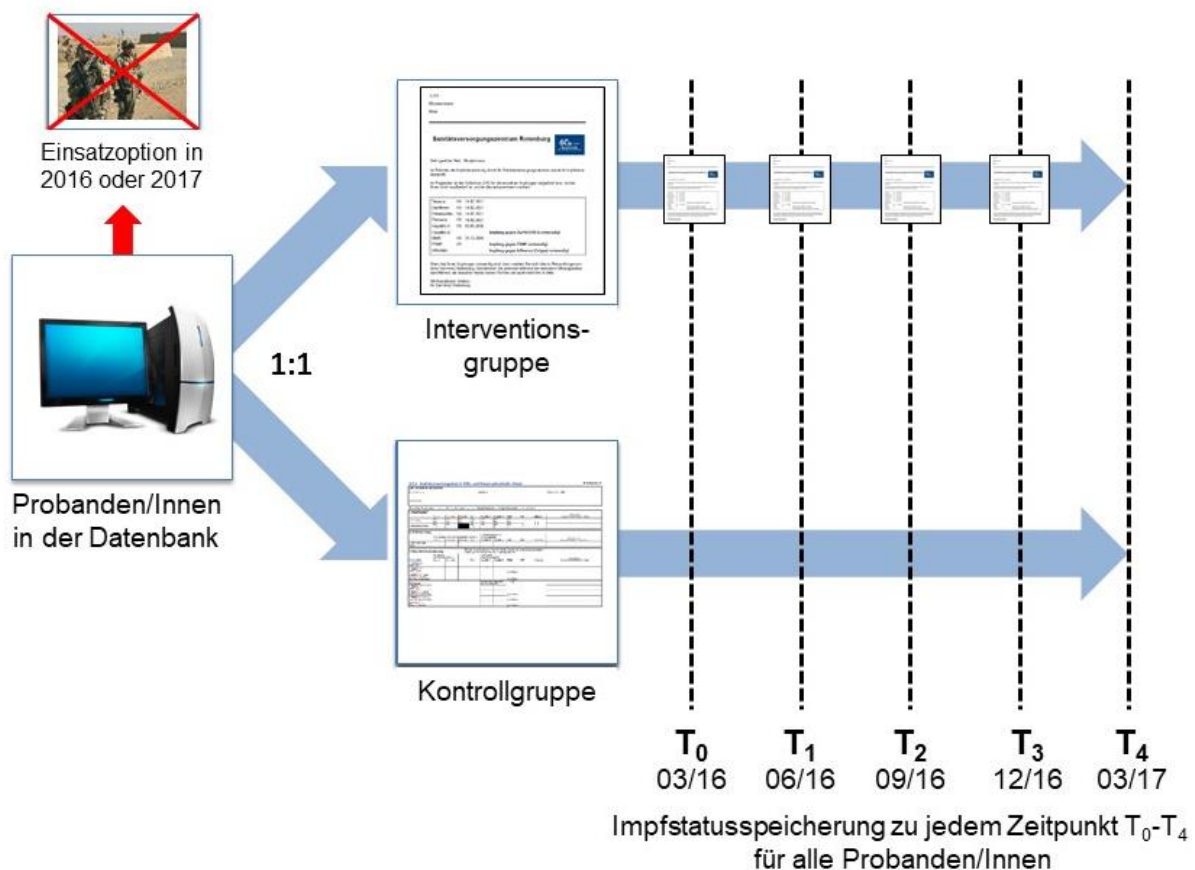
### **2.2.2 Ziel- und Einflussgrößen**

In der Datenbank wurden pro Datensatz Name, Vorname, Geschlecht, Geburtsdatum, Einheit sowie für die Jahre 2016 und 2017 geplante Auslandseinsätze erfasst. Für jede/n Probanden/in wurden alle dokumentierten Impfungen gegen Tetanus, Diphtherie, Polio, Pertussis, Hep A, Hep B, FSME, MMR, Influenza, Influenza Subtyp H1N1 (Saison 2009/10), Meningokokken, Typhus, Tollwut, JE und Cholera aus dem Impfbuch in die Datenbank übertragen. Insofern in einigen Fällen eine Grundimmunisierung aus einem alten Impfbuch übertragen wurde, ohne dass die exakten Impfdaten vorlagen, erfolgte eine Aktivierung des Datenfeldes Grundimmunisierung (ja-/nein-Auswahl). Anschließend wurde berechnet, bis zu welchem Datum ein Vollschutz nach der Zentralvorschrift A1-840/8-4000 (32) für die einzelnen Erkrankungen besteht oder bestand (siehe Abbildung 4 auf Seite 17).

Im Studienzeitraum wurden anschließend alle im Behandlungszimmer des SanVersZ Rotenburg (Wümme) durchgeführten Impfungen dokumentiert und das neu geltende Vollschutzdatum ergänzt. Impfungen im SanVersZ Rotenburg (Wümme) waren ohne Voranmeldung montags, dienstags und donnerstags jeweils von 10:00 bis 15:30 Uhr sowie außerhalb dieser Zeiten mit Voranmeldung für größere Gruppen möglich.

Jeweils zum 01. März 2016 ( $T_0$ ), 01. Juni 2016 ( $T_1$ ), 01. September 2016 ( $T_2$ ), 01. Dezember 2016 ( $T_3$ ) und zum Ende der Datenerhebung am 01. März 2017 ( $T_4$ ) wurde anhand eines Microsoft Access-Formulars in der Datenbank festgehalten, ob zum jeweiligen Zeitpunkt ein Impfschutz gegen die einzelnen Erkrankungen vorlag (siehe Anlage 4).

### 2.2.3 Intervention



**Abbildung 6** - Schematische Darstellung der Randomisierung und Datenerfassung zu den Zeitpunkten  $T_0$  -  $T_4$  (zur vergrößerten Ansicht eines Beispiel-Reminders und des Impfüberwachungsdatenblatts siehe Anlage 3 und 5)

Die Probanden/innen der Interventionsgruppe erhielten alle drei Monate einen individualisierten Reminder (siehe Anlage 3), der sie über fehlende Impfungen des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ informieren sollte. Die Reminder wurden zu den Zeitpunkten  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ , und  $T_3$  persönlich an die teilnehmenden Soldaten/innen an die jeweilige Dienstadresse verschickt. Die Probanden/innen der Kontrollgruppe wurden wie bisher über die Impfbeauftragten der Einheiten betreut, sie erhielten keine Reminder. Hierzu wurde durch die Einheiten das jeweils passende Impfüberwachungsblatt verwendet (siehe Anlage 5). Eine schematische Darstellung dieses Vorgehens wird in Abbildung 6 vorgestellt.

### **2.2.4 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte nach vorheriger Anonymisierung der Daten mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 24.0 für Microsoft Windows (SPSS Inc., IL, USA).

Zur Beschreibung der Kohorte wurde die absolute und relative Häufigkeit des Geschlechts (männlich/weiblich) bestimmt und die Unabhängigkeit in einer bivariaten Analyse mit den Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson überprüft. Die Zugehörigkeit der Probanden/innen zu den jeweiligen Einheiten der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) Rotenburg (Wümme) wurde mittels absoluter Häufigkeiten dargestellt. Das Alter der Probanden/innen (errechnet aus dem Geburtsdatum zum Zeitpunkt  $T_0$ ) wurde nach Überprüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov Test mit Median und IQR beschrieben. Für das Alter erfolgte anschließend die Überprüfung auf Unabhängigkeit mittels Mann-Whitney-U-Test.

Die Impfquoten zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten wurden als relative Häufigkeiten dargestellt und die absolute Veränderung in [%] zwischen  $T_0$  und  $T_4$  berechnet. Für das Vorliegen eines Impfschutzes gegen die einzelnen Erkrankungen zum Zeitpunkt  $T_0$  erfolgte anschließend die Prüfung auf Unabhängigkeit der Gruppen in einer bivariaten Analyse mit dem Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson. Ein gleiches Vorgehen wurde für das Vorliegen des vollständigen Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ gewählt. Im Anschluss wurde dargestellt, welcher prozentuale Anteil der Probanden/innen zu den Zeitpunkten  $T_0$  und  $T_4$  eine bestimmte Anzahl an vollständigen Impfungen vorweisen konnte.

Des Weiteren wurde ein Friedman-Test angewandt, um zu überprüfen, ob sich die Impfraten im Zeitverlauf von  $T_0$  bis  $T_4$  signifikant erhöht haben. Dieser Test wurde durch den Wilcoxon-Test ergänzt, um zu bestimmen, zwischen welchen Zeitpunkten die Unterschiede jeweils signifikant waren.

Im Anschluss wurde ergänzend eine Intention-to-treat-Analyse unter Einschluss aller während der Studienlaufzeit versetzten oder entlassenen Soldaten/innen durchgeführt. Hierbei kamen dieselben statistischen Tests zum Einsatz, die zuvor bei der initialen Datenanalyse verwendet wurden.

Das Signifikanzniveau wurde für alle statistischen Tests auf  $p < 0,05$  festgelegt.

## **2.3 Datenschutzkonzept**

Innerhalb der Studie wurden personenbezogene Daten gemäß § 3 Abs. 9 Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) erfasst, die der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen. Die Rohdaten aus den Impfbüchern wurden nach vorheriger Aufklärung und Einwilligung in die Datenbank eingepflegt. Diese befand sich auf einem dienstlich bereitgestellten Laptop ohne Verbindung zum Intra- und Internet mit namentlich festgelegter Zugriffsberechtigung. Sicherungskopien wurden regelmäßig auf einem verschlüsselten USB-Stick erstellt. Der Ausdruck der Reminder für die Interventionsgruppe erfolgte mit einem USB-Drucker ohne Netzwerkanbindung. Der Versand erfolgte mittels Hauspost und die einzelnen Reminder waren an die betroffenen Soldaten/innen persönlich adressiert. Zur Auswertung wurde die Impfdatenbank anonymisiert.

## **2.4 Votum Ethikkommission / Forschungsgenehmigung**

Die Zustimmung der Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wurde am 23. November 2015, nach Erörterung in der Kommissionssitzung, unter dem Zeichen 149/15 erteilt. Ein separates Votum der Ärztekammer Niedersachsen ist gemäß § 2 Abs. 2 der Satzung für die Ethikkommission bei der Ärztekammer Niedersachsen nicht erforderlich.

Ferner wurde die Studie vom Wissenschaftsmanagement des Sanitätsdienstes der Bundeswehr begutachtet und unter der Forschungsnummer 05KS-S-50 1617 am 18. September 2015 genehmigt.



### 3. Ergebnisse

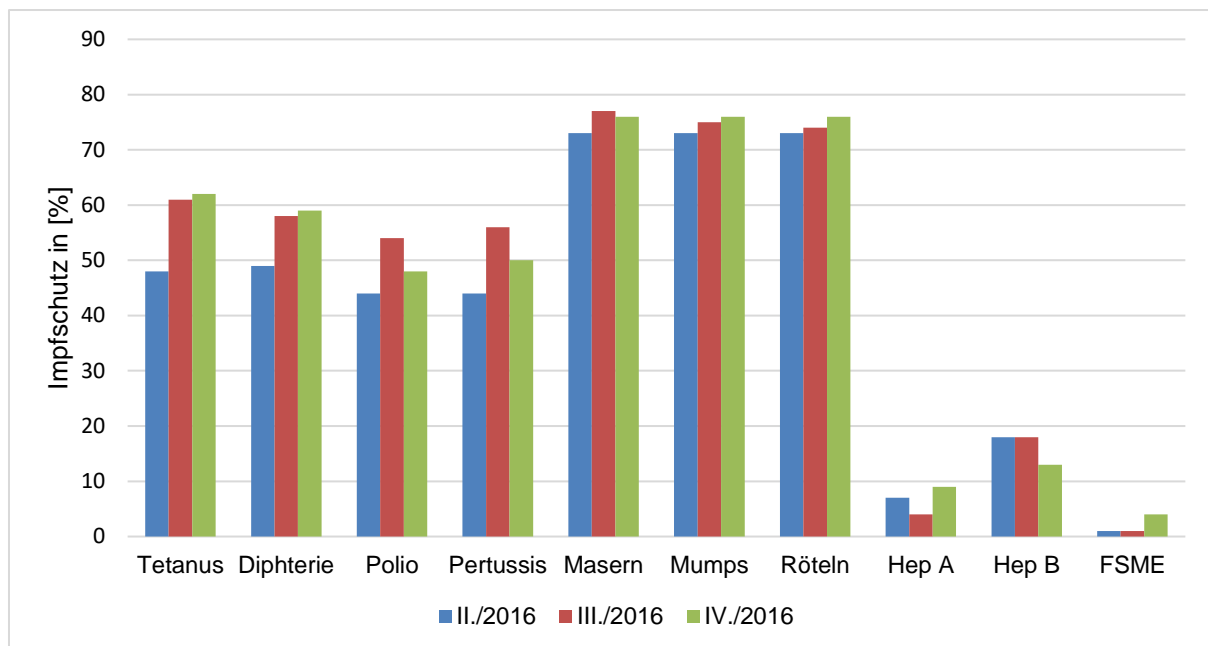
#### 3.1 Erfassung des Impfbedarfs von Rekruten/innen der Bundeswehr

Die Impfdokumentation von 247 Rekruten/innen aus drei Quartalen wurden ausgewertet, wobei pro Quartal zwischen 20,2% und 28,2% der Rekruten/innen kein Impfbuch abgegeben haben. Diese Rekruten/innen wurden im weiteren Verlauf gemäß der STIKO- und Bundeswehr-Vorgaben als nicht-geimpft klassifiziert (19, 32). Im Quartal II./2016 waren keine und in den beiden folgenden Quartalen jeweils nur zwei Frauen unter den Rekruten/innen, sodass aufgrund der geringen Häufigkeiten auf eine geschlechterspezifische Subgruppenanalyse verzichtet wurde.

**Tabelle 5** - Zusammensetzung der Quartale mit Angabe des Alters (Median (IQR)), des Geschlechts und des Vorhandenseins eines Impfbuches. Zudem erfolgte die Prüfung auf Unabhängigkeit des Alters mittels Kruskal-Wallis-Test

	II./2016	III./2016	IV./2016	Gesamt	Kruskal-Wallis-Test
Gesamt (n)	85	84	78	247	
Weiblich	0	2	2	4	
Männlich	85	82	76	243	
Alter [Jahre]	20,8 (3,4)	20,3 (3,4)	19,7 (3,1)	20,3 (3,5)	0,009
Ohne Impfbuch (n)	24	17	16	57	
Ohne Impfbuch [%]	28,2	20,2	20,5	23,1	

Das mediane Alter der Rekruten/innen lag über alle Quartale bei 20,3 (3,5) Jahren. Hinsichtlich des Alters unterschieden sich die drei Quartale im Kruskal-Wallis-Test signifikant ( $p = 0,009$ ). Das Herbstquartal (IV./2016) stellte das jüngste dar (siehe Tabelle 5).



**Abbildung 7** - Grafische Darstellung der Impfraten für die einzelnen Erkrankungen der erfassten Quartale in [%]; Polio = Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis

Wie in Abbildung 7 dargestellt, lagen die Impfraten der Rekruten/innen zwischen durchschnittlich 2,0% gegen FSME und 75,3% gegen Masern. Nach FSME zeigten sich auch bei Hep A mit 6,5% und gegen Hep B mit 16,2% niedrige Vollschutzraten. Für die Impfungen Tetanus, Diphtherie und Polio lagen Impfraten von 48,2 bis 56,8% vor. Bei Mumps und Röteln war die Impfrate mit 74,5% bzw. 74,1% minimal geringer als die Masernimpfrate mit 75,3%. Wie in Tabelle 6 abgebildet, zeigten sich im Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson über alle Quartale keine signifikanten Unterschiede im vorliegenden Impfschutz gegen die einzelnen Erkrankungen ( $p > 0,05$ ).

**Tabelle 6** - Absoluter und relativer Impfschutz gegen die Erkrankungen des Impfschemas für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ der untersuchten Quartale und der Gesamtkohorte, sowie Prüfung auf Unabhängigkeit der Quartale mittels Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson; Polio = Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis

	II./2016	III./2016	IV./2016	Gesamt	Chi <sup>2</sup> -Test (2-seitig)	
Impfschutz n [%]	Tetanus	41 (48,2%)	51 (60,7%)	48 (61,5%)	140 (56,7%)	0,151
	Diphtherie	42 (49,4%)	49 (58,3%)	46 (59,0%)	137 (55,5%)	0,381
	Polio	37 (43,5%)	45 (53,6%)	37 (47,4%)	119 (48,2%)	0,421
	Pertussis	37 (43,5%)	47 (56,0%)	39 (50,0%)	123 (49,8%)	0,271
	Masern	62 (72,9%)	65 (77,4%)	59 (75,6%)	186 (75,3%)	0,797
	Mumps	62 (72,9%)	63 (75,0%)	59 (75,6%)	184 (74,5%)	0,917
	Röteln	62 (72,9%)	62 (73,8%)	59 (75,6%)	183 (74,1%)	0,923
	Hep A	6 ( 7,1%)	3 ( 3,6%)	7 ( 9,0%)	16 ( 6,5%)	0,364
	Hep B	15 (17,6%)	15 (17,9%)	10 (12,8%)	40 (16,2%)	0,620
	FSME	1 ( 1,2%)	1 ( 1,2%)	3 ( 3,8%)	5 ( 2,0%)	0,385

Tabelle 7 zeigt eine Auswertung der Impfbücher hinsichtlich einer erfolgten Grundimmunisierung (Tetanus, Diphtherie, Polio, Hep A, Hep B und FSME) oder einer erfolgten Erstimpfung (Pertussis), bei denen der Vollschutz bei Eintritt in die Bundeswehr abgelaufen war. Die niedrigsten Grundimmunisierungsraten zeigten sich bei Hep A bzw. FSME mit lediglich geringen einstelligen Prozentzahlen. Für die übrigen Impfungen waren deutlich höhere Raten abgelaufener Grundimmunisierungen zu finden. Diese lagen zwischen 19,8% (Diphtherie) bis 50,2% (Hep B) über alle Quartale. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Quartalen waren für keine der Impfungen signifikant ( $p > 0,005$ ).

**Tabelle 7** - Anzahl von Rekruten/innen der untersuchten Quartale und der Gesamtkohorte mit absoluter und relativer Angabe derjenigen mit erfolgter Grundimmunisierung oder Erstimpfung und bei Eintritt in die Bundeswehr abgelaufenem Impfschutz; Polio = Poliomyelitis, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis

		II./2016	III./2016	IV./2016	Gesamt	Chi <sup>2</sup> -Test (2-seitig)
n (Gesamt)		85	84	78	247	
n [%]	Tetanus	20 (23,5%)	13 (15,5%)	14 (17,9%)	47 (19,0%)	0,394
	Diphtherie	19 (22,4%)	14 (16,7%)	16 (20,5%)	49 (19,8%)	0,640
	Polio	23 (27,1%)	19 (22,6%)	25 (32,1%)	67 (27,1%)	0,402
	Pertussis	21 (24,7%)	16 (19,0%)	23 (29,5%)	60 (24,3%)	0,300
	Hep A	0 (0,0%)	1 (1,2%)	0 (0,0%)	1 (0,4%)	0,378
	Hep B	35 (41,2%)	44 (52,4%)	45 (57,7%)	124 (50,2%)	0,096
	FSME	6 (7,1%)	6 (7,1%)	8 (10,3%)	20 (8,1%)	0,700

### 3.1.1 Vergleich der Impfraten von Rekruten/innen der Bundeswehr mit Impfraten der deutschen Zivilbevölkerung

Im Vergleich der Rekruten/innen der Quartale II.-IV./2016 mit der in den Kapiteln 1.3.1 und 1.3.2 vorgestellten Literatur zur deutschen Zivilbevölkerung, zeigen sich für die verschiedenen Impfungen divergierende Ergebnisse. Ein Vergleich der Impfraten wird in Tabelle 8 dargestellt. Für die Grundimmunisierungen waren die bei Rekruten/innen gefundenen Impfraten mit Ausnahme von Hep B niedriger als in der Vergleichsliteratur. Besonders bei Tetanus, Diphtherie, Polio und Hep A war der Unterschied zwischen den Rekruten/innen und der Zivilbevölkerung mit fast 20% besonders hoch. Bei Hep B besaßen unter den Rekruten/innen etwa 10% mehr eine Grundimmunisierung als bei Bader et al. (25). Ebenso wie bei den Grundimmunisierungen, waren für Tetanus und

Diphtherie auch die Raten eines aktuellen Impfschutzes bei den Rekruten/innen deutlich niedriger als entsprechende Angaben aus der Literatur. Im Gegensatz dazu war der Impfschutz gegen Pertussis bei Rekruten/innen deutlich höher als dies in der Literatur beschrieben ist.

**Tabelle 8** - Darstellung der Impf- und Grundimmunisierungsraten von Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis (Polio), Pertussis, Masern-Mumps-Röteln (MMR), Hepatitis A (Hep A), Hepatitis B (Hep B) und Frühsommermeningoenzephalitis (FSME) in der deutschen Zivilbevölkerung im Vergleich zu den bei Rekruten/innen der Bundeswehr gefundenen Impfraten in [%]; GI = Grundimmunisierung (hier wurden alle vollständigen Grundimmunisierungen eingeschlossen unabhängig, ob aktuell noch ein aktiver Impfschutz besteht), k. A. = keine Angabe

		Rekruten/innen II./IV.2016	Literatur	
Tetanus	<b>Aktueller Impfschutz</b>	56,7%	73,3% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25)) 75,6% (18 bis 29-Jährige) (Poethko-Müller et al. (27)) 76,7% (18 bis 39-Jährige) (Bödecker et al. (26))	↓
	<b>GI</b>	75,7%	93,4% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25))	↓
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	55,5%	68,5% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25)) 68,6% (18 bis 29-Jährige) (Poethko-Müller et al. (27))	↓
Diphtherie	<b>GI</b>	75,3%	91,7% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25))	↓
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	48,2%	k. A.	
Polio	<b>GI</b>	75,3%	90,0% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25))	↓
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	59,8%	28,4% (18 bis 29-Jährige) (Poethko-Müller et al. (27)) 13,6% (18 bis 39-Jährige) (Bödecker et al. (26))	↑
MMR	<b>Aktueller Impfschutz</b>	74,1%	37,6% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25))	↑
Mumps	<b>Aktueller Impfschutz</b>	74,5%	75,8% (18 bis 29-Jährige) (Poethko-Müller et al. (27)) 92,6% (Schuleingangsuntersuchung) (RKI (20))	↓
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	75,3%	79,8% (18 bis 29-Jährige) (Poethko-Müller et al. (27)) 92,8% (Schuleingangsuntersuchung) (RKI (20))	↓
Röteln	<b>Aktueller Impfschutz</b>	74,1%	73,1% (18 bis 29-Jährige) (Poethko-Müller et al. (27)) 92,6% (Schuleingangsuntersuchung) (RKI (20))	↓↑
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	6,5%	k. A.	k. A.
Hep A	<b>GI</b>	6,9%	26,1% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25))	↓
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	16,2%	k. A.	k. A.
Hep B	<b>GI</b>	66,4%	54,9% (20 bis 29-Jährige) (Bader et al. (25))	↑
	<b>Aktueller Impfschutz</b>	2,0%	k. A.	k. A.
FSME	<b>GI</b>	10,1%	k. A.	k. A.

Für MMR sowie die Einzelimpfungen Masern, Mumps und Röteln stellten sich in den Studien stark divergierende Ergebnisse heraus. Die Impfraten der Rekruten/innen befanden sich in einem ähnlichen Bereich wie die von Poethko-Müller et al. gefundenen Impfraten (27). Bei Bader et al. zeigten sich dahingegen deutlich niedrigere Impfraten (25). Ergänzend wurden die Schuleingangsuntersuchungen von 2017 zum Vergleich herangezogen. Da eine zweimalige Impfung im Kindesalter bei diesen Erkrankungen einen lebenslangen Schutz gewährleistet (19), ist hier trotz des abweichenden Alters ein Vergleich möglich. Hierbei zeigt sich, dass die Impfquote bei den Schuleingangsuntersuchungen deutlich höher ausfiel als bei den untersuchten Rekruten/innen.

## 3.2 Erfassung der Wirksamkeit von individualisierten Remindern auf den Impfstatus von Bundeswehrsoldaten/innen

### 3.2.1 Zusammensetzung der Kohorte

Nach Anwendung aller Ein- und Ausschlusskriterien verblieben für die Auswertung der vorliegenden Interventionsstudie 434 Probanden/innen. Dabei gehörten 210 Probanden/innen der Interventions- und 224 Probanden/innen der Kontrollgruppe an (siehe Abbildung 5 auf Seite 19).

**Tabelle 9** - Absolute und relative Verteilung der Geschlechter der Gesamtkohorte, sowie der einzelnen Gruppen, mit Überprüfung auf Unabhängigkeit der Gruppen im Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson

		Geschlecht		Gesamt
		männlich	weiblich	
Interventionsgruppe	Anzahl	195	15	210
	% innerhalb der Gruppe	92,9%	7,1%	100,0%
Kontrollgruppe	Anzahl	208	16	224
	% innerhalb der Gruppe	92,9%	7,1%	100,0%
Gesamt	Anzahl	403	31	434
	% innerhalb von Gruppe	92,9%	7,1%	100,0%
Chi <sup>2</sup> -Test (2-seitig)		1,0		

In der Gesamtkohorte sowie in beiden Gruppen waren jeweils 92,9% der Probanden/innen männlich und 7,1% weiblich. Dementsprechend zeigte sich bei identischer Verteilung im Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson ein Wert von 1,0 und somit kein signifikanter Gruppenunterschied (siehe Tabelle 9).

**Tabelle 10** - Zugehörigkeit der Probanden/innen zu den unterschiedlichen Einheiten der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) Rotenburg (Wümme); 1.-5./91 = 1.-5. Kompanie des Jägerbataillon 91, 3./141 = 3. Kompanie des Versorgungsbataillon 141, AUKp = Ausbildungsunterstützungskompanie, SanVersZ = Sanitätsversorgungszentrum

	1./91	2./91	3./91	4./91	5./91	Stab 91	3./141	AUKp	San-VersZ
Interventionsgruppe (Anzahl n)	43	47	6	26	32	19	18	13	6
Kontrollgruppe (Anzahl n)	45	47	9	28	34	16	20	16	9
Gesamt (Anzahl n)	88	94	15	54	66	35	38	29	15

Die an der Studie teilnehmenden Probanden/innen entstammten den neun verschiedenen, in der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) Rotenburg (Wümme) stationierten Einheiten. Die zweite Kompanie des Jägerbataillons war hierbei mit 94 Soldaten/innen am häufigsten vertreten. Die geringste Anzahl von Probanden/innen wurde durch die dritte Kompanie des Jägerbataillons sowie das SanVersZ Rotenburg (Wümme) mit jeweils 15 Probanden/innen gestellt (siehe Tabelle 10).

**Tabelle 11** - Darstellung der Altersverteilung in den beiden Gruppen mit Berechnung von Median (IQR), Ermittlung des minimalen und maximalen Alters in beiden Gruppen, und Prüfung auf Unabhängigkeit im Mann-Whitney-U-Test

	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Mann-Whitney-U-Test
Alter [Jahre]	26,1 (6,9)	26,6 (5,8)	0,473
Minimum [Jahre]	18	17	
Maximum [Jahre]	50	49	

Das mittlere Alter der Probanden/innen lag bei 26,1 (6,9) Jahren in der Interventionsgruppe beziehungsweise 26,6 (5,8) Jahren in der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 11). Im Mann-Whitney-U-Test bestand zwischen den Gruppen kein signifikanter Altersunterschied ( $p = 0,473$ ).

### 3.2.2 Entwicklung der Impfraten im zeitlichen Verlauf

Der initiale Impfschutz zum Zeitpunkt  $T_0$  lag zwischen 50,5% gegen Influenza und 94,3% gegen MMR in der Interventionsgruppe sowie zwischen 49,1% gegen Influenza und 97,8% gegen MMR in der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 12).

Die Impfraten stiegen bis zum Zeitpunkt  $T_4$  auf Werte zwischen 63,3% gegen Influenza und 97,1% gegen MMR in der Interventionsgruppe sowie zwischen 64,7% gegen Influenza und 99,1% gegen MMR in der Kontrollgruppe. Dies entspricht einem absoluten Anstieg von 2,8% (MMR) bis 20,0% (FSME) in der Interventionsgruppe und 1,3% (MMR) bis 17,4% (FSME) in der Kontrollgruppe. Im Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson zeigte sich zu Studienbeginn für Polio ein signifikanter Gruppenunterschied ( $p = 0,021$ ), für die übrigen Impfungen war kein signifikanter Gruppenunterschied nachweisbar ( $p > 0,05$ ).

**Tabelle 12** – Impfraten der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten T<sub>0</sub> und T<sub>4</sub>, sowie Darstellung der absoluten Anstiege im Studienzeitraum und der Ergebnisse der bivariaten Analyse mittels Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson zum Zeitpunkt T<sub>0</sub>; Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis

		Impfrate Interventions- gruppe	Interventions- gruppe Δ (T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> )	Impfrate Kontroll- gruppe	Kontroll- gruppe Δ (T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> )	Chi <sup>2</sup> -Test (2-seitig)
Tetanus	T <sub>0</sub>	84,8%		91,1%		0,054
	T <sub>4</sub>	90,5%	+5,7%	96,0%	+4,9%	
Diphtherie	T <sub>0</sub>	85,2%		91,1%		0,073
	T <sub>4</sub>	90,5%	+5,3%	96,0%	+4,9%	
Polio	T <sub>0</sub>	81,4%		89,3%		<b>0,021</b>
	T <sub>4</sub>	88,1%	+6,7%	95,1%	+5,8%	
Pertussis	T <sub>0</sub>	88,6%		87,5%		0,769
	T <sub>4</sub>	95,7%	+7,1%	92,0%	+4,5%	
MMR	T <sub>0</sub>	94,3%		97,8%		0,082
	T <sub>4</sub>	97,1%	+2,8%	99,1%	+1,3%	
Hep A	T <sub>0</sub>	80,5%		83,0%		0,535
	T <sub>4</sub>	92,4%	+11,9%	95,5%	+12,5%	
Hep B	T <sub>0</sub>	77,1%		79,0%		0,644
	T <sub>4</sub>	90,5%	+13,4%	91,5%	+12,5%	
FSME	T <sub>0</sub>	57,1%		60,7%		0,494
	T <sub>4</sub>	77,1%	+20,0%	78,1%	+17,4%	
Influenza	T <sub>0</sub>	50,5%		49,1%		0,848
	T <sub>4</sub>	63,3%	+12,8%	64,7%	+15,6%	

### 3.2.3 Entwicklung des Gesamtschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“

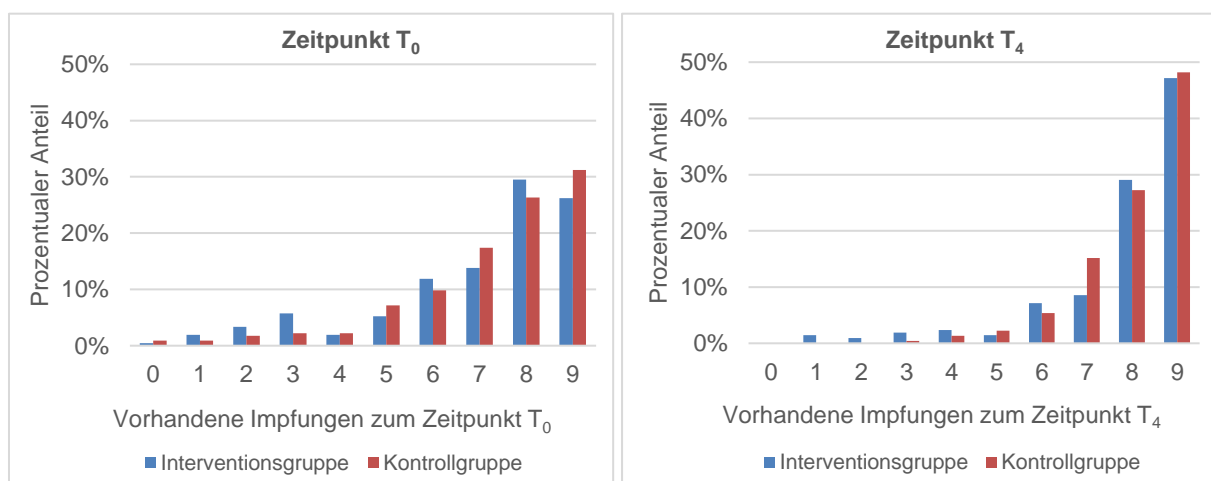
Wie in Tabelle 13 zu sehen, besaßen zu Studienbeginn 26,2% der Interventions- und 31,3% der Kontrollgruppe den vollständigen Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“. Es zeigte sich im Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson kein signifikanter Gruppenunterschied ( $p = 0,289$ ).



**Tabelle 13** – Vollständiger Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten T<sub>0</sub> bis T<sub>4</sub> sowie Darstellung der Veränderungen im Studienzeitraum und der Ergebnisse der bivariaten Analyse mittels Chi<sup>2</sup>-Tests zum Zeitpunkt T<sub>0</sub>

		Impfrate Interventions- gruppe	Interventions- gruppe Δ (T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> )	Impfrate Kontroll- gruppe	Kontroll- gruppe Δ (T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> )	Chi <sup>2</sup> -Test (2-seitig)
Gesamtschutz	T <sub>0</sub>	26,2%		31,3%		0,289
	T <sub>1</sub>	34,8%		36,2%		
	T <sub>2</sub>	40,4%		37,5%		
	T <sub>3</sub>	39,5%		38,4%		
	T <sub>4</sub>	47,1%	+20,9%	48,2%	+16,9%	

Die Rate der Soldaten/innen mit vollständigem Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ stieg im Verlauf von zwölf Monaten auf 47,1% in der Interventions- und 48,2% in der Kontrollgruppe, dies entspricht einem Anstieg um 20,9% in der Interventions- und 16,9% in der Kontrollgruppe.



**Abbildung 8** – Grafische Darstellung der Entwicklung des Impfschutzes gegen einzelne Erkrankungen von „Hilfs- und Katastrophenkräften Inland“ im Verlauf von T<sub>0</sub> bis T<sub>4</sub>

Abbildung 8 stellt dar, welcher prozentuale Anteil der Probanden/innen zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> und T<sub>4</sub> jeweils den Vollschutz für wie viele Einzelimpfungen besaß. Hier zeigte sich für beide Gruppen, dass zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> jeweils unter 10% der Probanden/innen null bis fünf vollständige Impfungen besaßen, circa 10% sechs Impfungen, circa 15% sieben Impfungen, circa 25 bis 30% acht Impfungen und bei knapp 30% war der Impfstatus bereits zu Studienbeginn vollständig. Zum Zeitpunkt T<sub>4</sub> erfolgte eine deutliche Rechtsverschiebung der Werte, sodass sich zum Studienende in keiner der beiden Gruppen Probanden/innen ohne zumindest einen gültigen Impfschutz mehr fanden. In

der Kontrollgruppe wiesen alle Probanden/innen einen gültigen Impfschutz gegen mindestens drei Erkrankungen auf. Für den vollständigen Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ stieg der prozentuale Anteil in beiden Gruppen auf fast 50%.

**Tabelle 14** - Ergebnisse des Friedmann-Tests auf signifikante Veränderungen des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ im Längsverlauf für den Zeitraum T<sub>0</sub>-T<sub>4</sub>, sowie ergänzender Wilcoxon-Test auf signifikante Veränderungen zwischen den einzelnen Erfassungszeitpunkten

	<b>pFriedman</b> T <sub>1,2,3,4</sub>	<b>pWilcoxon</b> T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub>	<b>pWilcoxon</b> T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub>	<b>pWilcoxon</b> T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub>	<b>pWilcoxon</b> T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub>
Impfraten im Zeitvergleich Interventionsgruppe (n = 210)	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt; 0,001</b>
Impfraten im Zeitvergleich Kontrollgruppe (n = 224)	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,005</b>	<b>0,002</b>	0,077	<b>&lt; 0,001</b>

Wie Tabelle 14 zu entnehmen, zeigt sich für beide Gruppen ein hochsignifikanter Anstieg der Impfraten im Längsverlauf von T<sub>0</sub> zu T<sub>4</sub> ( $p < 0,001$ ). Ergänzend wurde ein Wilcoxon-Test durchgeführt, dieser zeigte ebenfalls meist signifikante Veränderungen im Längsverlauf. Einzig für den Zeitraum von T<sub>0</sub> zu T<sub>3</sub> in der Kontrollgruppe lag die Signifikanz mit 0,077 über dem festgelegten Signifikanzniveau von 0,05.

### 3.2.4 Intention-to-treat-Analyse

In der anschließend durchgeführten Intention-to-treat Analyse wurden zusätzlich alle Probanden/innen eingeschlossen, die im Studienverlauf vom Standort Rotenburg (Wümme) wegversetzt oder aus der Bundeswehr entlassen wurden. Hierdurch ergab sich eine Gesamtanzahl von 253 Probanden/innen in der Interventions- und 251 Probanden/innen in der Kontrollgruppe.

Die Impfraten stiegen bis zum Zeitpunkt T<sub>4</sub> auf Werte zwischen 55,7% gegen Influenza und 96,7% gegen MMR in der Interventionsgruppe sowie zwischen 59,4% gegen Influenza und 99,2% gegen MMR in der Kontrollgruppe. Dies entspricht einem absoluten Anstieg von 2,7% (MMR) bis 17,8% (FSME) in der Interventionsgruppe und 1,6% (MMR) bis 15,1% (FSME) in der Kontrollgruppe.

**Tabelle 15** – Intention-to-treat-Analyse der Impfraten der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten T<sub>0</sub> und T<sub>4</sub> sowie Darstellung der Veränderungen im Studienzeitraum und Ergebnisse der bivariaten Analyse mittels Chi<sup>2</sup>-Tests zum Zeitpunkt T<sub>0</sub>; Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis

		Impfrate Interventions- gruppe	Interventions- gruppe Δ (T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> )	Impfrate Kontroll- gruppe	Kontroll- gruppe Δ (T <sub>0</sub> bis T <sub>4</sub> )	Chi <sup>2</sup> -Test (2-seitig)
Tetanus	T <sub>0</sub>	85,8%		89,6%		0,222
	T <sub>4</sub>	91,3%	+5,5%	94,0%	+4,4%	
Diphtherie	T <sub>0</sub>	85,8%		89,6%		0,222
	T <sub>4</sub>	90,9%	+5,1%	94,0%	+4,4%	
Polio	T <sub>0</sub>	82,2%		88,0%		0,079
	T <sub>4</sub>	88,5%	+6,3%	93,2%	+5,2%	
Pertussis	T <sub>0</sub>	88,1%		88,4%		1,000
	T <sub>4</sub>	94,9%	+6,8%	92,4%	+4,0%	
MMR	T <sub>0</sub>	93,7%		97,6%		<b>0,047</b>
	T <sub>4</sub>	96,4%	+2,7%	99,2%	+1,6%	
Hep A	T <sub>0</sub>	79,8%		80,5%		0,911
	T <sub>4</sub>	90,9%	+11,1%	92,0%	+11,5%	
Hep B	T <sub>0</sub>	76,7%		77,3%		0,916
	T <sub>4</sub>	88,9%	+12,2%	88,4%	+11,1%	
FSME	T <sub>0</sub>	57,3%		60,2%		0,528
	T <sub>4</sub>	75,1%	+17,8%	75,3%	+15,1%	
Influenza	T <sub>0</sub>	49,0%		48,6%		0,929
	T <sub>4</sub>	55,7%	+6,7%	59,4%	+10,8%	
Impfschutz für „Hilfs- und Kata- strophenkräfte Inland“	T <sub>0</sub>	25,3%		31,5%		0,139
	T <sub>4</sub>	41,9%	+16,6%	43,8%	+12,3%	

Der Chi<sup>2</sup>-Test zu Studienbeginn zeigte für MMR einen signifikanten Gruppenunterschied ( $p = 0,047$ ), für die übrigen Impfungen war kein signifikanter Gruppenunterschied feststellbar ( $p > 0,05$ ). Der vollständige Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ stieg in der Interventionsgruppe von 25,3% auf 41,9% und in der Kontrollgruppe von 31,5% auf 43,8% (siehe Tabelle 15), auch hier zeigte sich im Chi<sup>2</sup>-Test zu Studienbeginn kein signifikanter Gruppenunterschied ( $p = 0,139$ ).

**Tabelle 16** - Intention-to-treat Analyse mit Durchführung des Friedmann-Tests auf signifikante Veränderungen des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ im Längsverlauf für den Zeitraum T<sub>0</sub>-T<sub>4</sub> unter Einschluss aller versetzten und entlassenen Probanden/innen

	T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub>
Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Interventionsgruppe (n = 253)	<b>&lt; 0,001</b>
Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Kontrollgruppe (n = 251)	<b>&lt; 0,001</b>

Wie in Tabelle 16 dargestellt, zeigt sich im Friedmann-Test für beide Gruppen auch unter Einschluss der versetzten und entlassenen Soldaten/innen ein hochsignifikanter Anstieg der Impfraten im Längsverlauf von T<sub>0</sub> zu T<sub>4</sub> ( $p < 0,001$ ).

## 4. Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die erhobenen Impfdaten von Rekruten/innen und Bundeswehrsoldaten/innen unter Berücksichtigung der eingangs formulierten Arbeitshypothesen diskutiert und mit der aktuellen Literatur verglichen.

Die **Hypothese 1** „Die Impfdaten von Rekruten/innen bei Eintritt in die Bundeswehr liegen in einem ähnlichen Bereich wie für eine altersentsprechende Bevölkerungsgruppe (Daten aus der Literatur entnommen)“ konnte **teilweise bestätigt** werden.

Die durchschnittlichen Impfdaten der untersuchten Rekruten/innen lagen bei 56,7% gegen Tetanus, 55,5% gegen Diphtherie, 48,2% gegen Polio und 49,8% gegen Pertussis. Zusätzlich wurde bei 19,0% (Tetanus), 19,8% (Diphtherie) bzw. 27,1% (Polio) eine abgeschlossene Grundimmunisierung mit zum Studienzeitpunkt abgelaufenem Impfschutz festgestellt. Bei den erfassten Rekruten/innen handelt es sich um vorwiegend männliche Soldaten mit einem medianen Alter von 20,3 Jahren. Daher wurde beim Vergleich mit Daten aus dem zivilen Bereich (25) (27) (26) die jeweils vergleichbare Altersgruppe betrachtet (siehe Tabelle 8 auf Seite 28).

Die bei Rekruten/innen gefundenen Impf- und Grundimmunisierungsraten von Tetanus, Diphtherie und Polio lagen deutlich unter den in Studien der deutschen Zivilbevölkerung gefundenen Raten. Für Pertussis konnten dahingegen höhere Impfdaten als in der Literatur festgestellt werden. Dies erklärt sich möglicherweise dadurch, dass die Auffrischung von Pertussis im Erwachsenenalter nur einmalig empfohlen ist und daher bei den älteren Probanden/innen der beiden Studien (diese betrachteten die Altersgruppe bis 29 bzw. 39 Jahre) bereits abgelaufen war.

Für MMR zeigte sich bei den Rekruten/innen ein aktueller Impfschutz von durchschnittlich etwa 75%. Studien der deutschen Zivilbevölkerung zeigten Impfdaten einer mindestens einmaligen Impfung gegen MMR von 37,6% (Bader et al.) bzw. gegen Mumps von 75,8%, gegen Masern von 79,8% und gegen Röteln von 73,1% (Poethko-Müller et al.) (25, 27). Somit befand sich die Impfdaten der Rekruten/innen bei Poethko-Müller et al. entsprechend eingangs formulierter Hypothese in einem ähnlichen Bereich wie die 2015 erhobenen Impfdaten.

Obwohl Hep B im Kindesalter zu den Standardimpfungen zählt, fällt die in der vorliegenden Studie gefundene Impfrate mit durchschnittlich 17% besonders niedrig aus. In der Literatur finden sich keine Daten zur Rate eines aktiven Hep B-Impfschutzes in der erwachsenen deutschen Zivilbevölkerung. Die niedrige Impfrate der Rekruten/innen resultiert zum Großteil aus bereits abgelaufenen Impfungen bei gleichzeitig fehlender Indikation zur Auffrischung im Jugend- und Erwachsenenalter, da bei 50% der Rekruten/innen ein abgelaufener Impfschutz gegen Hep B zu finden war. Dennoch ist der Impfaufwand bei diesen Rekruten/innen als überschaubar zu werten, da lediglich eine Auffrischung für die Wiederherstellung eines Vollschutzes notwendig ist.

Ebenfalls war der Impfschutz in der hier vorgestellten Untersuchung erwartungsgemäß sehr niedrig bei den Impfungen, die nicht zu den Standardimpfungen der STIKO im Kindesalter zählen (Hep A und FSME). Einen aktuellen Impfschutz gegen Hep A hatten 6,5% der Rekruten/innen. Größere Querschnittsstudien zur Prävalenz eines aktiven Hep A-Impfschutzes der erwachsenen deutschen Zivilbevölkerung liegen nicht vor, jedoch gaben in der Studie von Poethko-Müller et al. 40,6% der Probanden/innen an, mindestens eine Impfung gegen Hep A erhalten zu haben. Aufgrund zurückliegender Reisen in Gebiete mit hoher Hep A-Prävalenz oder beruflicher Tätigkeiten, die eine Hep A-Impfung indizieren, bestanden möglicherweise bei einigen Rekruten/innen Indikationen für eine Hep A-Impfung (19). Auch die Verabreichung eines Kombinationsimpfstoffes (Hep A + B) anstelle einer singulären Hepatitis B-Impfung durch den Hausarzt ist als Erklärung für die gefundene Hep A-Impfquote von 6,5% denkbar.

Die Impfquote von FSME fiel von allen untersuchten Impfungen am niedrigsten aus, diese lag bei 2,0% der Rekruten/innen. In der Zivilbevölkerung finden sich keine Angaben zur Durchimpfungsrate von Erwachsenen, jedoch zeigten sich bei den Schulleitungsuntersuchungen in Bayern Impfquoten von höchstens 32,2% (20). Ursache für die niedrige Impfquote der Rekruten/innen ist vermutlich, dass Rotenburg (Wümme) wie in Anlage 6 zu sehen geografisch weit von den FSME-Endemiegebieten Deutschlands entfernt liegt (33) und die Rekruten/innen häufig eine heimatnahe Grundausbildung anstreben. Um hier ein genaueres Bild der Impfabdeckung in Deutschland zu erhalten wäre zum Vergleich eine Erhebung in einer Kaserne in einem FSME-Endemiegebieten zu erwägen. Da die Grundausbildung in Norddeutschland stattfindet und außerhalb der Endemiegebiete bisher nur Einzelfälle dokumentiert wurden, ist eine Infektion im Rahmen der Grundausbildung eher unwahrscheinlich (33). Eine Infektion ist dennoch

nicht auszuschließen, insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass aktuell eine zunehmende Ausbreitung von FSME in den Norden beobachtet wird (33, 59). In Zusammenschau der niedrigen Impfrate und der mit drei Impfungen sehr aufwendigen Grundimmunisierung, ist bei FSME der größte Arbeitsaufwand für den Sanitätsdienst zu sehen.

Auffällig ist über alle Quartale ein hoher Anteil von durchschnittlich 23,1% der Rekruten/innen, die keine Impfdokumentation vorlegen konnten. Bei den oben genannten Vergleichsstudien wurde auch ein anamnestisch vorhandener Impfschutz gewertet (26, 27) bzw. es wurden lediglich Probanden/innen eingeschlossen, die eine Impfdokumentation vorlegen konnten (25), sodass sich hierdurch die im Vergleich zur Literatur um etwa 20% niedrigeren Impfraten von Tetanus und Diphtherie erklären lassen. Die Grundimmunisierungsraten im Kindesalter liegen für die Standardimpfungen über 90% und bei den Schuleingangsuntersuchungen konnten über 90% der Impfpässe vorgelegt werden (20), daher liegt die Vermutung nahe, dass viele der Rekruten/innen ohne Impfdokumentation nicht ungeimpft sind, sondern diese lediglich nicht mehr auffindbar ist. Auch hier entspricht die Rate der fehlenden Impfbücher in etwa der Diskrepanz in der Grundimmunisierungsrate von Tetanus, Diphtherie, Polio und Hep A. Dennoch ist in diesem Fall ohne entsprechenden Nachweis gemäß STIKO-Empfehlungen von einem vollständigen Fehlen aller Impfungen auszugehen (19). Ursache für das Fehlen der Impfbücher könnte ein mangelndes Bewusstsein für die Wichtigkeit von Impfungen im Allgemeinen und des Impfbuches im Besonderen sein. Eine Befragung der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) aus dem Jahr 2018 ergab, dass gut 90% der Bundesbürger angaben, einen Impfpass zu besitzen, jedoch wissen nur 74%, wo sich dieser befindet (60). Gründe für das Fehlen des Impfbuches wurden im Rahmen der Repräsentativbefragung der BZgA und der hier präsentierten Untersuchung von Rekruten/innen nicht erfasst. Für die betreuende Sanitätseinrichtung bedeutet eine fehlende Impfdokumentation einen hohen Impfaufwand, weil die Grundimmunisierung für alle Impfungen der Basisimmunisierung erfolgen muss (32). Es wäre sinnvoll durch Appelle an den/die Soldaten/innen eine eventuell vorhandene Impfdokumentation (z. B. bei den Eltern oder dem vorherigen Haus-/Kinderarzt) auffindig zu machen, um doppelte Grundimmunisierungen zu vermeiden und dadurch den Impfaufwand zu reduzieren.

Zusammenfassend zeigen die publizierten Daten erhebliche Impflücken wichtiger Standardimpfungen in dem untersuchten Anteil der deutschen Bevölkerung. Diese fielen insbesondere für Tetanus, Diphtherie und Polio höher aus als in Vergleichsstudien der erwachsenen Zivilbevölkerung. Wenngleich bei einigen Rekruten/innen mit wenigen Auffrischimpfungen (TdPP bzw. MMR) ein vollständiger Impfschutz erreicht werden kann, stellt der geringe Impfschutz gegenüber Hep A und FSME und die hohe Rate an fehlenden Impfbüchern eine organisatorische und zeitliche Herausforderung für den Sanitätsdienst der Bundeswehr dar. Ein vollständiger Basisimpfschutz ist daher in vielen Fällen zumeist erst einige Monate nach Eintritt in die Bundeswehr zu erreichen.

Die **Hypothese 2** „*Bereits im Militärdienst befindliche aktive Soldaten/innen erfüllen die Vorgaben der Zentralvorschrift A1-840/8-4000, die einen vollständigen Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ vorsieht, nicht.*“ konnte **bestätigt** werden.

Es konnte gezeigt werden, dass ein erheblicher Impfmangel bei aktiven Soldaten/innen der Bundeswehr vorliegt. Bei der Basisdatenerhebung zum Zeitpunkt  $T_0$  besaß nur jede/r vierte Soldat/in den vollständigen Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“. Auch für die einzelnen Erkrankungen fanden sich teilweise erhebliche Impflücken.

Die höchsten Impfraten bei aktiven Bundeswehrsoldaten/innen fanden sich erwartungsgemäß bei Impfungen mit einem lange anhaltenden Vollschutz, die bereits im Kindesalter eine Impfindikation besitzen. Bei MMR ist mit einer Impfrate von 94,3% bzw. 97,8% zum Zeitpunkt  $T_0$  bereits zu Studienbeginn von einem guten Impfschutz zu sprechen, der die weisungsgemäßen Vorgaben einer kompletten Durchimpfung (mit Ausnahme medizinischer Kontraindikationen) nahezu erfüllt (32). Für den im Vergleich zu den anderen Erkrankungen hohen Impfschutz gegen MMR spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Zum einen gehört MMR zu den Standardimpfungen des Kindesalters (19) und erreicht bei den Schuleingangsuntersuchungen Impfquoten von über 90% (20). Daher war bei Eintritt in die Bundeswehr schon ein hoher Anteil der Rekruten/innen gegen diese Erkrankung geimpft. Entsprechend konnte bei den Rekruten/innen desselben Standorts eine Impfquote von 74,1% festgestellt werden, wobei 23,1% der 25,9% mit fehlendem Impfschutz damit vergesellschaftet waren, dass kein Impfbuch vorgelegt wurde. Zum anderen ist ein einmal erworbener Impfschutz lebenslang



gültig, sodass für MMR keine Auffrischungsimpfungen erforderlich sind. Zudem ist das Erwerben eines Impfschutzes im Erwachsenenalter mit nur einmaliger Applikation des Impfstoffes sehr einfach (19, 32), wodurch fehlende Impfungen schnell und ohne großen Aufwand nachgeimpft werden können.

Zu den Erkrankungen mit einer ebenfalls sehr langen Gültigkeit zählt Hep A, wobei für diese Erkrankung keine generelle Impfindikation im Kindesalter besteht (19). Einen gültigen Impfschutz gegen Hep A konnten initial knapp über 80% der Probanden/innen vorweisen, was nicht den weisungsgemäßen Vorgaben entspricht. Die eingeschränkten Indikationen für eine Hep A Impfung führen dazu, dass in der Kohorte der Rekruten/innen durchschnittlich nur 6,5% einen gültigen Impfschutz besaßen und somit nach Eintritt in die Bundeswehr ein hoher Grundimmunisierungsbedarf besteht. Hierzu sind nur zwei Impfungen für den Aufbau eines Vollschutzes notwendig, dieser ist anschließend 25 Jahre gültig (32). Bei dem insgesamt jungen Untersuchungskollektiv mit einem Durchschnittsalter von knapp 28 Jahren ist davon auszugehen, dass nach einer einmalig erfolgten Grundimmunisierung zumeist noch ein Impfschutz bestand und eine Auffrischung noch nicht erforderlich war. Daher ist bei der Mehrzahl der Probanden/innen ohne aktiven Impfschutz von einer fehlenden Grundimmunisierung auszugehen.

Die Erkrankungen mit einer mittleren Gültigkeitsdauer (zehn Jahre) lassen sich wiederum in zwei Gruppen einteilen. Zum einen gibt es Impfungen, die sowohl im Kindesalter als auch im Erwachsenenalter für die gesamte Bevölkerung vorgesehen sind. Hierzu zählen die Impfungen gegen Tetanus und Diphtherie (19). Die Impfraten für diese beiden Erkrankungen lagen zum Zeitpunkt  $T_0$  bei 84,8 bzw. 82,2% in der Interventionsgruppe und bei jeweils 91,1% für beide Erkrankungen in der Kontrollgruppe. Diese Raten sind zwar, im Vergleich zu den anderen in der Studie betrachteten Impfungen, im mittleren bis hohen Bereich angesiedelt, entsprechen jedoch ebenfalls nicht den weisungsgemäßen Vorgaben. Trotz hoher Durchimpfungsraten im Kindesalter (20), stellen fehlende Grundimmunisierungen aufgrund der hohen Anzahl fehlender Impfbücher bei Rekruten/innen eine wesentliche Ursache für das Defizit als spätere aktive Soldaten/innen dar. Als weiterer Grund für den mangelhaften Impfstatus ist der nach zehn Jahren ablaufende Impfschutz bei nicht zeitgerechter Auffrischung zu werten.

Die zweite Gruppe von Impfungen mit einer mittleren Gültigkeitsdauer (zehn Jahre), beinhaltet die Impfungen, welche eine Indikation im Kindesalter besitzen, jedoch im Erwachsenenalter nicht mehr standardmäßig aufgefrischt werden (19). Zu diesen Impfungen zählen Polio, Pertussis und Hep B. Bei Polio fand sich zum Zeitpunkt  $T_0$  eine Impfrate von 81,4 bzw. 89,3% und lag somit leicht unter den Raten von Tetanus und Diphtherie. Der Mangel lässt sich neben den auch hier fehlenden Grundimmunisierungen gut durch fehlende Auffrischungsimpfungen erklären. Bei Pertussis zeigten sich im Vergleich leicht höhere Impfraten von 88,6 bzw. 87,5%. Vermutlich resultiert dies daraus, dass bei Pertussis im Erwachsenenalter eine einzelne Impfung für einen Impfschutz ausreichend ist (19) und eine fehlende Grundimmunisierung daher keinen Einfluss auf das Erreichen eines Vollschutzes hat. Hep B ist eine Erkrankung, deren Impfschutz mit initial unter 80% zum Zeitpunkt  $T_0$  besonders gering war. Diese gehört zwar zu den Standardimpfungen im Kindesalter, allerdings wurde bei den Schuleingangsuntersuchungen nur eine Grundimmunisierungsrate von knapp über 85% erreicht (20). Die Rate fehlender Grundimmunisierungen bei Hep B liegt daher bei Eintritt in die Bundeswehr höher als bei den zuvor genannten Impfungen. Zudem zeigten sich bei den Rekruten/innen bei etwa 50% ein abgelaufener Hep B-Impfschutz. Dies deutet darauf hin, dass die gefundenen Impfdefizite am ehesten ein kombinierter Effekt aus einer zögerlichen Komplettierung der aufwendigen Grundimmunisierung und fehlenden Auffrischungen nach Ablauf eines Impfschutzes sind.

Die niedrigsten Impfraten fanden sich bei Impfungen mit einem nur kurz anhaltenden Vollschutz, die zusätzlich keine generelle Indikation im Kindes- und Erwachsenenalter besitzen. Hierzu zählen die Impfungen gegen Influenza und FSME (19). Die niedrigste Impfrate konnte bei Influenza festgestellt werden, diese lag zu Studienbeginn bei 50,5 bzw. 49,1%. Dies lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass der Impfschutz gegen Influenza jährlich aufgefrischt werden muss und damit von allen untersuchten Impfungen die häufigste Impffrequenz aufweist (19). Daraus ergibt sich, dass die Influenza-Impfung einen besonders sensitiven Parameter für eine gute Impfcompliance darstellt, da sich verzögerte Auffrischungen schnell in der Impfrate bemerkbar machen. So zeigte sich im Wilcoxon-Test in der Kontrollgruppe nach Ablauf der Influenza-Impfung am 01. Oktober 2016 zum Zeitpunkt  $T_3$  noch keine signifikante Veränderung zum Zeitpunkt  $T_0$ , während diese in der Interventionsgruppe bereits wieder signifikant war. Zum Zeitpunkt  $T_4$  war die Veränderung in beiden Gruppen wieder signifikant. Dies

deutet darauf hin, dass die versendeten Reminder einen Effekt auf die Interventionsgruppe hatten. Die Impfquote ist jedoch insbesondere unter dem Gesichtspunkt einer in der Zentralvorschrift verankerten Duldungspflicht (31) sowohl zum Studienbeginn als auch zum Studienende klar unzureichend. Die Impfquote von FSME war mit 57,1 bzw. 60,7% zu Studienbeginn ebenfalls besonders niedrig. Auch bei FSME handelt es sich um eine Impfung mit hoher Impffrequenz, so ist nach Abschluss der Grundimmunisierung (drei Impfungen) eine erstmalige Auffrischung nach drei Jahren und anschließende Auffrischungen alle fünf Jahre notwendig, um einen aktiven Impfschutz zu erhalten (32). Die hohen Impffrequenzen führen zu einem schnellen Abfall der Impfquote beim Versäumnis von rechtzeitigen Auffrischungen, was als wesentliche Ursache für die niedrige Impfquote gegen FSME zu sehen ist. Zudem zeigte die Querschnittserhebung am gleichen Standort, dass bei Einstellung der Rekruten/innen eine Vollschutzrate von nur 2,0% und eine Rate abgelaufener Grundimmunisierungen von 8,1% vorlag. Bei Anwendung des Standard-Impfschema für FSME ist ein Abschluss der Grundimmunisierung für ungeimpfte Soldaten/innen frühestens sechs Monate nach Eintritt in die Bundeswehr zu erreichen. Daher ist es denkbar, dass einige von den Soldaten/innen am Standort zwar eine Grundimmunisierung begonnen, aber diese (noch) nicht abgeschlossen haben. Durch die hohen Impffrequenzen von FSME und Influenza und die aufwendige Grundimmunisierung bei FSME, ist bei diesen beiden Erkrankungen der größte Aufwand zum Erreichen und Erhalten einer zufriedenstellenden Impfquote zu sehen.

Im Vergleich zu den Impfquoten der deutschen Zivilbevölkerung (siehe Tabelle 8 auf Seite 28) zeigten sich bereits zu Studienbeginn für alle untersuchten Erkrankungen höhere Impfquoten bei den Probanden/innen der Kohortenstudie. Dies lässt sich bei den meisten Erkrankungen dadurch erklären, dass es sich im Zivilbereich um Indikationsimpfungen handelt und somit keine vollständige Durchimpfung der Bevölkerung vorgesehen ist (19). Bei Tetanus und Diphtherie besteht allerdings auch für die erwachsene Zivilbevölkerung eine Indikation zur regelmäßigen Auffrischung, sodass die derzeit etablierte Impfüberwachung der Bundeswehr durchaus einen positiven Effekt auf die Impfquoten zu haben scheint, auch wenn die weisungsgemäßen Vorgaben auf diesem Weg nicht erreicht werden.

**Tabelle 17** - Vergleich der zum Zeitpunkt  $T_0$  erhobenen Impfraten mit international verfügbaren Impfraten bei Militärangehörigen (34); Polio = Poliomyelitis, MMR = Masern-Mumps-Röteln, Hep A = Hepatitis A, Hep B = Hepatitis B, FSME = Frühsommermeningoenzephalitis

Impfungen	Impfraten zum Zeitpunkt $T_0$		Gemittelte Impfraten aus der internationalen Literatur (34)
	Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	
Tetanus	84,8%	91,1%	94,4%
Diphtherie	85,2%	91,1%	77,2%
Polio	81,4%	89,3%	85,4%
Pertussis	88,6%	87,5%	58,6%
Masern			81,9%
Mumps			81,8%
Röteln			83,2%
MMR	94,3%	97,8%	
Hep A	80,5%	83,0%	11,9%
Hep B	77,1%	79,0%	41,5%
FSME	57,1%	60,7%	
Influenza	50,5%	49,1%	26,8%

Im Vergleich zu den Daten internationaler Streitkräfte (siehe Tabelle 17) zeigte sich bei Bundeswehrsoldaten/innen eine etwas niedrigere Impfquote für Tetanus, eine vergleichbar hohe Impfquote für Polio und deutlich höhere Impfquoten für alle anderen untersuchten Impfungen. Dies spricht ebenfalls dafür, dass die in der Bundeswehr etablierte Impfüberwachung die Impfquoten der Soldaten/innen erhöht, auch wenn ein deutlicher Verbesserungsbedarf besteht. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Impfempfehlungen anderer Streitkräfte zumeist Verschlusssache und nicht öffentlich zugänglich sind. Daher ist nicht auszuschließen, dass für einige Impfungen die Impfquoten aufgrund einer abweichenden Indikationsstellung niedriger ausfielen als bei Bundeswehrsoldaten/innen. Bei Tetanus ist aufgrund des ubiquitären Vorkommens des Erregers und der lange etablierten Impfung (61) davon auszugehen, dass in allen untersuchten Streitkräften eine generelle Indikation zur Impfung besteht. Daher scheint es, in Anbetracht der im Vergleich zur Bundeswehr höheren Impfquote, wirkungsvollere Impfüberwachungsmethoden zu geben. Diese waren jedoch ebenfalls nicht öffentlich zugänglich.

Das insgesamt geringe Vorliegen eines vollständigen Impfschutzes zu Studienbeginn ist überraschend, da jede/r Soldat/in per Weisung dazu verpflichtet ist, einen vollständigen Impfschutz nachzuweisen (31). Ein Grund für das Fehlen der Impfungen könnte in einer fehlerhaften Impfüberwachung durch die Impfbeauftragten liegen, da es sich hierbei oft um nicht sanitätsdienstlich geschultes Personal handelt. Weiterhin ist denkbar, dass die hier untersuchten Soldaten/innen möglicherweise nicht ausreichend über den eigenen Impfstatus und die Wichtigkeit von Impfungen informiert sind und sich

daher nicht selbstständig zu notwendigen Auffrischimpfungen in der zuständigen Sanitätseinrichtung melden. In einer Studie der Streitkräfte Saudi-Arabiens konnte festgestellt werden, dass 50,3% der befragten Soldaten/innen nicht wussten, ob ein aktueller Impfschutz gegen Influenza besteht (51). Ferner ist trotz der Duldungspflicht für Impfungen anzunehmen, dass einzelne Soldaten/innen Impfungen gegenüber negativ eingestellt sind und diese daher aktiv vermeiden. In einer Studie mit 942 Soldaten/innen der israelischen Luftwaffe gaben 10,8% der Soldaten/innen an, eine Impfung aktiv verweigert zu haben (44). Hierbei wurden Angst vor Impfschäden (37,7%), vermeintlich fehlende Wirksamkeit der Impfungen (32,1%) und grundsätzliche Ablehnung von Impfungen (23,1%) als Gründe für die Verweigerung dieser Präventionsmaßnahme genannt. Eine weitere Studie aus den USA untersuchte die Einstellung der Soldaten/innen zu den vorgesehenen Einsatzimpfungen (62). Dabei zeigte sich, dass 17,1% der Probanden/innen die Impfung abgelehnt hätten, wenn es ihnen möglich gewesen wäre. Daten einer Repräsentativbefragung von Zivilpersonen in Deutschland zeigen, dass etwa 77% der Befragten Impfungen befürworteten, 17% haben Vorbehalte Impfungen gegenüber und 6% stehen dem Impfen ablehnend gegenüber (60). Inwieweit auch ein Teil der hier untersuchten Soldaten/innen Impfungen ablehnten und demnach trotz Intervention und persönlichem Anschreiben innerhalb von zwölf Monaten keine Vollständigkeit des Impfschutzes erreichten, kann anhand der vorliegenden Daten nicht beantwortet werden. Insgesamt ist festzuhalten, dass die aktuell verwendeten Impfstoffe weitestgehend gut verträglich sind und schwere Impfkomplicationen selten beobachtet werden (63). Diese Informationen gilt es den zu impfenden Soldaten/innen zu vermitteln.

Zusammenfassend zeigten sich ausgeprägte Impflücken bei den untersuchten Bundeswehrsoldaten/innen, die sowohl auf fehlenden Grundimmunisierungen als auch auf fehlenden Auffrischungen beruhen. Insgesamt fanden sich höhere Impfraten bei Erkrankungen mit hohen Grundimmunisierungsraten im Kindesalter, bei wenigen Impfungen bis zum Erreichen eines Vollschutzes und bei Impfungen mit langen Intervallen bis zum Ablauf des Impfschutzes.

Die **Hypothese 3** „*Ein EDV-basiertes Remindersystem mit persönlichem Anschreiben erzielt in einem randomisierten kontrollierten Kohortenstudien-Design über zwölf Monate bei aktiven Soldaten/innen eine höhere Durchimpfungsrate des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“, als die konventionelle Impfüberwachung durch die Disziplinarvorgesetzten oder Dienststellenleiter/innen*“ konnte **nicht bestätigt** werden.

Zum Abschluss der vorliegenden Kohortenstudie kam es in beiden Studiengruppen zu einem hochsignifikanten Anstieg der Impfraten. Abschließend konnte fast jede/r zweite Proband/in den vollständigen „Impfschutz für Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ vorweisen. Es zeigte sich ebenfalls, dass einem Großteil der Probanden/innen nur eine oder zwei Impfungen für einen vollständigen Impfschutz fehlten. Insgesamt konnten für viele Impfungen Steigerungen der Impfraten deutlich über 90% erreicht werden (Tetanus, Diphtherie, Pertussis, Hep A, Hep B und MMR), während bei der saisonalen Influenza und FSME nur geringere Steigerungen auf 64% bzw. 78% erreicht wurden.

Initial wurde angenommen, dass durch regelmäßige schriftliche und persönliche Reminder die Impfquoten gegenüber dem bisherigen Vorgehen verbessert werden könnten. Dies konnte jedoch nicht gezeigt werden, da die Impfraten in beiden Gruppen gleichermaßen zunahmen. Zwar erfolgte eine initiale Randomisierung der teilnehmenden Probanden/innen, jedoch war eine Kommunikation beider Gruppen untereinander möglich, da die Probanden/innen am gleichen Standort stationiert waren. Dies könnte zu einer Sensibilisierung der Kontrollgruppe geführt haben, wodurch es zu einem Bias in der Datenbasis gekommen ist. Dieser Bias hätte verhindert werden können, wenn die Randomisierung an zwei unabhängigen Standorten erfolgt wäre. Dies war jedoch im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich, da vergleichbare Rahmenbedingungen (z. B. Einsatzoptionen und Zusammensetzung der stationierten Verbände) nicht sicherzustellen waren. Die Annahme, dass es möglicherweise zu einer Sensibilisierung der Kontrollgruppe gekommen ist, wird dadurch unterstrichen, dass zu Beginn der Studie in beiden Gruppen eine sehr geringe Impfrate für den Impfschutz „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ (lediglich 26,2% der Interventions- und 31,3% der Kontrollgruppe besaßen den vollständigen Impfschutz) vorlag. Dies zeigt, dass das etablierte System der Impfüberwachung über die Disziplinarvorgesetzten (analog dem Vorgehen in der Kontrollgruppe) zumindest im Vorfeld der Studie nicht ausreichend war. Wird davon ausgegangen, dass sich das gesamte Kollektiv in den zwölf Monaten vor der

Interventionsstudie in einer eigenen „Kontrollgruppe“ im Sinne eines Prä-Post-Vergleich gefunden hat, so zeigen die Daten, dass das Remindersystem eine deutliche Verbesserung der Impfsituation am Standort Rotenburg (Wümme) erbracht hat (26,2% vs. 47,1%,  $p < 0,001$ ). Es kann daher trotz des vorliegenden Bias davon ausgegangen werden, dass eine elektronische Impfüberwachung für die langfristige Sicherstellung höherer Impfraten geeignet wäre. Mit der geplanten Implementierung einer elektronischen Patientenakte für alle Soldaten/innen wäre es daher aus hiesiger Sicht sinnvoll auch eine elektronische Impfdokumentation und -überwachung zur Verfügung zu stellen.

Zu beachten war ferner, dass bei der saisonal gültigen Influenza-Impfung mit Erreichen des 01. Oktober 2016 in beiden Gruppen der Vollschutz aus der Saison 2015/2016 abgelaufen ist. Somit kam es während der laufenden Studie automatisch zu einem Rückgang der Soldaten/innen, welche den vollständigen „Impfschutz für Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ vorweisen konnten. Dies betraf sowohl die Interventions- als auch die Kontrollgruppe. Durch die Studienplanung konnte der Einfluss des Remindersystems auf diese lediglich saisonal gültige Impfung betrachtet werden. Hätte die Erfassung der Impfraten passend zum Ablauf der Influenzaimpfung mit dem 01. Oktober 2016 stattgefunden, wäre es zu einer zunächst künstlich sehr niedrigen Anzahl von Soldaten/innen mit vollständigem „Impfschutz für Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ (formal sogar 0%) gekommen, der dann im folgenden Quartal sprunghaft angestiegen wäre. Dies wurde durch die vorliegende Studienplanung bewusst vermieden. Das in der Interventionsgruppe bereits zum 01. Dezember 2016 ( $T_3$ ) signifikant mehr Soldaten/innen den „Impfschutz für Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ besaßen, als zum Studienbeginn ( $T_0$ ) ( $p = 0,002$ ), wohingegen der Anstieg zwischen  $T_0$  und  $T_3$  in der Kontrollgruppe noch nicht wieder signifikant war ( $p = 0,077$ ) unterstreicht die Wirksamkeit der elektronisch erstellten Reminder.

In der Literatur stellten sich alle Arten von Remindersystemen als signifikant wirksam heraus. Hierbei waren persönliche Erinnerungen (z. B. per Telefon) von allen Einzelinterventionen am wirksamsten (58). Diese Maßnahme wurde im Vorfeld der vorliegenden Studie aufgrund zu erwartender Abwesenheiten der Soldaten/innen als nicht umsetzbar eingestuft. Da sich selektiv auf Personen mit Impflücken ausgerichtete Interventionen als besonders wirksam herausstellten (57) und schriftliche Reminder nach den persönlichen Erinnerungen als zweitwirksamste Intervention identifiziert wurden (58),

fiel die Entscheidung im Rahmen der Studie personalisierte schriftliche Reminder zu verwenden. Bei den kombinierten Verfahren erreichen der persönliche Kontakt und schriftliche Reminder die höchste Wirksamkeit (58). Daher wäre als ergänzende Maßnahme zur Steigerung der Impfraten eine Kombination der im Rahmen der Studie verwendeten schriftlichen Reminder mit regelmäßigen Vorträgen oder persönlichen Gesprächen mit dem/der Truppenarzt/ärztin zielführend. Da in der Literatur beschrieben ist, dass ein gesteigertes Wissen und eine erhöhte Awareness zu höheren Impfraten führt (57), sollten diese Aspekte ebenfalls eingeführt werden. Hierzu könnte z. B. durch regelmäßige Schulungen der Impfbeauftragten ein einheitlicher Wissensstand etabliert und eventuell vorhandene Vorurteile gegen Impfungen abgebaut werden.

Zusammenfassend konnte von dem Eingang definierten Hypothesen lediglich eine bestätigt werden. Wenngleich die Interventionsstudie im Studienzeitraum keine Überlegenheit gegenüber der Kontrollgruppe zeigen konnte, muss in einem Prä-Post-Vergleiches davon ausgegangen werden, dass es zu einem größeren Bias in der Kontrollgruppe gekommen ist. Hierdurch wurde die Sensibilität für fehlende Impfungen deutlich erhöht, wenngleich das untersuchte automatische Remindersystem durchaus dazu beitragen kann, die Impfraten zu steigern.

Stärken der vorliegenden Studie waren eine hohe Teilnahmequote sowohl im Rahmen der Untersuchung der Impfquoten von Rekruten/innen mit einer Teilnahmequote von 100%, wie auch im Rahmen der Interventionsstudie von 84,7%. Ebenso hervorzuheben sind das große Kollektiv mit 506 teilnehmenden Probanden/innen in der Interventionsstudie und eine geringe Abbruchrate. Somit sind die Ergebnisse als vermutlich vergleichbar für die gesamte Gruppe aller Soldaten/innen des Standorts Rotenburg (Wümme) zu sehen. In der Intention-to-treat-Analyse zeigten sich unter Einschluss der Probanden/innen, welche entsprechend der a-priori-festgelegten Einschluss- und Ausschlusskriterien in der Hauptauswertung nicht berücksichtigt werden konnten, identische Studienergebnisse. Das zeigt, dass die im Rahmen der Studie notwendigen Ausschlüsse von insgesamt 70 Probanden/innen (aufgrund Versetzung oder späterer Einsatzoptionen) die Studienergebnisse nicht negativ beeinflusst haben. Eine weitere Stärke der vorliegenden Studie liegt in der Vollerfassung aller Impfungen im Studienzeitraum. Da Soldaten/innen lediglich durch ihre Truppenärzte/innen geimpft werden und hier ein eindeutiges Primärarztprinzip vorliegt (64), kann davon ausgegangen werden, dass alle im Studienzeitraum am Standort Rotenburg (Wümme) durchgeführten



Impfungen in der Studiendatenbank erfasst wurden. Ebenfalls hat dies dazu geführt, dass Ausschlusskriterien (nachträgliche Einsatzoption, Versetzung) für alle Studienteilnehmer erfasst werden konnten, da dies in der medizinischen Dokumentation u. a. durch entsprechende Tauglichkeitsuntersuchungen und Indikationen festgehalten wird.

Eine Schwäche der vorliegenden Studie ist die durchgeführte Randomisierung der Probanden/innen insbesondere vor dem Hintergrund der Ergebnisse, da es durch die Kommunikation der Gruppen offensichtlich zu einem nicht unerheblichen Bias in der Kontrollgruppe kam (siehe oben).

Insgesamt liegt sowohl bei Rekruten/innen der Bundeswehr, wie auch bei aktiven Soldaten/innen ein deutlicher Impfbedarf vor. Trotz der signifikanten Steigerung der Vollschutzraten durch ein automatisiertes Remindersystem, besteht weiterhin ein Defizit bis zur Erfüllung der weisungsgemäßen Vorgaben. Dies gilt es in Zukunft weiter zu reduzieren. Eine systematische elektronische Impfüberwachung mit personalisierten Remindern scheint hierfür ein wirksames (Teil)-Instrument zu sein.

## 5. Zusammenfassung

Im ersten Studienteil erfolgte die querschnittliche Erhebung der Impfraten des Impfschutzes für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“ von Rekruten/innen der Bundeswehr aus drei Quartalen im Jahr 2016. Es wurden insgesamt 247 Rekruten/innen mit einem medianen Alter von 20,3 (3,5) Jahren erfasst. Hierbei zeigten sich ausgeprägte Impflücken bei allen Impfungen mit Impfraten zwischen 2,0% gegen FSME und 75,3% gegen Masern. Im Chi<sup>2</sup>-Test zeigte sich für keine der betrachteten Impfungen ein signifikanter Unterschied zwischen den Quartalen ( $p > 0,05$ ). Durchschnittlich 23,1% der Probanden/innen konnten keine Impfdokumentation vorweisen und mussten somit als vollständig ungeimpft eingestuft werden. Im Vergleich zu den in den Schuleingangsuntersuchungen gefundenen Impfdaten ist davon auszugehen, dass ein großer Teil der Rekruten/innen grundimmunisiert und die Impfdokumentation lediglich verloren gegangen ist. Dies und der Umstand, dass viele Impfungen bei den Rekruten/innen abgelaufen sind, führt zu einem erheblichen Impfaufwand für den Sanitätsdienst.

Der zweite Studienteil umfasste eine randomisierte kontrollierte Interventionsstudie über zwölf Monate an aktiven Soldaten/innen der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) Rotenburg (Wümme). Es wurden 434 Probanden/innen eingeschlossen und abwechselnd der Interventions- und Kontrollgruppe zugeordnet. Zwischen den Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf Geschlecht ( $p = 1,0$ ) und Alter ( $p = 0,473$ ). Zu Studienbeginn besaßen 26,2% bzw. 31,3% den Impfschutz für „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“. Am niedrigsten fielen die Impfdaten gegen Influenza (50,5% bzw. 49,1%) aus und die höchsten Impfdaten konnten für MMR (94,3% bzw. 97,8%) identifiziert werden. Im Studienverlauf kam es in beiden Gruppen zu einem hochsignifikanten Anstieg ( $p < 0,001$ ) der Impfdaten. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse auch bei aktiven Bundeswehrsoldaten/innen ausgeprägte Impflücken und weiteren Handlungsbedarf bis zum Erfüllen der weisungsgemäßen Vorgaben. Der Anstieg in beiden Studiengruppen entstand durch das Bias einer ungehinderten Kommunikation zwischen den Gruppen. Hier wäre eine ergänzende multizentrische Studie zur Verifizierung zu erwägen. Dennoch scheint ein EDV-gestütztes Remindersystem ein wirksames (Teil)-Instrument zum Erreichen der Impfziele zu sein.

---

## Literaturverzeichnis

1. Riedel S. Edward Jenner and the history of smallpox and vaccination. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 2005; 18(1):21–5. doi: 10.1080/08998280.2005.11928028.
2. Fenner F, Henderson DA, Arita I, Jezek Z, Ladnyi ID. *Smallpox and its eradication*: World Health Organization; 1988.
3. Dabbagh A, Laws RL, Steulet C, Dumolard L, Mulders MN, Kretsinger K et al. Progress Toward Regional Measles Elimination — Worldwide, 2000–2017. *Morb Mortal Wkly Rep* 2017; 67(47):1323–9. doi: 10.15585/mmwr.mm6747a6.
4. World Health Organization. Global and regional immunization profile; 2020 [Stand: 16.09.2020]. Verfügbar unter: [https://www.who.int/immunization/monitoring\\_surveillance/data/gloprofile.pdf?ua=1](https://www.who.int/immunization/monitoring_surveillance/data/gloprofile.pdf?ua=1).
5. Arenz S, Kalies H, Ludwig M-S, Hautmann W, Siedler A, Liebl B et al. Der Masernausbruch in Coburg: Was lässt sich daraus lernen? *Dtsch Arztebl* 2003; 100(47):3245–9. doi: 10.25646/826.
6. Osagie-Paech IR, Bunte A, Ademi K, Gallo S, Hurraß J, Kelzenberg N et al. Erkenntnisse aus dem Masernausbruch 2018 in Köln. *Gesundheitswesen* 2019; 81(03):235. doi: 10.1055/s-0039-1679278.
7. Mayet A, Genicon C, Duron S, Haus-Cheymol R, Ficko C, Bédubourg G et al. The measles outbreak in the French military forces - 2010-2011: Results of epidemiological surveillance. *J Infect* 2013; 66(3):271–7. doi: 10.1016/j.jinf.2012.11.012.
8. Mayet A, Verret C, Haus-Cheymol R, Duron S, Laval F de, Sbair-Idrissi K et al. Resurgence of measles in the French military forces in 2010. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2011; 30(8):1023–6. doi: 10.1007/s10096-011-1189-y.
9. Fine P, Eames K, Heymann DL. "Herd immunity": a rough guide. *Clin Infect Dis* 2011; 52(7):911–6. doi: 10.1093/cid/cir007.
10. Plans-Rubió P. Evaluation of the establishment of herd immunity in the population by means of serological surveys and vaccination coverage. *Hum Vaccin Immunother* 2012; 8(2):184–8. doi: 10.4161/hv.18444.
11. Johns Hopkins Coronavirus Resource Center. COVID-19 Map - Johns Hopkins Coronavirus Resource Center; 2020 [Stand: 03.10.2020]. Verfügbar unter: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>.
12. Frederiksen LSF, Zhang Y, Foged C, Thakur A. The Long Road Toward COVID-19 Herd Immunity: Vaccine Platform Technologies and Mass Immunization Strategies. *Front Immunol* 2020; 11. doi: 10.3389/fimmu.2020.01817.
13. World Health Organization. Policy recommendations [Stand: 05.05.2020]. Verfügbar unter: <https://www.who.int/immunization/policy/en/>.

14. Ständige Impfkommission. Empfehlungen der Ständigen Impfkommission beim Robert Koch-Institut – 2019/2020. *Epid Bull* 2019; (34):313–64. doi: 10.25646/6233.
15. Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über Schutzimpfungen nach § 20i Absatz 1 SGB V: (Schutzimpfungs-Richtlinie/SI-RL); 2007 [Stand: 16.09.2020]. Verfügbar unter: <https://www.g-ba.de/richtlinien/60/>.
16. Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Nationaler Impfplan: Impfwesen in Deutschland-Bestandsaufnahme und Handlungsbedarf; 2012 [Stand: 21.03.2020]. Verfügbar unter: [https://www.gesunde.sachsen.de/download/Download\\_Gesundheit/Nationaler\\_Impfplan.pdf](https://www.gesunde.sachsen.de/download/Download_Gesundheit/Nationaler_Impfplan.pdf).
17. Bundesministerium für Gesundheit. Nationaler Aktionsplan 2015–2020 zur Elimination der Masern und Röteln in Deutschland: Hintergründe, Ziele und Strategien; 2015 [Stand: 16.09.2020]. Verfügbar unter: [https://www.gmkonline.de/documents/Aktionsplan\\_Masern\\_Roeteln\\_2.pdf](https://www.gmkonline.de/documents/Aktionsplan_Masern_Roeteln_2.pdf).
18. Bundesministerium für Gesundheit. Gesetz für den Schutz vor Masern und zur Stärkung der Impfprävention (Masernschutzgesetz). *Bundesgesetzblatt*; 2020(Teil I Nr. 6):148–57.
19. Ständige Impfkommission. Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut/Stand: August 2015. *Epid Bull* 2015; 34:327–61. doi: 10.17886/EpiBull-2015-001.2.
20. Robert Koch-Institut. Impfquoten bei der Schuleingangsuntersuchung in Deutschland 2017. *Epid Bull* 2019; (18):147–53. doi: 10.25646/6120.
21. Robert Koch-Institut (RKI), Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. Erkennen – Bewerten – Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. RKI, Berlin; 2008.
22. Poethko-Müller C, Kuhnert R, Schlaud M. Durchimpfung und Determinanten des Impfstatus in Deutschland. *Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS)*. *Bundesgesundheitsblatt* 2007; 50(5-6):851–62. doi: 10.1007/s00103-007-0248-0.
23. Poethko-Müller C, Kuhnert R, Gillesberg Lassen S, Siedler A. Durchimpfung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland: Aktuelle Daten aus KiGGS Welle 2 und Trends aus der KiGGS-Studie. *Bundesgesundheitsblatt* 2019; 62(4):410–21. doi: 10.1007/s00103-019-02901-5.
24. Rieck T, Feig M, Siedler A, Wichmann O. Aktuelles aus der KV-Impfsurveillance – Impfquoten ausgewählter Schutzimpfungen in Deutschland. *Epid Bull* 2018; (1):1–14. doi: 10.17886/EpiBull-2018-001.3.
25. Bader H-M, Egler P. Initiativen zur Steigerung der Impfbereitschaft in Schleswig-Holstein–Impfschutz bei Erwachsenen in der Arbeitswelt 2003. *Bundesgesundheitsblatt* 2004; 47(12):1204–15. doi: 10.1007/s00103-004-0942-0.

26. Bödeker B, Remschmidt C, Müters S, Wichmann O. Impfquoten unter Erwachsenen in Deutschland für die Impfungen gegen saisonale Influenza, Tetanus und Pertussis. *Bundesgesundheitsblatt* 2015; 58(2):174–81. doi: 10.1007/s00103-014-2097-y.
27. Poethko-Müller C, Schmitz R. Impfstatus von Erwachsenen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt* 2013; 56(5-6):845–57. doi: 10.1007/s00103-013-1693-6.
28. Sammito S, Mayer-Falcke A, Hrsg. F I-S-3 - Soldat. In: Letzel S, Nowak D (Hrsg.): *Handbuch der Arbeitsmedizin*. Ecomed Verlag 2017: 1-20.
29. Sammito S, Müller-Schilling L, Gundlach N, Faulde M, Böckelmann I. Workplace-related risk of tick bites in military personnel stationed in Northern Germany. *Int Arch Occup Environ Health* 2019; 92(7):1061–5. doi: 10.1007/s00420-019-01445-0.
30. Harke H-P, Exner M. Hygienische und infektiologische Aspekte von „Out-of-Area“-Einsätzen der Bundeswehr oder humanitärer Hilfsorganisationen. *Hyg Med* 2002; 27(10):409–15.
31. Bundesministerium der Verteidigung. Zentrale Dienstvorschrift A-840/8: Impf- und weitere ausgewählte Prophylaxemaßnahmen - organisatorischer Teil 2014.
32. Kommando Sanitätsdienst der Bundeswehr. Zentralvorschrift A1-840/8-4000: Impf- und weitere ausgewählte Prophylaxemaßnahmen für die Bundeswehr Fachlicher Teil 2014.
33. Robert Koch-Institut. FSME: Risikogebiete in Deutschland (Stand: Januar 2019) Bewertung des örtlichen Erkrankungsrisikos. *Epid Bull* 2019; (7):57–70. doi: 10.25646/5892.
34. Arnold JN, Gundlach N, Böckelmann I, Sammito S. Vaccination coverage rates of military personnel worldwide: a systematic review of the literature. *Int Arch Occup Environ Health* 2020:1–8. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00420-020-01559-w>.
35. Clardy WF. Susceptibility in USAF recruits to vaccine-preventable diseases. *Vaccine* 1993; 11(5):573–5. doi: 10.1016/0264-410x(93)90234-o.
36. Eick AA, Hu Z, Wang Z, Nevin RL. Incidence of mumps and immunity to measles, mumps and rubella among US military recruits, 2000-2004. *Vaccine* 2008; 26(4):494–501. doi: 10.1016/j.vaccine.2007.11.035.
37. Kelley PW, Petruccelli BP, Stehr-Green P, Erickson RL, Mason CJ. The susceptibility of young adult Americans to vaccine-preventable infections. A national serosurvey of US Army recruits. *Jama* 1991; 266(19):2724–9. doi: 10.1001/jama.1991.03470190072032.
38. Lewis PE, Burnett DG, Costello AA, Olsen CH, Tchandja JN, Webber BJ. Measles, Mumps, and Rubella Titers in Air Force Recruits: Below Herd Immunity Thresholds? *Am J Prev Med* 2015; 49(5):757–60. doi: 10.1016/j.amepre.2015.04.019.

39. Nevin RL, Niebuhr DW. Rising hepatitis A immunity in U.S. military recruits. *Mil Med* 2007; 172(7):787–93. doi: 10.7205/MILMED.172.7.787.
40. Scott PT, Niebuhr DW, McGready JB, Gaydos JC. Hepatitis B immunity in United States military recruits. *J Infect Dis* 2005; 191(11):1835–41. doi: 10.1086/429965.
41. Smoak BL, Novakoski WL, Mason CJ, Erickson RL. Evidence for a recent decrease in measles susceptibility among young American adults. *J Infect Dis* 1994; 170(1):216–9. doi: 10.1093/infdis/170.1.216.
42. Struewing JP, Hyams KC, Tueller JE, Gray GC. The Risk of Measles, Mumps, and Varicella among Young Adults: A Serosurvey of US Navy and Marine Corps Recruits. *Am J Public Health* 1993; 83(12):1717–20. doi: 10.2105/ajph.83.12.1717.
43. Arav-Boger R, Ashkenazi S, Gdalevich M, Cohen D, Danon YL. Seroprevalence of pertussis antibodies among adolescents in Israel. *Isr Med Assoc J* 2000; 2(2):174–7.
44. Balicer RD, Grotto I, Huerta M, Levian Y, Davidovitch N. Influenza vaccine refusal in Israeli young adults. *Mil Med* 2007; 172(10):1093–5. doi: 10.7205/mil-med.172.10.1093.
45. Huerta M, Davidovitch N, Aboudy Y, Ankol OE, Balicer RD, Zarka S et al. Declining population immunity to mumps among Israeli military recruits. *Vaccine* 2006; 24(37-39):6300–3. doi: 10.1016/j.vaccine.2006.05.072.
46. Levine H, Ankol OE, Rozhavski V, Davidovitch N, Aboudy Y, Zarka S et al. Sub-optimal prevalence of mumps antibodies in a population based study of young adults in Israel after 20 years of two dose universal vaccination policy. *Vaccine* 2011; 29(15):2785–90. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.01.103.
47. Levine H, Ankol OE, Rozhavski V, Davidovitch N, Aboudy Y, Zarka S et al. Rubella seroprevalence in the first birth cohort reaching fertility age after 20 years of two dose universal vaccination policy in Israel. *Vaccine* 2012; 30(50):7260–4. doi: 10.1016/j.vaccine.2012.09.075.
48. Levine H, Zarka S, Ankol OE, Rozhavski V, Davidovitch N, Aboudy Y et al. Seroprevalence of measles, mumps and rubella among young adults, after 20 years of universal 2-dose MMR vaccination in Israel. *Hum Vaccin Immunother* 2015; 11(6):1400–5. doi: 10.1080/21645515.2015.1032489.
49. Flugsrud LB, Rld TO, Aasen S, Berdal BP. Measles antibodies and herd immunity in 20- and 40-year-old Norwegians. *Scand J Infect Dis* 1997; 29(2):137–40. doi: 10.3109/00365549709035873.
50. Vainio K, Samdal HH, Anestad G, Skutlaberg DH, Bransdal KT, Mundal R et al. Seroprevalence of measles among Norwegian military conscripts in 2004. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2007; 26(3):217–20. doi: 10.1007/s10096-007-0258-8.

51. Al-Khashan HI, Selim MA, Mishriky AM, Binsaeed AA. Meningitis and seasonal influenza vaccination coverage among military personnel in central Saudi Arabia. *Saudi Med J* 2011; 32(2):159–65.
52. Arteaga A, Desviat PV, Jaqueti J, Santos J, Miguel AG de, Garcia RJ. Self-reported history of vaccination and disease and immunity against hepatitis A, hepatitis B, tetanus, diphtheria and varicella among Spanish military recruits. *Hum Vaccin* 2010; 6(2):198–201. doi: 10.4161/hv.6.2.10398.
53. Gonwong S, Chuenchitra T, Khantapura P, Islam D, Mason CJ. Measles susceptibility in young Thai men suggests need for young adult measles vaccination: a cross sectional study. *BMC Public Health* 2016; 16:309. doi: 10.1186/s12889-016-2987-z.
54. Hosseini Shokouh SJ, Mohammadi B, Rajabi J, Mohammadian Roshan G. Immunity to Diphtheria and Tetanus in Army Personnel and Adult Civilians in Mashhad, Iran. *Jpn J Infect Dis* 2017; 70(2):132–5. doi: 10.7883/yoken.JJID.2015.473.
55. Passos AM, Treitinger A, Spada C. Hepatitis B immunity and vaccination coverage among young adult males in the Air Force in South Brazil. *Vaccine* 2011; 29(49):9284–8. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.06.050.
56. Rappuoli R, Podda A, Giovannoni F, Nencioni L, Peragallo M, Francolini P. Absence of protective immunity against diphtheria in a large proportion of young adults. *Vaccine* 1993; 11(5):576–7. doi: 10.1016/0264-410x(93)90235-p.
57. Jarrett C, Wilson R, O'Leary M, Eckersberger E, Larson HJ. Strategies for addressing vaccine hesitancy - A systematic review. *Vaccine* 2015; 33(34):4180–90. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.04.040.
58. Jacobson Vann JC, Jacobson RM, Coyne-Beasley T, Asafu-Adjei JK, Szilagyi PG. Patient reminder and recall interventions to improve immunization rates. *Cochrane Database Syst Rev* 2018; 1:CD003941. doi: 10.1002/14651858.CD003941.pub3.
59. Graaf JA de, Reimerink JHJ, Voorn GP, Bij de Vaate, E. A., Vries A de, Rockx B et al. First human case of tick-borne encephalitis virus infection acquired in the Netherlands, July 2016. *Euro Surveill* 2016; 21(33). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.33.30318.
60. Horstkötter N, Müller U, Ommen O, A., Reckendrees B, Stander V et al. Einstellungen, Wissen und Verhalten von Erwachsenen und Eltern gegenüber Impfungen – Ergebnisse der Repräsentativbefragung 2018 zum Infektionsschutz: BZgA-Forschungsbericht: Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung; 2019 [Stand: 31.08.2020]. Verfügbar unter: [https://www.bzga.de/fileadmin/user\\_upload/PDF/studien/Infektionsschutzstudie\\_2018.pdf](https://www.bzga.de/fileadmin/user_upload/PDF/studien/Infektionsschutzstudie_2018.pdf).
61. Pfausler B. et al. S1-Leitlinie Tetanus. Deutsche Gesellschaft für Neurologie, Hrsg. Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie 2017 [Stand: 16.09.2020]. Verfügbar unter: <https://dgn.org/leitlinien/3490-II-030-104-2017-tetanus>.

62. Polak S, Riddle MS, Tribble DR, Armstrong AW, Mostafa M, Porter CK. Pre-deployment vaccinations and perception of risk among US military personnel. *Hum Vaccin* 2011; 7(7):762–7. doi: 10.4161/hv.7.7.15574.
63. Poethko-Müller C, Atzpodien K, Schmitz R, Schlaud M. Impfnebenwirkungen bei Kindern und Jugendlichen. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys. *Bundesgesundheitsblatt* 2011; 54(3):365–71. doi: 10.1007/s00103-010-1235-4.
64. Sammito S. Die alltägliche (Wieder-) Herstellung der Gesundheit im Militär. In: *Die Gesundheit des Militärs*: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG; 2020. S. 109–20 (Militär und Sozialwissenschaften).



## Publikationsverzeichnis

### Veröffentlichte Arbeiten:

1. Arnold JN, Gundlach N, Böckelmann I, Sammito S. Vaccination Coverage Rates of Military Personnel Worldwide – A Systematic Review of the Literature. *Int Arch Occup Environ Health*. 2020. DOI 10.1007/s00420-020-01559-w.
2. Arnold JN, Gundlach N, Böckelmann I, Sammito S. Querschnittstudie zur Erhebung des Impfbedarfs von Berufsanfängern beim Eintritt in die Bundeswehr. In: *Forum Arbeitsphysiologie: 21. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler: 17.11.2017 - 19.11.2017 in Bad Münden – Wuppertal*. Inst. ASER. 2017. Poster 2, S. 2.
3. Arnold JN, Gundlach N, Böckelmann I, Sammito S. Randomisierte kontrollierte Kohortenstudie zur Quantitätssteigerung von Impfraten beim Basisimpfschutz von Soldaten der Bundeswehr. Vortrag zum Heinz-Gerngroß-Förderpreis 2017 auf dem 48. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Wehrmedizin & Wehrpharmazie e. V. (DGWMP). 27. Oktober 2017. Gladbeck. In: *Wehrmed Mschr* 2017 (61); 12: 302-3.

### Eingereichte Arbeiten:

4. Arnold JN, Gundlach N, Böckelmann I, Sammito S. Impfstatus bei jungen Arbeitnehmern – Eine Erhebung bei Berufsanfängern im militärischen Bereich. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed*. Accepted.
5. Arnold JN, Gundlach N, Böckelmann I, Sammito S. Randomised controlled cohort study on measures to increase vaccination rates among German Armed Forces soldiers. Submitted.

## Danksagungen

Ich habe es geschafft, meine Dissertation ist fertig geschrieben. Aber dieses Werk ist nicht allein mein Verdienst, sondern viele Personen standen mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite, denen ich an dieser Stelle danken möchte.

Allen voran möchte ich meinem Doktorvater Oberfeldarzt PD Dr. Sammito danken, der mich während meiner Arbeit immer hervorragend betreut hat. Auch in Phasen, in denen ich mich eher meiner Facharztweiterbildung als meiner Dissertation gewidmet habe, hat er nie die Geduld verloren. Korrekturen und Antworten auf Fragen kamen immer prompt und ich konnte viel von seiner Forschungserfahrung profitieren. Auch Frau Prof. Dr. Böckelmann, die als Bereichsleiterin schnell und zuverlässig meine Artikel quergelesen hat, möchte ich danken.

Des Weiteren möchte ich mich bei Oberfeldarzt Dr. Gundlach bedanken, der mir die Dissertation ermöglicht und entscheidend zur Themenfindung beigetragen hat. Zusätzlich wurde meine Arbeit durch ihn im SanVersZ Rotenburg (Wümme) tatkräftig unterstützt, sei es durch das Umsetzen der Datenschutzerfordernungen, die Kommunikation mit den Einheiten der von-Düring-Kaserne oder auch einfach nur durch einen gemeinsamen Kaffee im Aufenthaltsraum. Durch ihn hatte ich vor Ort optimale Arbeitsbedingungen für meine Studie. Auch dem Personal des SanVersZ danke ich für die Unterstützung. So haben zum Beispiel Frau Hahn und das Team des Behandlungszimmers viel Zeit dafür aufgewendet durchgeführte Impfungen doppelt zu dokumentieren, damit ich diese in meine Datenbank einpflegen konnte.

Auch danke ich Dennis Bürger dafür, dass er mit seinen Informatikkenntnissen in die Bresche gesprungen ist und mir beim Programmieren des Serienbriefs geholfen hat. Das hat mir viele Stunden nervenaufreibender Einzelausdrucke erspart. Zu guter Letzt möchte ich meinem Lebensgefährten Michal Maj danken, der mein Klagen und meine Berichte über die Arbeit zu jederzeit ertragen und mir in den stressigen Phasen der Arbeit immer den Rücken freigehalten hat. Auch meinen Freunden, die ich hier nicht alle einzeln nennen kann, danke ich für ihre Ratschläge, Korrekturen meiner oder auch einfach nur für etwas Ablenkung nach einem langen Doktorarbeitstag.

## Ehrenerklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

PROTECT – Erhebung des IST-Zustandes und Maßnahmen zur  
Quantitätssteigerung der Impfraten von Soldaten/innen der Bundeswehr

im Bereich für Arbeitsmedizin

mit Unterstützung durch das Sanitätsversorgungszentrum der von-Düring-Kaserne (ehemals Lent-Kaserne) Rotenburg Wümme

ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Hamburg, den 04. Oktober 2020

Jana Nele Arnold

## **Erklärung zur strafrechtlichen Verurteilung**

Ich erkläre hiermit, nicht wegen einer Straftat verurteilt worden zu sein, die Wissenschaftsbezug hat.

Hamburg, den 04. Oktober 2020

Jana Nele Arnold

## Darstellung des Bildungsweges

Name: Arnold  
Vorname: Jana Nele  
Geburtsdatum: 05.02.1993  
Geburtsort: Rotenburg (Wümme)  
wohnhaft: Hermannstal 37, 22119 Hamburg  
Familienstand: ledig  
Nationalität: deutsch

### Schulbildung:

2005 – 2011 Gymnasium i.E Sottrum (Abschluss Abitur Note: 2,0)  
2004 – 2005 Orientierungsstufe Sottrum Süd  
1999 – 2004 Grundschule am Eichkamp Sottrum

### Ausbildung und Berufsweg:

Seit 06/2020 **Schiffahrtmedizinisches Institut der Marine**  
- Ausbildung zur Schiffsärztin der Marine

Seit 11/2015 **Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**  
- Promovendin im Bereich Arbeitsmedizin

11/2017 – 06/2020 **Bundeswehrkrankenhaus Hamburg**  
- 11/2019 – 06/2020 Assistenzärztin in der Zentralen Notaufnahme  
- 11/2017 – 11/2019 Assistenzärztin in Fachweiterbildung Hals-Nasen-Ohrenheilkunde

10/2011 – 11/2017 **Medizinstudium an der Universität zu Lübeck**  
- 10.11.2017 Approbation als Ärztin (Note: 2,3)

2011 – heute **Zeitsoldatin bei der Bundeswehr (Marine)**  
- 10/2011 – 11/2017 Beurlaubung zum Studium, Stammeinheiten: SanVersZ Plön, SanUstgZ Kiel  
- 07/2011 – 10/2011 Allgemeine Grundausbildung an der Marineschule Mürwik und auf dem Einsatzgruppenversorger Frankfurt am Main

Hamburg, den 04. Oktober 2020

Jana Nele Arnold

Anlagen

Anlage 1 – Impfkalender der STIKO für Säuglinge, Kinder, Jugendliche und Erwachsene, Stand: 2015 (19)

Impfung	Alter in Wochen	Alter in Monaten				Alter in Jahren					
		2	3	4	11–14	15–23	2–4	5–6	9–14	15–17	ab 18
Tetanus		G1	G2	G3	G4	N	A1	A2	A (ggf. N) <sup>e</sup>		
Diphtherie		G1	G2	G3	G4	N	A1	A2	A (ggf. N) <sup>e</sup>		
Pertussis		G1	G2	G3	G4	N	A1	A2	A (ggf. N) <sup>e</sup>		
Hib <i>H. influenzae</i> Typ b		G1	G2 <sup>c</sup>	G3	G4	N	N				
Poliomyelitis		G1	G2 <sup>c</sup>	G3	G4	N	N	A1	ggf. N		
Hepatitis B		G1	G2 <sup>c</sup>	G3	G4	N	N	N			
Pneumokokken <sup>a</sup>		G1		G2	G3	N					S 8
Rotaviren	G1 <sup>b</sup>	G2	(G3)								
Meningokokken C					G1 (ab 12 Monaten)		N				
Masern					G1		N			S f	
Mumps, Röteln					G1		N				
Varizellen					G1		N				
Influenza											S (jährlich)
HPV Humane Papillomviren							G1 <sup>d</sup>	G2 <sup>d</sup>	N <sup>d</sup>		

**Erläuterungen**

G Grundimmunisierung (in bis zu 4 Teilimpfungen G1–G4)

A Auffrischimpfung

S Standardimpfung

N Nachholimpfung (Grundimmunisierung aller noch nicht Geimpften bzw. Komplettierung einer unvollständigen Impfserie)

a Frühgeborene erhalten eine zusätzliche Impfstoffdosis im Alter von 3 Monaten, d. h. insgesamt 4 Dosen

b Die 1. Impfung sollte bereits ab dem Alter von 6 Wochen erfolgen, je nach verwendetem Impfstoff sind 2 bzw. 3 Dosen im Abstand von mindestens 4 Wochen erforderlich.

c Bei Anwendung eines monovalenten Impfstoffes kann diese Dosis entfallen.

d Standardimpfung für Mädchen im Alter von 9–13 bzw. 9–14 Jahren (je nach verwendetem Impfstoff) mit 2 Dosen im Abstand von 6 Monaten, bei Nachholimpfung im Alter > 13 bzw. > 14 Jahren oder bei einem Impfabstand von < 6 Monaten zwischen 1. und 2. Dosis ist eine 3. Dosis erforderlich (Fachinformation beachten).

e Td-Auffrischimpfung alle 10 Jahre. Die nächste fällige Td-Impfung einmalig als Tdap- bzw. bei entsprechender Indikation als Tdap-IPV-Kombinationsimpfung.

f Einmalige Impfung für alle nach 1970 geborenen Personen ≥ 18 Jahre mit unklarem Impfstatus, ohne Impfung oder mit nur einer Impfung in der Kindheit, mit einem MMR-Impfstoff

g Einmalige Impfung mit Polysaccharid-Impfstoff

h

## Anlage 2 – Übersicht der Suchergebnisse aus der systematischen Literaturrecherche (34)

Studie	Datum	Anzahl Probanden/in-nen	Land / TSK	Zeit beim Militär	Art der Datenerfassung	Alter	♀	♂
Al-Khashan, HI et al. (51)	2011	2286	Saudi-Arabien, alle TSKs	14,9 ± 7,8 Jahre	Fragebogen	36,3 ± 7,5 Jahre	k. A.	k. A.
Arav-Boger, R et al. (43)	2000	533	Israel	Rekruten	Seroprävalenz	17 oder 18 Jahre	59,7%	40,3%
Arteaga, A et al. (52)	2010	226	Spanien	Rekruten	Seroprävalenz, Fragebogen	20,2 ± 1,7 Jahre	91,6%	7,5%
Balicer, RD et al. (44)	2007	942	Israel, Luftwaffe	k. A.	Fragebogen	22,5 ± 5,1 Jahre	80,2%	19,8%
Clardy, WF (35)	1993	276	USA, Air Force	Rekruten	Seroprävalenz, Fragebogen	52,5% < 20 Jahre, 41,3% 20-24 Jahre, 6,2% >24 Jahre	85,5%	14,5%
Eick, AA et al. (36)	2008	3000	USA, alle TSKs	Rekruten	Kohortenstudie, Seroprävalenz	49,0% 17-19 Jahre, 39,9% 20-24 Jahre, 8,8% 25-29 Jahre, 2,2% 30-35 Jahre	79,0%	21,0%
Flugsrud, LB et al. (49)	1997	1188 Soldaten, 695 Zivilisten	Norwegen	Rekruten	Seroprävalenz	Alter 18-28 Jahre, Mittelwert 20,7 Jahre	98,7%	1,3%
Gonwong, S et al. (53)	2016	7760	Thailand	Rekruten	Seroprävalenz	15,2% 18-20 Jahre, 69,8% 21 Jahre, 13,1% 22-24 Jahre, 1,9% 25-30 Jahre	100,0%	0,0%
Hosseini Shokouh, SJ et al. (54)	2017	180 Militär, 83 Zivilisten	Iran	k. A.	Seroprävalenz	27,2% 18-34 Jahre, 32,8% 35-50 Jahre, 40% >50 Jahre	95,6%	4,6%
Huerta, M et al. (45)	2006	353	Israel	Rekruten	Seroprävalenz	95% 18-19 Jahre	56,4%	43,6%
Kelley, PW et al. (37)	1991	1547	USA	Rekruten	Seroprävalenz, Fragebogen	Alter 17-35 Jahre, 77% <20 Jahre	73,7%	26,3%
Levine, H et al. (46)	2011	441	Israel	Rekruten	Seroprävalenz	95% 18-19 Jahre	57,1%	42,9%
Levine, H et al. (47)	2012	416	Israel	Rekruten	Seroprävalenz	95% 18-19 Jahre	57,5%	42,5%
Levine, H et al. (48)	2015	439	Israel	Rekruten	Seroprävalenz	95% 18-19 Jahre	56,5%	43,5%
Lewis, P.E et al. (38)	2015	32502	USA, Air Force	Rekruten	Seroprävalenz	47,0% 17-19 Jahre, 42,9% 20-24 Jahre, 8,3% 25-29 Jahre, 1,3% 30-35 Jahre, 1,3% >35 Jahre	78,6%	21,4%
Nevin, RL et al. (39)	2007	2026	USA	Rekruten	Seroprävalenz	14,1% 18-19 Jahre, 9,3% 20-24 Jahre, 14,0% 25-29 Jahre, 11,8% 30-34 Jahre	82,6%	17,4%
Passos, AM et al. (55)	2011	371	Brasilien Luftwaffe	Rekruten	Seroprävalenz, Fragebogen, Impfpass	19-20 Jahre	100,0%	0,0%
Rappuoli, R et al. (56)	1993	334	Italien	Rekruten	Seroprävalenz	17-22 Jahre	k. A.	k. A.
Scott, PT et al. (40)	2005	2400	USA, 55% Heer, 26% Navy, 19% Marine Corps	Rekruten	Seroprävalenz	50% 18-19 Jahre, 25% 20-23 Jahre, 25% 24-35 Jahre,	81,5%	18,5%
Smoak, BL et al. (41)	1994	1961	USA Heer	Rekruten	Seroprävalenz	Mittelwert 19,8 Jahre (1989)	59,0%	41,0%
Struewing, JP et al. (42)	1993	1533	USA, Navy / Marine Corps	Rekruten	Fragebogen Seroprävalenz	Mittelwert 20,3 Jahre (1990)	56,0%	44,0%
Vaino, K et al. (50)	2007	1405	Norwegen	Rekruten	Seroprävalenz	74,1% 17-19 Jahre, 21,4% 20-24 Jahre, 3,7% über 25 Jahre	90,8%	9,2%

## Anlage 3 – Beispiel eines Reminders für den Impfschutz „Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland“

2./91  
 HF  
 Mustermann  
 Max

### Sanitätsversorgungszentrum Rotenburg



Sehr geehrter Herr Mustermann

Im Rahmen der Impfüberwachung durch Ihr Sanitätsversorgungszentrum wurde ihr Impfstatus überprüft.

Im Folgenden ist der Vollschutz (VS) für die einzelnen Impfungen aufgeführt bzw. wo bei Ihnen noch Impfbedarf ist, wurde dies entsprechend markiert.

Tetanus:	<b>Impfung gegen TETANUS notwendig!</b>
Diphtherie:	<b>Impfung gegen DIPHtherie notwendig!</b>
Poliomyelitis:	<b>Impfung gegen POLIOMYELITIS notwendig!</b>
Pertussis:	<b>Impfung gegen PERTUSSIS notwendig!</b>
Hepatitis A: VS: 01.08.2035	
Hepatitis B: VS: 01.08.2020	
MMR: VS: 31.12.2099	
FSME:	<b>Impfung gegen FSME notwendig!</b>
Influenza:	<b>Impfung gegen Influenza (Grippe) notwendig!</b>

Wenn bei Ihnen Impfungen notwendig sind, dann melden Sie sich bitte im Behandlungsraum ihres SanVersZ Rotenburg. Dies können Sie jederzeit während der normalen Öffnungszeiten durchführen, sie brauchen hierzu keinen Termin und auch nicht ihre G-Akte.

Mit freundlichen Grüßen,  
 Ihr SanVersZ Rotenburg



## Anlage 4 – Microsoft-Access Formular zur Feststellung des Vollschutzes (VS) eines/r Soldaten/in zu einem definierten Zeitpunkt (01. Juni 2016)

ID:	<input type="text" value="70"/>
Name:	<input type="text" value="Mustermann"/>
Vorname:	<input type="text" value="Max"/>
	<b>VS:</b>
	<b><u>VS 01.06.2016</u></b>
Tetanus-VS:	<input type="text" value="01.05.2015"/> <input type="text" value="nein"/>
Diph-VS:	<input type="text" value="01.05.2015"/> <input type="text" value="nein"/>
Pertussis-VS:	<input type="text" value="01.05.2015"/> <input type="text" value="nein"/>
HepA-VS:	<input type="text" value="01.08.2035"/> <input type="text" value="ja"/>
HepB-VS:	<input type="text" value="01.08.2020"/> <input type="text" value="ja"/>
MMR-VS:	<input type="text" value="31.12.2099"/> <input type="text" value="ja"/>
Masern-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
Röteln-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
Mumps-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
Gelbfieber-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
Polio-VS:	<input type="text" value="01.05.2015"/> <input type="text" value="nein"/>
Typhus-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
JE-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
FSME-VS:	<input type="text" value="05.06.2012"/> <input type="text" value="nein"/>
Tollwut-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
Menigo-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>
Influenza-VS:	<input type="text" value="30.09.2014"/> <input type="text" value="nein"/>
Schweineinf-VS:	<input type="text"/>
Cholera-VS:	<input type="text"/> <input type="text" value="nein"/>

# Anlage 5 – Impfüberwachungsblatt 2: Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland (32)

Schutzbereich 3

## 2.2.3 Impfüberwachungsblatt 2: Hilfs- und Katastrophenkräfte Inland

Zum Verbleib in der G-Karte!

Name, Vorname	Dienstgrad	Personenkennziffer
Stammereinheit		

Bei allen Impfungen sind die Herstellerangaben bzgl. Impfschema und Injektionsart zu beachten!

### 1 Impfbedarf

	Tetanus	Diphtherie	Pertussis	Polio	Hepatitis A	Hepatitis B	FSME	MMR	Influenza	(Namenszeichen, Stempel des TrÄrztes bzw. der TrÄrztin)
Auffrischung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Grundimmunisierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

### 2 Auffrischung

	Vorzugsweise Kombinationsimpfstoff (Tdap-IPV)	Vorzugsweise Kombinationsimpfstoff (Tdap-IPV)	Hepatitis A	Hepatitis B	FSME	MMR	Influenza	(Namenszeichen, Stempel des TrÄrztes bzw. der TrÄrztin)
Auffrischung am (Datum)								

### 3 Grundimmunisierung

\* Evtl sind nur zwei Impfungen (an Tag 0 und Tag 56) notwendig; hierzu Herstellerangaben beachten!  
 \*\* Entfällt, wenn mit monovalentem Hep. A-Impfstoff geimpft wird.

3.1 Langzeit	Vorzugsweise Kombinationsimpfstoff (Td)		Polio *	Vorzugsweise Kombinationsimpfstoff		FSME	MMR	Influenza	(Namenszeichen, Stempel des TrÄrztes bzw. der TrÄrztin)
	Tetanus	Diphtherie		Hepatitis A	Hepatitis B				
1. Impfung am (Datum Tag 0)									
2. Impfung am (Datum Tag 28)				**		(gemäß Herst.)			
3. Impfung am (Datum 6-12 Monate, Folio (IPV) bereits ab 2. Monat möglich)						(gemäß Herst.)			
3.2 Kurzzeit									
1. Impfung am (Datum Tag 0)	Nur Hep A/B Kombimpfstoff bzw. Hep B-Impfstoffe								
2. Impfung am (Datum Tag 7) bzw. gemäß Hersteller	FSME								
3. Impfung am (Datum Tag 21) bzw. gemäß Hersteller	(gemäß Herst.)								
ggf. 4. Impfung am (Datum 12-18 Monate)	(gemäß Herst.)								

**Anlage 6 – FSME-Risikogebiete in Deutschland mit Markierung des Studienstandortes Rotenburg (Wümme); dunkelblau FSME-Risiko-gebiet, hellblau FSME-Risikogebiet seit 2019, weiß - kein Risikogebiet (33)**

