

IMPFFOLGENABSCHÄTZUNG

MASERN

Systematische Impffolgen-Belastungsanalyse (IFBA) der MMR-/MMRV-Impfung

Gesundheitliche Folgen · Betreuung · Erwerbsausfall · schwere Ereignisse · lebenslange Schäden ·
historischer Belastungs-Break-even

Eine vollständige Folgenabschätzung der Impfstrategie: nicht nur Krankheit und Wirksamkeit, sondern
die gesamte, ausgelöste Belastung und der dafür erforderliche Präventionsnutzen.

Methodischer Forschungs- und Evaluationsbericht · Fassung September 2026

Herausgeberin: Stiftung Rudulin

Studienleiter: Markus Bönig

Abruf des gesamten Dokuments auf: www.freiheitskanzlei.de/masern/impffolgenabschaetzung

ERGEBNIS AUF EINEN BLICK

Bezugsgröße der Hauptrechnung: 800.000 verabreichte Dosen / Impfexpositionen

Diese Impffolgenabschätzung erfasst die vollständige Belastungskette der Masern-Impfstrategie. Dazu gehören die gesundheitliche Belastung des geimpften Kindes, notwendige Betreuung, Erwerbsausfall, schwere akute Ereignisse und dauerhafte beziehungsweise lebenslange Schäden. Die Impffolgen-Belastungsanalyse (IFBA) führt diese Folgen transparent zusammen und stellt sie der tatsächlich vermiedenen Masern-Krankheitslast gegenüber. Dies sind die zentralen Kennzahlen der Analyse.

604.570	19.465	2001–2025
IFBA-Einheiten Zentralszenario	Masern- Gesamtbelastungsäquivalente Zentralszenario	kein Jahr erreicht den IFBA-Benchmark

Die zentrale Fragestellung der Analyse lautet: Wie groß ist die gesamte durch eine konkrete Impfstrategie ausgelöste Belastung – und wie viele Masernfälle müssten tatsächlich verhindert werden, damit diese Belastung ausgeglichen wird?

Executive Summary – Impffolgenabschätzung Masern

Die Impffolgenabschätzung kommt zu einem klaren Ergebnis: Im 800.000-Dosen-Zentralszenario entstehen rund 604.570 IFBA-Belastungseinheiten. Bei symmetrischer Berücksichtigung von Krankheitstagen des Kindes, Betreuung und Erwerbsausfall entsprechen diese mindestens rund 19.465 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten. Seit Beginn der bundesweit vergleichbaren Meldestatistik im Jahr 2001 gab es kein einziges Jahr, in dem die beobachtete Masernfallzahl den jeweils auf die Geburtskohorte skalierten IFBA-Belastungs-Break-even erreichte; selbst 2001 lag sie nur bei rund 16,9 % dieser Schwelle, 2025 bei rund 0,7 %.

Daraus folgen vier zentrale Konsequenzen: **Erstens** sollte die gesetzliche Masern-Nachweispflicht nicht fortgeführt werden, wenn ihr zusätzlicher Präventionsnutzen die zusätzlich ausgelöste Belastung nicht nachweisbar übersteigt. **Zweitens** sollte die routinemäßige zweite Masernimpfung neu bewertet werden, weil sie im verwendeten Modell nur etwa **6–7 Prozentpunkte zusätzlichen Schutz** gegenüber der ersten Dosis bringt. **Drittens** sollten stärker reaktogene MMRV-Produkte wie **ProQuad** dort nicht eingesetzt werden, wo mit einer weniger belastenden Alternative dasselbe Präventionsziel erreicht werden kann. **Viertens** sollte die deutsche Masernstrategie insgesamt nicht auf maximale Impfexposition, sondern auf **minimale Gesamtbelastung bei ausreichendem Schutz** ausgerichtet werden.

HAUPTERGEBNIS

604.570 IFBA-Einheiten · 19.465 Masern-Gesamtbelastungsäquivalente

Historischer Befund: 2001–2025 erreichte kein beobachtetes Masernjahr den jeweiligen IFBA-Benchmark. Für 2025 stehen 234 gemeldete Fälle einem symmetrischen Benchmark von rund 31.836 gegenüber. Belastungsminimierung im 2025-Szenario: eine MMR-Dosis statt zwei Dosen im heutigen Mix senkt die modellierte Gesamtlast von ca. 988.836 auf ca. 390.021 Einheiten (–60,6 %).

Kurzfassung

Kernparameter	Zentralwert / Ansatz	Bedeutung
Standardpopulation	800.000 Impfexpositionen	Modellbezugsgröße
Fieberereignisse	108.000	13,5 % Arbeitsmodell
Kind-Fiebertage	216.000	2 Tage je Fieberereignis
Betreuungstage	216.000	ein Betreuungstag je Kind-Fiebertag
Erwerbsausfalltage	ca. 54.154	konservatives Erwerbsmodell
Unmittelbare Gesamtlast	ca. 486.154 Einheiten	$216.000 + 216.000 + 54.154$
Schwere akute Zusatzlast	ca. 1.617 Einheiten	nicht-pyretischer Schwerblock, ohne Doppelzählung
Anerkannte Impfschäden	306 in 2009–2019 = ca. 28/Jahr	empirisch, über sämtliche Impfungen; nicht MMR-spezifisch
Langzeit-Konvention	anerkannt = lebenslang	IFBA-Modellannahme bei Kleinkindern: ca. 80 Restlebensjahre
Zentrale MMR/MMRV-Sensitivität	8 lebenslange Fälle / 800.000 Dosen	1 : 100.000; Modellannahme, keine beobachtete Rate
Langzeitlast bei 8 Fällen	ca. 116.800 gewichtete Tage	$80 \text{ Jahre} \times 365 \times 50 \% \times 8$
Gesamtlast im Zentralszenario	ca. 604.570 IFBA-Einheiten	Akut + Betreuung + Erwerb + Schwerblock + Langzeitblock
Gesamtbelastungsäquivalent	ca. 19.465 Masernfälle	$604.570 \div 31,06 \text{ IFBA-Einheiten je Masernfall}$
28-Fälle-Referenz	ca. 896.570 Einheiten / 28.866 Gesamtbelastungsäquivalente	nur Referenz: 28/Jahr gelten für alle Impfungen, nicht für MMR/MMRV

MANAGEMENT SUMMARY

1. Gesamtbelastung heute: Für 800.000 Impfexpositionen ergibt das Zentralmodell 108.000 Fieberereignisse, 216.000 Kind-Fiebertage, 216.000 Betreuungstage und rund 54.154 Erwerbsausfalltage. Mit dem addierbaren schweren Akutblock und der zentralen Langzeitsensitivität von acht lebenslangen schweren Schäden ergibt sich eine Gesamtlast von rund 604.570 IFBA-Einheiten beziehungsweise bei symmetrischer Gegenrechnung von Krankheit, Betreuung und Erwerbsausfall rund 19.465 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten.

2. Historischer Belastungstest: Seit Beginn der bundesweit vergleichbaren Meldereihe 2001 lag die beobachtete Masernfallzahl in keinem einzigen Jahr über dem jeweils auf die Geburtskohorte und das Zwei-Dosen-Regime skalierten IFBA-Benchmark. 2001 standen 6.037 Fälle rund 35.741 Gesamtbelastungsäquivalenten gegenüber; 2015 waren es 2.466 zu 35.891; 2024 645 zu 32.950 und 2025 234 zu 31.836. Die Rückrechnung ist ein Belastungsbenchmark, keine direkte Schätzung der ohne Impfung eingetretenen Fälle.

3. Zweite Dosis als Grenznutzenentscheidung: Der verwendete Wirksamkeitsansatz steigt von rund 92 % nach einer Dosis auf rund 98–99 % nach zwei Dosen. Die zweite vollständige Impfexposition liefert damit etwa 6–7 Prozentpunkte zusätzlichen Schutz. Die IFBA verlangt deshalb für diese zweite Dosis einen eigenständigen Nachweis, dass ihr tatsächlich realisierter zusätzlicher Präventionsnutzen die von ihr erneut ausgelöste Belastung übersteigt.

4. Produktstrategie: Bei der ersten MMRV-Dosis wurden 21,5 % Hochfieberereignisse $\geq 39^\circ\text{C}$ beobachtet, gegenüber 14,9 % bei getrennter MMR- und Varizellengabe. Das entspricht 6,6 Prozentpunkten beziehungsweise 30,7 % weniger Hochfieberereignissen bei der getrennten Strategie. Wo dasselbe Präventionsziel mit geringerer Reaktogenität erreichbar ist, spricht die IFBA für die belastungsärmere Variante.

5. Konkrete Belastungsreduktion: Für den Geburtsjahrgang 2025 ergeben zwei Dosen 1.308.482 potenzielle Impfexpositionen und im standardisierten Modell rund 988.836 IFBA-Einheiten. Eine einmalige MMR-Strategie ohne MMRV/ProQuad reduziert die Expositionen auf 654.241, die modellierten Fieberereignisse auf rund 65.424, die Kind-Fiebertage und Betreuungstage auf jeweils rund 130.848 und die Erwerbsausfalltage auf rund 32.806. Unter derselben Langzeitsensitivität sinkt die Gesamtlast auf rund 390.021 Einheiten; der symmetrische Belastungs-Break-even fällt von rund 31.836 auf rund 12.557 Masern-Gesamtbelastungsäquivalente. Das entspricht einer modellierten Entlastung um rund 60,6 %.

6. Konsequenz für die Strategie: Aus Sicht der IFBA sind drei Reformschritte vorrangig zu prüfen: die gesetzliche Nachweispflicht aufheben, die routinemäßige zweite Masernimpfung nur bei nachgewiesenem ausreichendem Grenznutzen fortführen und ProQuad/MMRV dort nicht routinemäßig einsetzen, wo eine weniger reaktogene Alternative dasselbe Präventionsziel erreicht. Der Effekt eines Wegfalls der Nachweispflicht ist in der 60,6%-Rechnung nicht enthalten, weil dafür die tatsächlich dadurch zusätzlich ausgelösten Impfungen bekannt sein müssten.

2025 – Modellvergleich	Zwei Dosen, heutiger Mix	Eine Dosis, MMR
Impfexpositionen	1.308.482	654.241
Fieberereignisse	176.645	65.424
IFBA-Gesamtlast	988.836	390.021
Belastungs-Break-even	31.836	12.557

Hinweis: Das Ein-Dosis-Szenario quantifiziert die Belastungsseite. Ob und wie viele zusätzliche Masernfälle dadurch entstehen würden, ist eine eigenständige kontrafaktische Nutzenfrage und muss gesondert modelliert werden.

Begriffssystem

Impffolgenabschätzung = Oberverfahren. Impffolgen-Belastungsanalyse (IFBA) = quantitativer Kern.
 Belastungs-Break-even = Schwelle, ab der die tatsächlich verhinderte Krankheitsbelastung die ausgelöste Gesamtbelastung mindestens ausgleicht. Teil-Break-even = Schwelle einer einzelnen Belastungsdimension, etwa Gesundheit, Betreuung oder Kosten.

Inhaltsverzeichnis

1. Methodik der Impffolgenabschätzung
2. Modellpopulation und Annahmen
3. Teil I - Krankheitsfolgen: Belastung durch Masern
4. Methodische Vertiefung der Masernrisiken
5. Teil II - Impffolgen-Belastungsanalyse der MMR-/MMRV-Impfung
6. Schwere und Dauer von Impfreaktionen bei Kleinkindern
7. Betreuung, Sorgearbeit und Erwerbsausfall
8. Schwere akute Impffolgen
9. Lebenslange anerkannte Impfschäden
10. Produkt- und Dosisstrategie
11. Vollständige Impffolgen-Belastungsanalyse
12. Belastungs-Break-even
13. Kosten- und Ressourcenfolgen
14. Sensitivitätsanalyse und Datenlücken
15. Gesamtbewertung und Schlussfolgerung
16. Historische Rückrechnung 1970–2025: Impfstrategie, Krankheitslast und IFBA-Break-even

Quellen und Datenbasis

Anlage A - Rechenformeln

Anlage B - Parameter- und Annahmentabelle

1. Methodik der Impffolgenabschätzung

1.1 Warum eine reine Fallzählung nicht genügt

Ein Masernerkrankungsfall, ein eintägiges Impffieber, ein Fieberkrampf, eine Enzephalitis und ein Todesfall sind keine gleich großen Gesundheitseinheiten. Eine reine Gegenüberstellung von „Fällen“ würde deshalb systematisch verzerren. Die Evaluation selbst verlangt bereits, Häufigkeit, Schwere und Dauer gemeinsam zu berücksichtigen und QALYs beziehungsweise DALYs als gemeinsame Maßeinheit zu verwenden.

1.2 Gemeinsame Recheneinheit

Für einen vorübergehenden Gesundheitszustand gilt vereinfacht: QALY-Verlust = Dauer in Jahren × Beeinträchtigungsgrad. Ein vollständig verlorener Gesundheitstag entspricht 1/365 QALY. Ein Todesfall wird über verlorene zukünftige gesundheitsgewichtete Lebensjahre erfasst.

Break-even-Formel

Erforderliche verhinderte Masernfälle = gesamte zurechenbare Impf-Gesundheitslast / durchschnittliche Gesundheitslast je Masernfall.

1.3 Von der Gesundheitsanalyse zur Impffolgen-Belastungsanalyse (IFBA)

- Die Impffolgenabschätzung ist der Oberbegriff für die vollständige Folgenbewertung einer Impfstrategie. Ihr quantitativer Kern ist die Impffolgen-Belastungsanalyse (IFBA). Diese erfasst die Folgen entlang der gesamten kausalen Belastungskette: Gesundheitsbeeinträchtigung des Kindes, notwendige Betreuung, Erwerbsausfall, medizinische Versorgung, akute schwere Ereignisse und dauerhafte bzw. lebenslange Schäden.
- Der Belastungs-Break-even bezeichnet die Schwelle, ab der die durch die konkrete Impfstrategie tatsächlich verhinderte Krankheitsbelastung die ausgelöste Gesamtbelastung mindestens ausgleicht. Teil-Break-even-Werte für Gesundheit, Betreuung oder Kosten werden nicht als konkurrierende Alternativen behandelt, sondern als Bestandteile derselben Folgenabschätzung. Keine Belastungsdimension darf dadurch verschwinden, dass sie in einer anderen Kennzahl nicht enthalten ist.

Beide Ebenen dürfen miteinander verbunden werden, sollten aber zunächst getrennt berichtet werden. Eine gesundheitlich günstige Intervention kann teuer sein; eine kostengünstige Intervention kann gesundheitlich ungünstig sein.

2. Modellpopulation und Annahmen

2.1 Standardpopulation

Die Hauptrechnung wird für 800.000 Impfexpositionen durchgeführt. Diese Zahl dient der Skalierung. Sie ist nicht automatisch mit der Zahl eines konkreten Geburtsjahrgangs oder der Zahl gesetztesbedingt zusätzlich ausgelöster Zweitimpfungen gleichzusetzen.

2.2 Impfstoffverteilung

Öffentlich zugängliche Quellen bestätigen die vier in Deutschland relevanten Präparate, liefern aber derzeit keine ausreichend belastbare, bundesweite und dosisbezogene Absatzverteilung nach Handelsname. Deshalb verwendet die Hauptrechnung einen transparenten Arbeitsmix, der jederzeit durch reale Absatzdaten ersetzt werden kann.

Präparat	Typ	Arbeitsanteil	Dosen bei 800.000
Priorix	MMR	35 %	280.000
M-M-RVAXPRO	MMR	30 %	240.000
Priorix-Tetra	MMRV	20 %	160.000
ProQuad	MMRV	15 %	120.000

Der Arbeitsmix 35/30/20/15 ist ausdrücklich kein gemessener Marktanteil. Für die Robustheitsprüfung werden MMR- bzw. MMRV-lastigere Varianten separat gerechnet.

2.3 Preisansätze

Präparat	AVP Einzeldosis	10er-Pack je Dosis	Quelle
Priorix	52,41 EUR	41,53 EUR	Evaluation, Stand 31.08.2026
M-M-RVAXPRO	49,90 EUR	39,01 EUR	Evaluation, Stand 31.08.2026
Priorix-Tetra	127,68 EUR	116,79 EUR	Evaluation, Stand 31.08.2026
ProQuad	122,08 EUR	111,20 EUR	Evaluation, Stand 31.08.2026

Gewichteter Arzneimittelpreis im Basismix: 66.28 EUR je Dosis bei 10er-Pack-Referenz beziehungsweise 77.16 EUR bei Einzeldosis-Referenz. Für 800.000 Dosen ergeben sich damit reine Impfstoffkosten von ca. 53.0 bis 61.7 Mio. EUR. Durchführung, Arztleistung, Logistik, Dokumentation und Ausfallzeiten sind hierin nicht enthalten.

3. Teil I – Krankheitsfolgen: Belastung durch Masern

3.1 Typischer Verlauf und Dauer

Masern beginnen typischerweise mit Fieber, Husten, Schnupfen, Konjunktivitis und Allgemeinsymptomen. Nach einigen Tagen folgt das charakteristische Exanthem. Die WHO beschreibt frühe Symptome über etwa 4 bis 7 Tage und einen Ausschlag über etwa 4 bis 8 Tage. Eine patientenbasierte Untersuchung bestätigter Fälle in England ergab im Mittel 13,8 wahrgenommene Krankheitstage und 9,6 Tage Abwesenheit von Schule oder Arbeit.

3.2 Empirischer QALY-Verlust

In derselben patientenbasierten Untersuchung betrug der durchschnittliche Verlust 0,019 QALY pro bestätigtem Masernfall. Das entspricht rund 6,9 vollständig verlorenen Gesundheitstagen. Dieser Wert ist für die akute Krankheitslast besonders nützlich, bildet langfristige neurologische Folgen, SSPE oder verlorene Lebenszeit durch Tod jedoch nicht vollständig ab.

3.3 Häufige und schwere Komplikationen

Endpunkt	Risiko pro Masernfall	Erwartung bei 500 Fällen/Jahr	Mittlere statistische Wartezeit
Hospitalisierung	ca. 30 % (Zentralansatz)	150/Jahr	fortlaufend
Otitis media	7-9 %	35-45/Jahr	fortlaufend
Diarrhö	ca. 8 %	40/Jahr	fortlaufend
Pneumonie	1-6 %	5-30/Jahr	fortlaufend
Akute Enzephalitis	1:2.000 bis 1:1.000	0,25-0,50/Jahr	ca. 4 bis 2 Jahre
Bleibender ZNS-Schaden nach Enzephalitis	20-30 % der Enzephalitiden	ca. 0,05-0,15/Jahr	ca. 20 bis 7 Jahre
SSPE, allgemeine Rate	4-11 / 100.000	0,020-0,055/Jahr	ca. 50 bis 18 Jahre
Tod, entwickelte Länder	0,01-0,1 %	0,05-0,50/Jahr	ca. 20 bis 2 Jahre

Die Wartezeit ist ein Erwartungswert. Ein Wert von 20 Jahren bedeutet nicht, dass alle 20 Jahre exakt ein Ereignis eintritt. Seltene Ereignisse treten stochastisch gehäuft oder über lange Zeit gar nicht auf.

3.4 Beispiel der Langfristlogik

Bei einer hypothetischen Komplikationsrate von 1 zu 100.000 und konstant 500 Masernfällen pro Jahr beträgt der Erwartungswert 0,005 Ereignisse pro Jahr. Die mittlere statistische Wartezeit beträgt damit $1 / 0,005 = 200$ Jahre. Diese Darstellung übersetzt sehr kleine Risiken in eine anschauliche Zeitskala.

3.5 Enzephalitis und SSPE

Für die akute postinfektiöse Enzephalitis nennt die Evaluation einen Bereich von etwa 1 zu 1.000 bis 1 zu 2.000. Von diesen Enzephalitiden verlaufen nach RKI-Angaben ungefähr 10-20 % tödlich; 20-30 % können bleibende ZNS-Schäden hinterlassen. Für SSPE werden allgemein 4-11 Fälle pro 100.000 Masernerkrankungen genannt; bei Infektion vor dem fünften Lebensjahr können die Risiken deutlich höher liegen. SSPE tritt typischerweise erst Jahre nach der Infektion auf und verläuft in der Regel tödlich.

3.6 Gesundheitslast je Masernfall: Szenarien

Der akute empirische Wert von 0,019 QALY wird als Sockel verwendet. Seltene schwere Endpunkte werden nicht als „ganzer Fall“ jedem Erkrankten zugeschlagen, sondern mit Wahrscheinlichkeit $\times$ Schwere gewichtet. Weil insbesondere Mortalitäts- und Langzeitgewichte einen breiten Korridor erzeugen, werden drei Szenarien verwendet.

Szenario	Akut	Langzeit- /Mortalitätszuschlag	Gesamt je Fall	Gesundheitstage
niedrige Gesamtlast	0,019	ca. 0,0096	0,0286 QALY	ca. 10,4
zentrale Modellierung	0,019	ca. 0,0434	0,0624 QALY	ca. 22,8
hohe Gesamtlast	0,019	ca. 0,0774	0,0964 QALY	ca. 35,2

Diese drei Gesamtwerte sind Modellwerte und keine direkt gemessenen deutschen Masern-QALYs. Der direkt gemessene Bestandteil ist der akute Wert 0,019 QALY; die Langzeitkomponenten beruhen auf gewichteten Szenarioannahmen. Gerade deshalb wird das Ergebnis als Korridor und nicht als einzelne „exakte“ Zahl ausgewiesen.

4. Methodische Vertiefung der Masernrisiken

4.1 Wie seltene Risikozahlen entstehen

Bei sehr seltenen Ereignissen ist es methodisch falsch, so zu tun, als stamme eine Rate wie 1 : 1.000, 1 : 10.000 oder 4–11 : 100.000 aus einer einzigen kleinen aktuellen deutschen Jahreskohorte. Solche Werte entstehen typischerweise aus der Zusammenführung großer Fallserien, mehrjähriger nationaler Surveillance, internationaler Register, Krankenhaus- und Todesursachenstatistiken sowie systematischer Literaturlauswertungen. Je seltener ein Endpunkt ist, desto größer muss die kumulierte Beobachtungsbasis sein.

Für Deutschland kommt ein zusätzliches Problem hinzu: Bei SSPE liegt zwischen der ursprünglichen Maserninfektion und der späteren Erkrankung typischerweise ein Zeitraum von sechs bis acht Jahren. Numerator und Denominator dürfen daher nicht einfach aus demselben Kalenderjahr gebildet werden. Ein heutiger SSPE-Fall kann auf eine viele Jahre zurückliegende Maserninfektion zurückgehen.

4.2 Was die deutschen Daten tatsächlich zeigen

Das RKI nennt für die akute postinfektiöse Enzephalitis ungefähr 1 Fall je 1.000 Masernerkrankungen; ältere Materialien geben einen Korridor bis 1 : 2.000 an. Für SSPE nennt das RKI im Durchschnitt 4–11 Fälle je 100.000 Masernerkrankungen; bei Infektion unter fünf Jahren werden deutlich höhere Raten von 30–60 je 100.000 beschrieben, im ersten Lebensjahr etwa 170 je 100.000. Für entwickelte Länder wird eine Masernletalität von ungefähr 0,01–0,1 % angegeben.

Diese Werte sind keine exakte Vorhersage für ein heutiges deutsches Kind. Sie sind populationsbezogene Schätzwerte, deren Übertragbarkeit von Alter, Immunstatus, medizinischer Versorgung, Falldefinition und Beobachtungszeitraum abhängt. Insbesondere die Letalität von 0,01–0,1 % ist ein breiter internationaler Korridor für entwickelte Länder und sollte nicht als direkt beobachtete aktuelle deutsche Fallsterblichkeit etikettiert werden.

4.3 Todesfälle und SSPE zeitlich korrekt zuordnen

Der RKI-Ratgeber berichtet für die Todesursachenstatistik 42 Todesfälle durch Masern beziehungsweise SSPE in Deutschland im Zeitraum 2007–2015. Diese Zahl umfasst ausdrücklich auch SSPE. Wegen der jahrelangen Latenz der SSPE wäre es methodisch falsch, diese 42 Todesfälle durch die Masernfälle genau derselben Jahre zu teilen und daraus eine aktuelle deutsche Letalität zu berechnen. Ein Teil der Todesfälle gehört zu deutlich früheren Infektionskohorten.

Für die Evaluation wird deshalb nicht mit einer scheinbar präzisen deutschen Todesrate gerechnet, sondern mit transparenten Risikokorridoren und Sensitivitätsrechnungen.

4.4 Krankheitswahrscheinlichkeiten in Zeit übersetzt

Für die öffentliche Verständlichkeit kann jedes seltene Krankheitsereignis zusätzlich als statistische Wartezeit bei einer gegebenen jährlichen Fallzahl dargestellt werden. Die Formel lautet: mittlere Wartezeit = $1 / (\text{jährliche Masernfälle} \times \text{Ereigniswahrscheinlichkeit})$.

Endpunkt	Risiko	bei 500 Fällen/Jahr	bei 560 Fällen/Jahr
Enzephalitis	1:1.000-1:2.000	ca. 2-4 Jahre	ca. 1,8-3,6 Jahre
SSPE	4-11/100.000	ca. 18-50 Jahre	ca. 16-45 Jahre
Tod	0,01-0,1 %	ca. 2-20 Jahre	ca. 1,8-17,9 Jahre
hypothetisch 1:100.000	0,001 %	200 Jahre	ca. 179 Jahre

Diese Übersetzung ist eine didaktische Darstellung von Erwartungswerten. Sie ersetzt keine individuelle Risikoprognose und keine Poisson-Wahrscheinlichkeitsrechnung für konkrete Zeiträume.

5. Teil II - Impffolgen-Belastungsanalyse (IFBA) der MMR-/MMRV-Impfung

5.1 Vier Präparate, zwei Risikoklassen

Priorix und M-M-RVAXPRO sind MMR-Impfstoffe; Priorix-Tetra und ProQuad sind MMRV-Impfstoffe. Die zusätzliche Varizellenkomponente macht MMRV-Produkte medizinisch und regulatorisch nicht vollständig mit MMR austauschbar. Insbesondere beim Fieberkrampfisiko ist die Dosisfolge relevant.

5.2 Häufige Reaktionen nach Fachinformationen

Präparat	Fieber / Temperatur	Weitere häufige Reaktionen	Quantitative Nutzbarkeit
Priorix	Fieber ≥ 38 °C sehr häufig; $> 39,5$ °C häufig	Rötung sehr häufig; Schmerz/Schwellung häufig; Ausschlag häufig	Kategorie liefert Untergrenze ≥ 10 % bzw. ≥ 1 %
M-M-RVAXPRO	Fieber $\geq 38,5$ °C sehr häufig	Erythem, Schmerz, Schwellung sehr häufig; Ausschlag häufig	Kategorie liefert Untergrenze ≥ 10 %
Priorix-Tetra	Fieber 38-39,5 °C sehr häufig; $> 39,5$ °C häufig	Schmerz/Rötung sehr häufig; Schwellung häufig; Ausschlag häufig	Kategorie liefert Untergrenze ≥ 10 % bzw. ≥ 1 %
ProQuad, Dosis 2	26,12 % ≥ 38 °C; 12,06 % $\geq 39,4$ °C	33,72 % lokale Reaktion; 13,44 % impfstoffbezogene systemische AE	direkte Prozentwerte aus EMA-Auswertung

5.3 Fieber: produktbezogene Modellierung

Für Priorix, M-M-RVAXPRO und Priorix-Tetra wird nicht der unbekannte tatsächliche Prozentsatz erfunden, sondern lediglich die regulatorische Mindestschwelle „sehr häufig“ von 10 % angesetzt. Für ProQuad wird der gemessene Zweitdosiswert von 26,12 % verwendet.

Präparat	Dosen	verwendete Fieberrate	modellierte Ereignisse
Priorix	280.000	10 % Untergrenze	28.000
M-M-RVAXPRO	240.000	10 % Untergrenze	24.000
Priorix-Tetra	160.000	10 % Untergrenze	16.000
ProQuad	120.000	26,12 %	31.344
Gesamt	800.000	Untergrenzenmodell ca. 12,42 %	99.344

Damit ergeben sich im Basismodell mindestens rund 108.000 Fieber-/Temperaturereignisse. Diese Zahl ist keine beobachtete deutsche Gesamtinzidenz; sie ist eine konservative Kombination aus drei regulatorischen Mindestschwellen und einem konkreten ProQuad-Wert.

5.4 Hohes Fieber

Für Priorix und Priorix-Tetra ist hohes Fieber in den Fachinformationen als „häufig“ kategorisiert; als konservative Untergrenze werden 1 % angesetzt. Für ProQuad liegt ein gemessener Wert von 12,06 % bei $\geq 39,4$ °C vor. Für M-M-RVAXPRO wird mangels vergleichbarer separater Schwellenangabe in dieser

Teilrechnung kein zusätzlicher Wert angesetzt.

Quelle	Modellierte Fälle hohen Fiebers
Priorix: $280.000 \times 1 \%$	2.800
Priorix-Tetra: $160.000 \times 1 \%$	1.600
ProQuad: $120.000 \times 12,06 \%$	14.472
Untergrenze gesamt	18.872

Diese 18.872 Ereignisse sind Teil der bereits gezählten Fieberereignisse und dürfen nicht nochmals addiert werden. Sie dienen der Schwere-Stratifizierung.

6. Schwere und Dauer von Impfreaktionen bei Kleinkindern

6.1 Altersgruppe

Die Standardimpfung gegen Masern wird im Kleinkindalter verabreicht. Die erste MMR-Impfung liegt typischerweise im Alter von 11–14 Monaten, die zweite im Alter von 15–23 Monaten. Für die Modellierung ist daher „Säuglinge und Kleinkinder“ beziehungsweise noch präziser „Kinder im zweiten Lebensjahr“ sachgerechter als die pauschale Bezeichnung „Säuglinge“.

6.2 Was Fieber nach MMR/MMRV praktisch bedeutet

Nach Angaben des RKI treten typische MMR-Impfreaktionen etwa 6–12 Tage nach der Impfung auf. Fieber hält üblicherweise ein bis zwei Tage an. Das RKI nennt für mäßiges bis hohes Fieber nach MMR etwa 5–15 % der Geimpften. Eine PEI-Übersicht berichtet in klinischen Studien hohes Fieber ab 39,0 °C bei ungefähr 10–15 % der Kinder nach MMR und bei etwa 15–25 % nach MMRV. Für ProQuad liegen für eine Zweitdosisstudie zusätzlich konkrete Messwerte vor: 26,12 % erreichten mindestens 38,0 °C und 12,06 % mindestens 39,4 °C.

Temperatur allein ist allerdings kein vollständiger Schweregrad. Für eine medizinisch nachvollziehbare Belastungsdokumentation sollten zusätzlich Aktivität, Schlaf, Trinkmenge, Nahrungsaufnahme, Analgetika/Antipyretika, Arztkontakt, Krampfergebnis, Hospitalisierung und Dauer erfasst werden. Für eine gesundheitsökonomische Bewertung kann anschließend ein Utility-Instrument wie EQ-5D-Y beziehungsweise CHU9D oder ein validierter Proxy verwendet werden.

6.3 Zentrale Fieberhäufigkeit bei 800.000 Impfexpositionen

Für die zentrale Rechnung wird der bereits verwendete Arbeitsmix beibehalten: Priorix 35 %, M-M-RVAXPRO 30 %, Priorix-Tetra 20 %, ProQuad 15 %. Dies ist weiterhin ein Szenario und kein gemessener deutscher Marktanteil. Zur Fiebermodellierung werden nicht frei erfundene produktspezifische Prozentzahlen eingesetzt, sondern die Mitte publizierter Korridore: 10 % für MMR (Mitte von 5–15 %) und 20 % für MMRV (Mitte von 15–25 %).

Gruppe	Anteil	Dosen	Fieberrate zentral	erwartete Fieberereignisse
MMR (Priorix + M-M-RVAXPRO)	65 %	520.000	10 %	52.000
MMRV (Priorix-Tetra + ProQuad)	35 %	280.000	20 %	56.000
Gesamt	100 %	800.000	13,5 % gewichtet	108.000

Bei einer mittleren Dauer von 2 Tagen ergeben sich 216.000 Kind-Tage mit Fieber beziehungsweise mäßigem bis hohem Fieber. Der Wert ist ein Zentralszenario; bei 1 Tag Dauer wären es 108.000, bei 2 Tagen 216.000 Fiebertage.

6.4 Gesundheitsgewicht des Fiebers

Für die gesundheitliche Teilrechnung wird der im Modell verwendete externe Fieber-Proxy von 0,000996 QALY je Fieberereignis als Referenz verwendet. Bei 108.000 Ereignissen entspricht dies rund 107,6 verlorenen QALY. Der Proxy bildet ein gesamtes Fieberereignis ab und darf bei einer Dauerannahme von zwei Tagen nicht nochmals verdoppelt werden. Parallel wird die reale Zeitlast vollständig als 216.000 Kind-Fiebertage erfasst. Damit bleiben Gesundheitsgewichtung und Zeitbelastung transparent unterscheidbar, ohne eine der beiden Dimensionen wegzulassen.

7. Betreuung, Sorgearbeit und Erwerbsausfall

7.1 Betreuung ist eine unmittelbare Folge des Fieberereignisses

Ein fieberndes Kind im zweiten Lebensjahr kann nicht sich selbst überlassen werden und wird bei Betreuung außerhalb des Haushalts regelmäßig zu Hause versorgt werden müssen. Damit entsteht neben der gesundheitlichen Belastung des Kindes eine Betreuungsbelastung der Eltern. Für 2025 weist Destatis bei Eltern mit mindestens einem Kind unter drei Jahren eine Erwerbstätigenquote von 39,7 % für Mütter und 88,7 % für Väter aus. Für Paarfamilien mit Kind unter drei Jahren lag der direkt beobachtete Anteil, bei dem beide Eltern erwerbstätig waren, in der detaillierten Mikrozensus-Auswertung 2018 bei 35,1 %. Dieser ältere Paarwert wird hier bewusst nur als konservativer Arbeitsparameter verwendet.

Für die Arbeitsausfallrechnung wird nicht unterstellt, dass beide Eltern gleichzeitig ausfallen. Pro Betreuungstag wird maximal ein Vollzeitäquivalent-Arbeitstag angesetzt. Außerdem wird mit 5/7 berücksichtigt, dass ein Teil der Fiebertage auf Wochenenden fällt.

Kennzahl	Zentralwert
Fieberereignisse	108.000
mittlere Fieberdauer	2 Tage
Betreuungstage insgesamt	216.000
Arbeitsparameter: beide Eltern erwerbstätig	35,1 %
Werktagskorrektur	5/7
geschätzte ausgefallene Erwerbsarbeitstage	54.154

Unter diesen Annahmen entstehen bei 216.000 Betreuungstagen rund 54.154 Erwerbsarbeitstage Ausfall ($216.000 \times 35,1 \% \times 5/7$). Dieser Wert ist eher konservativ, weil Alleinerziehende, zusätzliche Ausfälle des zweiten Elternteils, Nachtbetreuung und organisatorische Folgekosten nicht vollständig erfasst sind.. in denen trotz nur eines erwerbstätigen Elternteils tatsächlich Erwerbsarbeit ausfällt; er überschätzt dagegen Fälle. in denen Homeoffice, flexible Arbeitszeiten oder andere Betreuung den Ausfall vermeiden.

7.2 Betreuung und Erwerbsausfall als eigenständige Belastungsfolgen

Im Zentralmodell entstehen aus 108.000 Fieberereignissen bei zwei Tagen Dauer 216.000 Kind-Fiebertage und zugleich 216.000 notwendige Betreuungstage. Unter dem konservativen Erwerbsmodell kommen rund 54.154 Erwerbsausfalltage hinzu. Für die Impffolgen-Belastungsanalyse werden diese real unterschiedlichen Folgen als getrennte Belastungskomponenten ausgewiesen und anschließend in der Gesamtbelastung zusammengeführt.

7.3 Teil-Break-even der Betreuung

Bei 13,8 Tagen mittlerer Masern-Krankheitsdauer entsprechen 216.000 Betreuungstage rund 15.652 Masernfällen. Dieser Wert ist ausdrücklich nur ein Teil-Break-even. Er enthält weder die zusätzliche Kindbelastung, noch Erwerbsausfall, schwere Akutereignisse oder lebenslange Schäden.

8. Schwere akute Impffolgen

8.1 ProQuad: systemische Ereignisse schwerer Intensität

In der EMA-Zweitdosisstudie wurden bei 53 von 3.342 Kindern (1,59 %) vom Studienprüfer als impfstoffbezogen bewertete systemische unerwünschte Ereignisse schwerer Intensität dokumentiert. Auf 120.000 ProQuad-Dosen im Arbeitsmix übertragen ergibt dies rein rechnerisch rund 1.908 Ereignisse. „Severe intensity“ ist nicht mit „Serious Adverse Event“, Hospitalisierung oder dauerhaftem Impfschaden gleichzusetzen.

8.2 ProQuad: Serious Adverse Events

Nach Dosis 2 hatten 22 von 3.342 Kindern mindestens ein SAE; sieben SAE wurden vom Prüfer als impfstoffbezogen bewertet, darunter vier Fieberkrampf-SAE. Die Rate der vom Prüfer impfstoffbezogen bewerteten SAE beträgt $7/3.342 = 0,2095 \%$. Im Arbeitsmix ergibt dies bei 120.000 ProQuad-Dosen rund 251 SAE. Auch dies ist eine produktspezifische Studienhochrechnung und keine allgemeine deutsche MMR/MMRV-Inzidenz.

8.3 Weitere quantifizierbare Risiken

Endpunkt	Risikowert	Rechnerische Größenordnung bei 800.000	Verwendung
Fieberkrampf	RKI attributabel 1:1.150 bis 1:1.700	ca. 471-696	nur Sensitivität; alters- und dosisabhängig, nicht als Zweitdosis-Hauptwert
ITP	ca. 1:40.000 MMR-Dosen	ca. 13 bei 520.000 MMR-Dosen	Sensitivität / MMR-Anteil
Anaphylaxie	ca. 1-4 pro 1 Mio. Impfungen	ca. 0,8-3,2	Sensitivität
Enzephalitis u. weitere neurologische Signale	keine belastbare Zweitdosis-Exzessrate	keine Punktschätzung	qualitativ / Extremrisiko

Für postmarketing berichtete Enzephalitis, Guillain-Barré-Syndrom, transverse Myelitis und weitere neurologische Ereignisse wird kein frei angenommener Zahlenwert in die Hauptrechnung eingesetzt. Die Evaluation verlangt hierfür eine belastbare attributable Rate; reine Verdachtsmeldungen dürfen nicht wie kausal bestätigte Inzidenzen behandelt werden.

8.4 Überschneidungen und additive Zusatzlast

Ein schweres Fieberereignis kann zugleich Teil der Fiebergruppe, der Gruppe „severe intensity“ und – bei bestimmten Verläufen – der SAE-Gruppe sein. Deshalb ist ein hierarchischer Ereignisbaum erforderlich. Die Hauptrechnung addiert die 1,59 %-Gruppe nicht pauschal zusätzlich zur Fieberlast.

8.5 SAE-Sensitivität

Als externer gesundheitsökonomischer Referenzpunkt existieren Modelle, die ein schwerwiegendes Impfereignis mit etwa einem quality-adjusted life day bewerten. Für ProQuad ergibt sich bei rund 251 modellierten SAE eine Größenordnung von rund 251 Gesundheitstagen beziehungsweise 0,69 QALY. Da

Überschneidungen mit Fieber möglich sind, sollte dies in der Hauptrechnung als Ersetzungs-/Aufwertungslogik und nicht als unkritische Addition erfolgen.

Für die Gesamt-IFBA wird nur die über die bereits erfasste Fieberlast hinausgehende Zusatzlast addiert. Im zentralen Arbeitsmodell wird für die nicht-pyretische Teilmenge der schweren systemischen Ereignisse ein addierbarer Schwerblock von rund 1.617 Belastungseinheiten verwendet. SAE und Fieberkrampf-SAE bleiben sichtbar ausgewiesen, werden aber nicht ein zweites Mal vollständig aufaddiert, soweit sie dieselben klinischen Verläufe abbilden.

9. Lebenslange anerkannte Impfschäden

9.1 Empirisch dokumentierte Anerkennungen

Die NaLI-Länderzusammenstellung weist für 2009 bis 2019 bundesweit 306 anerkannte Impfschäden aus: 25, 46, 30, 22, 26, 29, 28, 21, 29, 28 und 22 pro Jahr. Das entspricht im Mittel rund 27,8 bzw. 28 Anerkennungen jährlich über sämtliche erfassten Impfungen. Diese Zahlen sind behördliche Anerkennungen und damit eine andere Evidenzebene als bloße Verdachtsmeldungen. Sie zeigen, dass langfristig relevante kausal anerkannte Impfschäden praktisch vorkommen.

9.2 Modellkonvention: anerkannt = lebenslang

Für die vorliegende Impffolgenabschätzung wird als bewusste Modellannahme gesetzt: Jeder behördlich anerkannte Impfschaden wird für die Belastungsrechnung als lebenslang fortbestehend behandelt. Diese Annahme ist strenger als die rechtliche Definition und darf nicht als medizinische Tatsachenbehauptung über jeden Einzelfall missverstanden werden. Ihr Zweck ist, die Langzeitdimension nicht kleinzurechnen. Für die QALY-Bewertung muss zusätzlich der Grad der dauerhaften Beeinträchtigung angesetzt werden; „lebenslang“ bestimmt die Dauer, nicht automatisch die Schwere.

Lebenslange Beeinträchtigung	Modellhorizont	QALY-Verlust je Fall	Masernäquivalent je Fall*	Kommentar
10 % Utility-Verlust	80 Jahre	8,0 QALY	ca. 129 Fälle	leichtere, aber dauerhafte Einschränkung
25 % Utility-Verlust	80 Jahre	20,0 QALY	ca. 323 Fälle	mittlere dauerhafte Einschränkung
50 % Utility-Verlust	80 Jahre	40,0 QALY	ca. 645 Fälle	schwere dauerhafte Einschränkung
100 % Utility-Verlust	80 Jahre	80,0 QALY	ca. 1.290 Fälle	theoretische obere Referenz

* Masernäquivalent auf Basis des zentralen Modellwerts von ca. 0,062 QALY Gesundheitsverlust je durchschnittlichem Masernfall. Für die IFBA wird bei einem im Kleinkindalter anerkannten Impfschaden ein Modellhorizont von 80 verbleibenden Lebensjahren angesetzt.

9.3 Lebenszeitgewicht eines einzelnen Falls

Unter der Modellannahme „lebenslang“ hängt das Gewicht zusätzlich vom dauerhaften Schweregrad ab. Bei 80 verbleibenden Lebensjahren entspricht ein dauerhafter Utility-Verlust von 25 % rund 20 QALY bzw. 7.300 gewichteten Belastungstagen; bei 50 % sind es 40 QALY bzw. 14.600 gewichtete

Belastungstage je Fall. Beim zentralen Masernwert von 0,062 QALY entspricht ein 50-%-Dauerfall rund 645 durchschnittlichen Masernfällen. Acht solcher Fälle entsprechen rund 5.161 Masern-QALY-Äquivalenten und 116.800 gewichteten Langzeittagen; 28 Fälle entsprechen 18.065 Masern-QALY-Äquivalenten und 408.800 gewichteten Langzeittagen.

Die bundesweite Anerkennungsstatistik dokumentiert rund 28 anerkannte Impfschäden pro Jahr über sämtliche Impfungen. Sie weist aber nicht aus, wie viele davon MMR/MMRV betreffen. Deshalb wird für die konkrete MMR/MMRV-Kohorte eine Sensitivitätsreihe gerechnet. Der Zentralwert von 8 Fällen entspricht 1 : 100.000 Dosen; die 28-Fälle-Rechnung ist ein äußerer Referenzpunkt, keine beobachtete MMR/MMRV-Rate.

9.4 Datenlage und Grenzen der Produktzuordnung

Anerkannte Impfschäden sind keine PEI-Kategorie. Über die Anerkennung entscheiden die zuständigen Landesbehörden bzw. Versorgungsämter im sozialen Entschädigungsrecht. Das RKI weist ausdrücklich darauf hin, dass weder RKI noch PEI über die Anerkennung entscheiden und dass keine bundesweit einheitliche Statistik nach verursachender Schutzimpfung geführt wird. Damit existiert derzeit keine belastbare nationale Zahl, aus der sich ein aktueller Prozentsatz dauerhaft anerkannter MMR- oder MMRV-Impfschäden pro verabreichter Dosis ableiten ließe.

Es wäre rechnerisch einfach, sämtliche anerkannten Impfschäden aller Impfstoffe proportional nach dem Anteil der MMRV-Dosen zu verteilen. Diese Rechnung wäre jedoch kein belastbarer Risikoschätzer. Sie unterstellt, dass jede Impfstoffklasse pro Dosis dasselbe Risiko für einen anerkannten Dauerschaden besitzt. Das ist weder medizinisch noch epidemiologisch begründet. Impfstoffe unterscheiden sich nach Alter der Geimpften, Indikation, Dosizahl, Nebenwirkungsprofil, Meldewahrscheinlichkeit und Kausalitätsstruktur. Eine solche proportionale Zuteilung kann allenfalls als rein hypothetische Nullmodell-Sensitivität gezeigt werden, nicht als beobachtete MMRV-Schadensrate.

9.4a Beobachtete Impfereignisse versus geschätzte Krankheitsrisiken

Für die Impfseite liegen bei ProQuad und anderen MMR/MMRV-Produkten tatsächlich beobachtete Ereignisse aus klinischen Studien und Beobachtungsstudien vor: gemessene Temperaturen, Fieber, Fieberkrämpfe, systemische Ereignisse und SAE. Die Einstufung eines Ereignisses als „vaccine-related“ ist allerdings eine Kausalitätsbewertung des Prüfers und nicht identisch mit einer späteren sozialrechtlichen Anerkennung als Impfschaden. Auf der Masernseite sind ebenfalls zahlreiche Ereignisse direkt beobachtet worden; die seltenen allgemeinen Raten für Enzephalitis, SSPE oder Letalität sind jedoch aus größeren kumulierten Populationen, Surveillance, Kohorten und historischen Daten abgeleitete Schätzwerte bzw. Risikokorridore. Sie sind keine exakte aktuelle deutsche Jahresrate. Die korrekte Gegenüberstellung lautet daher: beobachtete produktspezifische Impfereignisse einerseits und populationsbezogene Krankheitsrisikoschätzungen andererseits - jeweils mit transparenter Unsicherheit. Quellenhinweis: RKI „Sicherheit von Impfungen“; Deutscher Bundestag, Drucksache 19/15301, insbesondere S. 6-7; dort wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine Bundesstatistik über Zahl und verursachende Schutzimpfung anerkannter Impfschäden nicht geführt wird.

9.5 Langzeitszenarien für die Gesamtbelastung

Da eine belastbare aktuelle MMR/MMRV-spezifische Anerkennungsrate fehlt, wird für die Hauptrechnung eine Sensitivitätsreihe verwendet. Das Zentralszenario setzt 1 lebenslangen schweren Schaden je 100.000 Dosen an, also 8 Fälle bei 800.000 Dosen. Bei 80 Restlebensjahren und 50 % dauerhafter Beeinträchtigung entspricht dies 116.800 gewichteten Langzeit-Belastungstagen. Die historische Referenz von rund 28 anerkannten Impfschäden pro Jahr über sämtliche Impfungen wird

zusätzlich als äußerer Referenzpunkt gezeigt, nicht als MMR/MMRV-Risikoschätzung.

Langzeitszenario	Fälle	gewichtete Langzeitlast
0 Fälle	0	0
1 Fall	1	14.600
5 Fälle	5	73.000
Zentralsensitivität	8	116.800
10 Fälle	10	146.000
28-Fälle-Referenz	28	408.800

10. Produkt- und Dosisstrategie

10.1 Vermeidbare Mehrbelastung bei der Produktwahl

Eine Zulassung beantwortet die Frage, ob das Nutzen-Risiko-Verhältnis eines Produkts insgesamt positiv bewertet wird. Für eine Versorgungsempfehlung ist zusätzlich zu fragen, ob bei gleichem Präventionsziel eine Alternative mit geringerer Belastung verfügbar ist. Diese Optimierungsfrage ist für die erste MMRV-Dosis besonders konkret, weil direkte Vergleichsdaten vorliegen.

10.2 Direktvergleich der ersten Dosis

In präklinischen Zulassungsstudien? Nein: in klinischen Präzulassungsstudien bei 12–23 Monate alten Kindern wurde Fieber $\geq 39^\circ\text{C}$ nach einer ersten MMRV-Dosis bei 21,5 % beobachtet, gegenüber 14,9 % nach MMR und Varizellenimpfstoff als zwei getrennten Injektionen am selben Termin. Die absolute Differenz beträgt 6,6 Prozentpunkte. Relativ entspricht dies $(21,5 - 14,9) / 21,5 = 30,7\%$ weniger Hochfieberereignissen bei der getrennten Gabe. Die Ereignisse traten besonders im Zeitraum 5–12 Tage nach der Impfung auf.

Auf 100.000 Erstimpfungen skaliert bedeutet dies: MMRV etwa 21.500 Hochfieberereignisse gegenüber etwa 14.900 bei MMR+V getrennt; Differenz rund 6.600. Auf 280.000 hypothetische MMRV-Erstdosen wären es 18.480 weniger Hochfieberereignisse. Dieser letzte Wert ist nur eine Skalierung, weil der tatsächliche Anteil von MMRV an deutschen Erstimpfungen nicht bekannt ist.

10.3 Konsequenz der STIKO-Empfehlung

Die STIKO empfiehlt bei der ersten Impfung gegen Masern, Mumps, Röteln und Varizellen bei Kindern unter fünf Jahren die simultane, aber getrennte Gabe von MMR- und Varizellenimpfstoff. Begründet wird dies mit dem erhöhten Risiko von Fieberkrämpfen 5–12 Tage nach einer erstmaligen MMRV-Gabe. Die zweite Impfung kann als MMRV erfolgen.

10.4 Ein Drittel weniger - nur für den gemessenen Hochfieber-Endpunkt

Die griffige Aussage „fast ein Drittel weniger Fieber“ muss präzise formuliert werden: Gemessen wurden 30,7 % weniger Ereignisse von hohem Fieber ($\geq 39^\circ\text{C}$) nach der ersten Dosis bei getrennter MMR+V-Gabe gegenüber MMRV. Daraus darf nicht ohne weitere Daten abgeleitet werden, dass sämtliche Fieberereignisse jeder Temperaturstufe oder sämtliche Nebenwirkungen um ein Drittel sinken.

10.5 Zweite Dosis als Grenznutzenentscheidung

Für Masern steigt der Schutz nach den verwendeten RKI-Angaben von ungefähr 92 % nach einer Dosis auf etwa 98–99 % nach zwei Dosen. Der absolute zusätzliche Schutzgewinn liegt damit bei etwa 6–7 Prozentpunkten. Die zweite Dosis ist deshalb als Grenzintervention zu bewerten: Sie erzeugt nicht noch einmal den gesamten Schutz der ersten Dosis, sondern schließt vor allem die verbleibende Immunitätslücke. Bei MMRV muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die zweite Dosis auch dem Varzellenschutz dient.

10.6 Warum ProQuad dennoch zugelassen ist

Die EMA hält ProQuad zugelassen, weil sie den Gesamtnutzen gegenüber den Gesamtrisiken weiterhin positiv bewertet. Fieber oder Fieberkrämpfe sind dabei relevante, aber nicht allein entscheidende Endpunkte. Die Zulassungsentscheidung berücksichtigt Wirksamkeit gegen vier Erkrankungen, Immunantwort, alle bekannten Nebenwirkungen, Schwere und Dauer der Ereignisse sowie Möglichkeiten der Risikominimierung.

10.7 Das erhöhte Fieberkrampfrisiko der ersten MMRV-Dosis ist regulatorisch bekannt

Das erhöhte Fieberkrampfrisiko nach der ersten kombinierten MMRV-Dosis ist kein übersehener Befund. In Deutschland empfiehlt die STIKO gerade deshalb bei der ersten Impfung die getrennte Gabe von MMR- und Varzellenimpfstoff. Für die zweite Dosis ist die Risikosituation günstiger; die aktuelle EMA-Produktinformation berichtet aus einer großen Beobachtungsstudie mit 69.237 ProQuad-geimpften Kindern und einer gleich großen Vergleichsgruppe, dass außer dem erhöhten Fieberkrampfrisiko nach der ersten Dosis keine weiteren Sicherheitsbedenken nach erster oder zweiter Dosis identifiziert wurden.

10.8 Konsequenz für die Produkt- und Dosisstrategie

Für die Produkt- und Dosisstrategie folgt aus den vorhandenen Daten: Die getrennte erste Gabe von MMR und Varzellen sollte dort bevorzugt werden, wo sie bei gleichem Impfzielspektrum die niedrigere Reaktogenität aufweist. Die zweite Dosis ist als eigene Grenznutzenentscheidung zu bewerten, weil ihr zusätzlicher Schutzgewinn im verwendeten Modell nur etwa 6–7 Prozentpunkte beträgt. Für eine belastbare Produktentscheidung sind tatsächlicher deutscher Produktmix und dosisbezogene Sicherheitsdaten offenzulegen.

10.9 Modellierter Entlastung einer Ein-Dosis-MMR-Strategie

Als Belastungsminimierungs-Szenario wird für den Geburtsjahrgang 2025 eine einmalige MMR-Impfung ohne MMRV/ProQuad mit dem bestehenden Zwei-Dosen-Arbeitsmodell verglichen. Die Rechnung verändert nur die Impfseite; sie behauptet nicht, dass die Maserninzidenz nach Wegfall der zweiten Dosis unverändert bliebe. Der Nutzenverlust muss separat über eine kontrafaktische Transmissions- und Erkrankungsrechnung bestimmt werden.

Kennzahl	Zwei Dosen / heutiger Mix	Eine Dosis / MMR	Veränderung
Impfexpositionen	1.308.482	654.241	–50,0 %
Fieberereignisse	176.645	65.424	–63,0 %
Kind-Fiebertage	353.290	130.848	–222.442
Betreuungstage	353.290	130.848	–222.442
Erwerbsausfalltage	88.574	32.806	–55.768
IFBA-Gesamtlast	988.836	390.021	–60,6 %
Belastungs-Break-even	31.836	12.557	–60,6 %

Die modellierte Entlastung um rund 60,6 % entsteht aus zwei Effekten: Die Zahl der Impfexpositionen halbiert sich, und mit einer reinen MMR-Strategie wird für die Fieberrechnung der niedrigere MMR-Zentralwert von 10 % statt des gemischten MMR/MMRV-Werts von 13,5 % verwendet. Die Langzeitsensitivität sinkt proportional von rund 13,08 auf rund 6,54 modellierte Fälle. Nicht eingerechnet ist eine zusätzliche Entlastung durch den Wegfall der gesetzlichen Nachweispflicht, da deren kausaler Zusatzimpfeffekt separat bestimmt werden muss.

11. Vollständige Impffolgen-Belastungsanalyse

11.1 Unmittelbare Gesamtlast

Die Gesamtbelastung wird nicht auf einen einzelnen medizinischen Endpunkt reduziert. Im Zentralmodell ergeben sich 216.000 Kind-Fiebertage, 216.000 Betreuungstage und rund 54.154 Erwerbsausfalltage. Diese drei unterschiedlichen, tatsächlich ausgelösten Folgen ergeben zusammen rund 486.154 unmittelbare IFBA-Belastungseinheiten.

11.2 Schwere Akut- und Langzeitlast

Zur unmittelbaren Last kommen rund 1.617 addierbare Einheiten aus dem schweren, nicht bereits durch Fieber erfassten Akutblock. Im zentralen Langzeitszenario mit acht lebenslangen Schäden kommen weitere 116.800 gewichtete Langzeit-Belastungstage hinzu.

11.3 Zentrale Gesamtzahl

Komponente	IFBA-Belastungseinheiten
Kind-Fiebertage	216.000
Betreuungstage	216.000
Erwerbsausfalltage	54.154
Schwere akute Zusatzlast	1.617
Lebenslange Schäden - 8-Fälle-Zentralsensitivität	116.800
GESAMTLAST	ca. 604.570

Damit beträgt die zentrale Gesamtbelastung rund 604.570 IFBA-Einheiten. Diese Zahl ist das zusammengeführte Ergebnis der Impffolgenabschätzung; die früher separat ausgewiesenen Teil-Break-even-Werte sind nur Unterkomponenten dieser Gesamtbetrachtung.

11.4 Referenz mit 28 lebenslangen Fällen

Wird die empirische gesamtimpfstoffbezogene Größenordnung von rund 28 Anerkennungen pro Jahr ausschließlich als Belastungsreferenz auf eine 800.000-Dosen-Kohorte übertragen, ergeben sich bei 50 % dauerhafter Beeinträchtigung 408.800 Langzeit-Belastungstage. Zusammen mit der unmittelbaren und schweren akuten Last ergäbe dies rund 896.570 IFBA-Einheiten. Diese 28-Fälle-Rechnung ist keine beobachtete MMR/MMRV-Rate, sondern eine äußere Referenzrechnung.

12. Belastungs-Break-even

12.1 Gesundheitlicher Teil-Break-even

Annahme zur Masernschwere	erforderliche verhinderte Masernfälle
hohe Krankheitslast je Masernfall	1.144
zentrale Krankheitslast	1.771
niedrige Krankheitslast je Masernfall	3.840

Der zentrale gesundheitliche Break-even liegt damit bei rund 1.771 verhinderten Masernfällen je 800.000 Impfxpositionen. Je nach angesetzter durchschnittlicher Masernschwere liegt der Modellkorridor bei ungefähr 1.144 bis 3.840 Fällen.

12.2 Betreuungs- und Erwerbs-Teil-Break-even

Die Gesundheitsbilanz darf nicht mit Erwerbsarbeitstagen vermischt werden; beides sind unterschiedliche Einheiten. Die Sorge- und Produktivitätsbelastung kann aber parallel berechnet werden. Ein durchschnittlicher Masernfall dauert etwa 13,8 Tage. Unter demselben 35,1%-Erwerbsparameter und derselben 5/7-Werktagsskorrektur entsprechen dies rund 3,46 ausgefallenen Erwerbsarbeitstagen je Masernfall in Haushalten, in denen die Betreuung tatsächlich Erwerbsarbeit verdrängt.

Produktivitätsgröße	Wert
Impfreaktionsbedingte Arbeitstage (zentral)	54.154
Arbeitstage je Masernfall (gleiches Modell)	3,46
Masernfälle zum Ausgleich der Arbeitstage	15.652

Der reine Sorge-/Betreuungs-Teil-Break-even beträgt $216.000 \text{ Betreuungstage} \div 13,8 \text{ Krankheitstage je Masernfall} = \text{rund } 15.652 \text{ verhinderte Masernfälle}$. Unter derselben Erwerbsstruktur ergibt sich für den Erwerbsausfall derselbe Teil-Break-even. Diese Teilkennzahl wird in der IFBA nicht als Gesamtwert verwendet, sondern zusammen mit Kindbelastung, Erwerbsausfall, schweren Akutfolgen und Langzeitfolgen in die Gesamtbelastung überführt.

12.3 Gesamt-Belastungs-Break-even der IFBA

Für die vollständige IFBA müssen auf Impf- und Krankheitsseite dieselben Belastungsdimensionen berücksichtigt werden. Ein durchschnittlicher Masernfall verursacht im verwendeten Modell mindestens 13,8 Krankheitstage des Kindes, 13,8 Betreuungstage und unter demselben Erwerbsmodell rund 3,46 Erwerbsausfalltage. Damit ergeben sich bereits ohne zusätzliche schwere Masernkomplikationen mindestens 31,06 IFBA-Einheiten je Masernfall. Im zentralen 8-Fälle-Langzeitszenario entsprechen rund 604.570 IFBA-Einheiten damit einem symmetrischen Mindest-Break-even von rund 19.465 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten. In der 28-Fälle-Referenz ergeben rund 896.570 Einheiten etwa 28.866 Gesamtbelastungsäquivalente. Diese Werte sind konservative Mindest-Break-even-Werte, weil Hospitalisierungen, Pneumonien, Enzephalitis, SSPE, bleibende Schäden und Mortalität auf der Masernseite hierin noch nicht zusätzlich berücksichtigt sind.

Kennzahl	Wert je 800.000 Impfexpositionen
Gesundheitlicher Teil-Break-even, zentral	ca. 1.771 Masernfälle
Betreuungs-Teil-Break-even	ca. 15.652 Masernfälle
IFBA-Gesamtäquivalent, 8-Fälle-Szenario	ca. 19.465 Masern-Gesamtbelastungsäquivalente
IFBA-Gesamtäquivalent, 28-Fälle-Referenz	ca. 28.866 Masern-Gesamtbelastungsäquivalente

13. Kosten- und Ressourcenfolgen

13.1 Impfstoffkosten der Standardpopulation

Unter dem Arbeitsmix ergeben sich reine Impfstoffkosten von ca. 53.0 Mio. EUR bei 10er-Pack-Referenzpreisen und ca. 61.7 Mio. EUR bei Einzeldosis-Referenzpreisen. Diese Zahlen sind keine Nettokostenträgerkosten; Rabatte, Sprechstundenbedarf, Beschaffungskonditionen, Parallelimporte sowie Honorare und Logistik verändern den realen Aufwand.

13.2 Historische Kosten eines Masernfalls in Deutschland

Für den Duisburger Ausbruch 2006 wurden durchschnittliche Leistungserbringerkosten von rund 373 EUR je Masernfall ermittelt; unter Einbezug der Kosten des Gesundheitsamtes stieg der Durchschnitt auf etwa 520 EUR je Fall. Ein hospitalisierter Fall kostete im Mittel rund 1.877 EUR. Diese Werte sind historisch und dürfen nicht als aktuelle 2026-Eurokosten ausgegeben werden; sie zeigen jedoch die Größenordnung und die starke Abhängigkeit von Hospitalisierung und Ausbruchssituation.

Szenario	500 Fälle	560 Fälle	1.600 Fälle
nur 373 EUR/Fall, historische Referenz	186.500 EUR	208.880 EUR	596.800 EUR
520 EUR/Fall inkl. Gesundheitsamt, historische Referenz	260.000 EUR	291.200 EUR	832.000 EUR

Ausbruchskosten können erheblich höher liegen. Ein Krankenhausausbruch in Deutschland 2017 mit zehn erkrankten Beschäftigten wurde auf rund 700.000 EUR wirtschaftliche Auswirkungen geschätzt. Solche Werte sind jedoch kontextspezifisch und nicht auf normale Einzelfälle übertragbar.

13.3 Kosten-Break-even und Kausalität

Die reine Arzneimittelausgabe von über 50 Mio. EUR in der 800.000-Dosen-Modellpopulation kann nicht sinnvoll allein gegen 500 oder 560 Fälle $\times$ historische Durchschnittskosten gestellt werden, solange nicht geklärt ist, wie viele dieser Fälle durch genau diese Impfxpositionen tatsächlich zusätzlich verhindert werden. Die Kosten-Nutzen-Analyse muss deshalb an denselben kausalen Wirkungstrichter gebunden werden wie die Gesundheitsbilanz.

14. Sensitivitätsanalyse und Datenlücken

14.1 Bereits belastbar

- Ein bestätigter Masernfall verursacht im Mittel etwa 13,8 Krankheitstage und in einer patientenbasierten Untersuchung etwa 0,019 QALY akuten Gesundheitsverlust.
- ProQuad zeigt nach zweiter Dosis 26,12 % Temperaturen $\geq 38^\circ\text{C}$ und 12,06 % $\geq 39,4^\circ\text{C}$; 13,44 % berichteten mindestens ein impfstoffbezogenes systemisches Ereignis.
- In derselben ProQuad-Zweitdosisanalyse wurden 7/3.342 SAE vom Studienprüfer als impfstoffbezogen bewertet; vier davon waren Fieberkrampf-SAE.
- RKI nennt für Fieberkrämpfe ein attributables Risiko von etwa 1:1.150 bis 1:1.700 und für ITP etwa 1:40.000 MMR-Dosen.

- Die Masernseite lässt sich über beobachtete Risiken für Hospitalisierung, Pneumonie, Enzephalitis, SSPE und Mortalität als Erwartungswert modellieren.

14.2 Produktmix-Sensitivität

Szenario	Fieberereignisse	Fieber-QALY	Break-even bei 0,0624 QALY/Masernfall
MMR-dominant / ProQuad 10 %	92.896	92.5	1.482
Basismodell / ProQuad 15 %	99.344	98.9	1.585
MMRV-stärker / ProQuad 20 %	105.792	105.3	1.688

Die Ergebnisse ändern sich mit dem Produktmix, aber die Größenordnung bleibt im gewählten Korridor stabil. Der ProQuad-Anteil wirkt besonders stark, weil hierfür ein konkreter Zweitdosis-Fieberwert von 26,12 % vorliegt, während die übrigen Präparate konservativ nur mit den regulatorischen Mindestschwellen modelliert werden.

14.3 Noch offen bzw. sensitiv

- Tatsächlicher deutscher Marktanteil der vier Präparate, insbesondere getrennt nach erster und zweiter Dosis.
- MMR-spezifische deutsche Utility-Werte für 38-39 °C, $\geq 39,4$ °C, Fieberkrampf und sonstige schwere Reaktionen bei Kleinkindern.
- Exakte kausale und zweitdosisbezogene Exzessraten für seltene neurologische Ereignisse.
- Aktuelle Nettokosten der Impfstoffe und aktuelle deutsche Kosten pro ambulantem bzw. hospitalisiertem Masernfall.
- Altersspezifische Mortalität und SSPE-Risiken der tatsächlich verhinderten Fälle.

14.4 Transparenz der Annahmen

Die Impffolgenabschätzung trennt beobachtete Werte, populationsbasierte Risikoschätzungen und Modellannahmen. Insbesondere der Präparatemix, die MMR/MMRV-spezifische Rate lebenslanger anerkannter Schäden und die genaue funktionale Schwere einzelner Fieberzustände bleiben Sensitivitätsparameter. Diese Unsicherheiten werden nicht verborgen, sondern über alternative Szenarien ausgewiesen.

15. Gesamtbewertung und Schlussfolgerung

Die Impffolgenabschätzung Masern erweitert die übliche Nutzen-Risiko-Betrachtung um die vollständige Belastungskette einer Impfstrategie. Sie berücksichtigt nicht nur die gesundheitliche Reaktion des Kindes, sondern auch notwendige Betreuung, Erwerbsausfall, schwere akute Ereignisse und lebenslange Schäden. Damit wird aus mehreren Einzelkennzahlen eine zusammenhängende Impffolgen-Belastungsanalyse.

Für 800.000 Impfexpositionen ergibt das Zentralmodell 216.000 Kind-Fiebertage, 216.000 Betreuungstage und rund 54.154 Erwerbsausfalltage. Zusammen mit dem addierbaren schweren Akutblock und der zentralen Langzeitsensitivität von acht lebenslangen Schäden entsteht eine Gesamtlast von rund 604.570 IFBA-Einheiten. Bei symmetrischer Berücksichtigung von 13,8 Krankheitstagen des Kindes, 13,8 Betreuungstagen und rund 3,46 Erwerbsausfalltagen ergeben sich mindestens 31,06 IFBA-Einheiten je durchschnittlichem Masernfall. Die zentrale Gesamtlast entspricht damit rund 19.465 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten. Die 28-Fälle-Referenz führt auf rund 896.570 IFBA-Einheiten beziehungsweise rund 28.866 Gesamtbelastungsäquivalente.

Die zweite Dosis ist dabei als Grenznutzenentscheidung separat zu prüfen, weil sie im verwendeten Modell den Schutz von rund 92 % auf rund 98-99 % erhöht. Bei der ersten Dosis zeigt der Direktvergleich MMRV gegenüber getrennter MMR+V-Gabe einen relevanten Unterschied beim Hochfieber-Endpunkt. Damit betrifft die Folgenabschätzung nicht nur die Frage, ob geimpft wird, sondern auch mit welchem Produkt, in welcher Dosisfolge und unter welchen epidemiologischen Bedingungen.

Der Belastungs-Break-even ist die zentrale Entscheidungskennzahl: Er fragt, wie viel Krankheitsbelastung eine konkrete Impfstrategie tatsächlich verhindern muss, damit die durch sie ausgelöste Gesamtbelastung mindestens ausgeglichen wird. Die Teil-Break-even-Werte bleiben analytisch nützlich, sind aber nicht mit dem Gesamtergebnis der IFBA gleichzusetzen.

15.1 Konsequenz für eine belastungsminimierende Masernstrategie

Die IFBA spricht für eine Strategie, die nicht die Zahl der Impfungen maximiert, sondern die Gesamtbelastung minimiert. Daraus folgen drei prioritäre Prüfentscheidungen: erstens die gesetzliche Nachweispflicht als eigenständigen Eingriff nur bei nachgewiesenem zusätzlichem Nettovorteil fortzuführen; zweitens die zweite Dosis nicht mit dem Gesamtnutzen des Zwei-Dosen-Schemas zu begründen, sondern ihren zusätzlichen Grenznutzen separat gegen ihre zusätzliche Belastung zu stellen; drittens stärker reaktogene MMRV-Produkte nicht routinemäßig einzusetzen, wenn eine weniger reaktogene Alternative dasselbe Präventionsziel erreicht.

Im 2025-Modellszenario würde eine einmalige MMR-Strategie die standardisierte Impfseitenlast von rund 988.836 auf rund 390.021 IFBA-Einheiten senken. Diese rund 60,6 % geringere Belastung ist jedoch nur dann eine Nettoverbesserung, wenn die dadurch zusätzlich entstehende Masern-Krankheitslast unter dem eingesparten Belastungsvolumen bleibt. Genau diese Gegenfrage ist der nächste notwendige Schritt der Impffolgenabschätzung.

16. Historische Rückrechnung 1970–2025: jährliche Impfbelastung statt fixer 800.000-Dosen-Wert

16.1 Der entscheidende methodische Punkt: Die Impfbelastung verändert sich mit jeder Geburtskohorte

Die bisherige Standardrechnung mit 800.000 Impfexpositionen ist lediglich eine Bezugsgröße. Für eine historische Rückrechnung muss sie in jedem Jahr neu skaliert werden. Je größer der Geburtsjahrgang und je mehr Dosen das jeweilige Impfberegime vorsieht, desto größer ist die Zahl der potenziellen Impfexpositionen – und damit steigen im standardisierten IFBA-Modell zugleich die erwarteten Impfreaktionen und der Belastungs-Break-even. Die Jahresrechnung lautet deshalb: Geburten $\times$ empfohlene Dosen = potenzielle Impfexpositionen. Anschließend werden sämtliche IFBA-Parameter proportional auf diese Expositionszahl angewandt.

Standardisierte heutige IFBA-Faktoren je 100.000 Impfexpositionen
13.500 Fieberereignisse; mindestens rund 2.359 Hochfieberereignisse im heutigen Produktmix-Untergrenzenmodell; 27.000 Kind-Fiebertage; 27.000 Betreuungstage; rund 6.769 Erwerbsausfalltage; rund 239 systemische Ereignisse schwerer Intensität und rund 31 impfstoffbezogen bewertete SAE im heutigen 15%-ProQuad-Mix-Analog; 1 lebenslanger Schaden in der zentralen Langzeitsensitivität; rund 75.571 IFBA-Belastungseinheiten und rund 2.433 Masern-Gesamtbelastungsäquivalente als symmetrischer Mindest-Break-even. Diese Werte sind ein heutiger standardisierter Vergleichsmaßstab, keine Rekonstruktion des tatsächlichen Nebenwirkungsprofils historischer Impfstoffe.

16.2 Zwei Ebenen müssen strikt auseinandergehalten werden

Ebene A ist die historische Realität: Welche Impfstoffe und Impfberegime waren tatsächlich im Einsatz und wie viele Masernfälle beziehungsweise Todesfälle wurden beobachtet? Ebene B ist die standardisierte Rückrechnung: Welche Impfbelastung ergäbe sich, wenn man die jeweilige historische Geburtskohorte und Dosiszahl mit den heutigen IFBA-Parametern bewertet? Nur Ebene B erlaubt einen über 55 Jahre einheitlichen Größenvergleich. Sie darf aber nicht als Behauptung gelesen werden, Leningrad-16/SSW, Fractivac, frühe monovalente Lebendimpfstoffe oder spätere MMR-Präparate hätten exakt dasselbe Nebenwirkungsprofil wie der heutige MMR/MMRV-Arbeitsmix.

16.3 Entwicklung von Impfreime und Impfstoffen

Zeit	Gebiet	Strategie / Impfstoff	Bedeutung
Ende 1960er–1975	BRD	Quinto Virelon und Fractivac (inaktivierte Masernimpfstoffe)	2- bzw. 3-Dosen-Serien; unzureichende Immunität; ab 1976 nicht mehr erhältlich
1967	DDR	Leningrad-16/SSW, attenuierter Lebendimpfstoff	nationales Eliminationsprogramm zunächst freiwillig
1970	DDR	Pflichtimpfung, Masern-Impfstoff/SSW	Kinder ab 9. Lebensmonat; zunächst eine Dosis
1974	BRD	erste allgemeine STIKO-Empfehlung	Masernimpfung ab 2. Lebensjahr; grundsätzlich Ein-Dosis-Strategie
1975	BRD	MM Vax (Masern-Mumps)	Zulassung 05.01.1975
1977	BRD	Masernvirusimpfstoff	monovalenter Lebendimpfstoff; Zulassung 03.01.1977
1980/81	BRD	MMR Vax / Übergang zur MMR-Strategie	MMR Vax Zulassung 29.01.1980; MMR wird Anfang der 1980er Standard
1983	DDR	gezielte zweite Impfung bestimmter Kinder	Vorstufe zur generellen Zwei-Dosen-Strategie
1985	BRD	Masernimpfstoff Merieux	monovalenter Lebendimpfstoff; Zulassung 30.05.1985
1986	DDR	generelle zweite Masernimpfung	Zwei-Dosen-Regime
1988	BRD	Masern-Vaccinol	monovalenter Lebendimpfstoff; Zulassung 07.01.1988
1991	Deutschland	einheitliche STIKO-Empfehlung: 2 × MMR	bundesweite Zwei-Dosen-Strategie
1994	Deutschland	MMR Triplovax	Zulassung 15.12.1994
1997	Deutschland	Priorix	Zulassung 25.11.1997
2006	EU/Deutschland	ProQuad, M-M-RVAXPRO, Priorix-Tetra	ProQuad 04/2006; M-M-RVAXPRO 05/2006; Priorix-Tetra 07/2006
2010	Deutschland	MMR-Nachholimpfung Erwachsener	einmalige Standardimpfung für viele nach 1970 Geborene mit fehlendem/unklarem Schutz
2020	Deutschland	Masernschutzgesetz	Nachweispflichten in bestimmten Gemeinschafts- und Gesundheitseinrichtungen
heute	Deutschland	2 × MMR im Kindesalter	regelmäßig im Alter von 11 und 15 Monaten

Historischer Kern: In der DDR wurde die Masernimpfung 1970 verpflichtend und zunächst einmalig; ab 1986 wurde generell zweimal geimpft. In der Bundesrepublik sprach die STIKO 1974 die allgemeine Empfehlung aus, zunächst für eine Dosis. Seit 1991 gilt im vereinigten Deutschland die Zwei-Dosen-MMR-Empfehlung. Die Impfstofflandschaft wandelte sich dabei von frühen inaktivierten beziehungsweise monovalenten Präparaten über MM/MMR zu den heutigen MMR- und MMRV-Produkten.

16.4 DDR 1970–1989: jedes Jahr mit eigener Impfbelastung

Für 1970–1985 wird das damalige Ein-Dosis-Regime auf die jeweilige Geburtskohorte angewandt; ab 1986 das generelle Zwei-Dosen-Regime. Wegen der schwankenden Geburtenzahlen verändert sich die erwartete Impfbelastung bereits innerhalb desselben Dosisregimes deutlich.

A. Jährlich neu berechnete Impfexposition und erwartete Impfereignisse

Jahr	Geburten	Dosen	pot. Expo.	Fieber	Hochfieber*	schwer sys. / SAE*	lebenslang*
1970	236.929	1	236.929	31.985	5.589	565 / 74	2,37
1971	234.870	1	234.870	31.707	5.541	560 / 74	2,35
1972	200.443	1	200.443	27.060	4.728	478 / 63	2,00
1973	180.336	1	180.336	24.345	4.254	430 / 57	1,80
1974	179.127	1	179.127	24.182	4.226	427 / 56	1,79
1975	181.798	1	181.798	24.543	4.289	434 / 57	1,82
1976	195.483	1	195.483	26.390	4.611	466 / 61	1,95
1977	223.152	1	223.152	30.126	5.264	532 / 70	2,23
1978	232.151	1	232.151	31.340	5.476	554 / 73	2,32
1979	235.233	1	235.233	31.756	5.549	561 / 74	2,35
1980	245.132	1	245.132	33.093	5.783	585 / 77	2,45
1981	237.543	1	237.543	32.068	5.604	567 / 75	2,38
1982	240.102	1	240.102	32.414	5.664	573 / 75	2,40
1983	233.756	1	233.756	31.557	5.514	558 / 73	2,34
1984	228.135	1	228.135	30.798	5.382	544 / 72	2,28
1985	227.648	1	227.648	30.732	5.370	543 / 72	2,28
1986	222.269	2	444.538	60.013	10.487	1.060 / 140	4,45
1987	225.959	2	451.918	61.009	10.661	1.078 / 142	4,52
1988	215.734	2	431.468	58.248	10.178	1.029 / 136	4,31
1989	198.922	2	397.844	53.709	9.385	949 / 125	3,98

* Hochfieber, schwere systemische Ereignisse/SAE und lebenslange Schäden sind standardisierte heutige IFBA-Sensitivitäten. „schwer sys. / SAE“ zeigt zwei überlappende Ereigniskategorien und darf nicht addiert werden. „lebenslang“ basiert auf 1 : 100.000 Expositionen und ist keine beobachtete historische Rate.

B. Daraus resultierende Belastung und Vergleich mit der beobachteten Masernlast

Jahr	Fiebertage	Betreuung	Erwerbsausfall	IFBA-Gesamtlast	Break-even	Masern beob.	Fälle / BE
1970	63.971	63.971	16.038	179.050	5.765	29.193	5,064
1971	63.415	63.415	15.899	177.494	5.715	5.542	0,970
1972	54.120	54.120	13.568	151.477	4.877	565	0,116
1973	48.691	48.691	12.207	136.282	4.388	431	0,098
1974	48.364	48.364	12.126	135.369	4.358	400	0,092
1975	49.085	49.085	12.306	137.387	4.423	1.493	0,338
1976	52.780	52.780	13.233	147.729	4.756	3.694	0,777
1977	60.251	60.251	15.106	168.639	5.429	1.067	0,197
1978	62.681	62.681	15.715	175.439	5.648	941	0,167
1979	63.513	63.513	15.924	177.769	5.723	2.128	0,372
1980	66.186	66.186	16.594	185.249	5.964	28.745	4,820
1981	64.137	64.137	16.080	179.514	5.780	5.290	0,915
1982	64.828	64.828	16.253	181.448	5.842	2.029	0,347
1983	63.114	63.114	15.824	176.652	5.687	9.798	1,723
1984	61.596	61.596	15.443	172.404	5.551	11.759	2,118
1985	61.465	61.465	15.410	172.036	5.539	568	0,103
1986	120.025	120.025	30.092	335.943	10.816	199	0,018
1987	122.018	122.018	30.591	341.520	10.995	189	0,017
1988	116.496	116.496	29.207	326.066	10.498	17	0,002
1989	107.418	107.418	26.931	300.656	9.680	45	0,005

„Fälle / BE“ ist der Quotient aus beobachteten Masernfällen und standardisiertem IFBA-Break-even. Werte über 1 bedeuten, dass die beobachtete Jahresfallzahl den normierten Belastungs-Break-even übersteigt; Werte unter 1 bedeuten, dass sie darunter liegt. Das ist ein Größenvergleich, keine Kausalitätsaussage über verhinderte Fälle.

16.5 Bundesrepublik 1970–1989: größerer Geburtsjahrgang, größere standardisierte Impfbelastung

Für 1970–1973 bestand noch keine allgemeine STIKO-Empfehlung; deshalb wird für diese Jahre keine programmbezogene Expositionszahl behauptet. Ab 1974 wird die jeweilige Geburtskohorte mit einer empfohlenen Dosis skaliert. Eine vergleichbare bundesweite Erkrankungsreihe fehlt für die alte Bundesrepublik, die Todesfallreihe ist hingegen verfügbar.

A. Jährlich neu berechnete Impfexposition und erwartete Impfereignisse

Jahr	Geburten	Dosen	pot. Expo.	Fieber	Hochfieber*	schwer sys. / SAE*	lebenslang*
1970	810.808	—	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
1971	778.526	—	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
1972	701.214	—	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
1973	635.633	—	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
1974	626.373	1	626.373	84.560	14.776	1.494 / 197	6,26
1975	600.512	1	600.512	81.069	14.166	1.432 / 189	6,01
1976	602.851	1	602.851	81.385	14.221	1.438 / 189	6,03
1977	582.344	1	582.344	78.616	13.737	1.389 / 183	5,82
1978	576.468	1	576.468	77.823	13.599	1.375 / 181	5,76
1979	581.984	1	581.984	78.568	13.729	1.388 / 183	5,82
1980	620.657	1	620.657	83.789	14.641	1.480 / 195	6,21
1981	624.557	1	624.557	84.315	14.733	1.490 / 196	6,25
1982	621.173	1	621.173	83.858	14.653	1.481 / 195	6,21
1983	594.177	1	594.177	80.214	14.017	1.417 / 187	5,94
1984	584.157	1	584.157	78.861	13.780	1.393 / 184	5,84
1985	586.155	1	586.155	79.131	13.827	1.398 / 184	5,86
1986	625.963	1	625.963	84.505	14.766	1.493 / 197	6,26
1987	642.010	1	642.010	86.671	15.145	1.531 / 202	6,42
1988	677.259	1	677.259	91.430	15.977	1.615 / 213	6,77
1989	681.537	1	681.537	92.007	16.077	1.625 / 214	6,82

* Hochfieber, schwere systemische Ereignisse/SAE und lebenslange Schäden sind standardisierte heutige IFBA-Sensitivitäten. „schwer sys. / SAE“ zeigt zwei überlappende Ereigniskategorien und darf nicht addiert werden. „lebenslang“ basiert auf 1 : 100.000 Expositionen und ist keine beobachtete historische Rate.

B. Daraus resultierende Belastung und Vergleich mit der beobachteten Masernlast

Jahr	Fiebertage	Betreuung	Erwerbsausfall	IFBA-Gesamtlast	Break-even	Masern beob.	Fälle / BE
1970	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. v.	79
1971	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. v.	84
1972	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. v.	39
1973	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. v.	37
1974	169.121	169.121	42.401	473.358	15.240	n. v.	n. v.
1975	162.138	162.138	40.650	453.814	14.611	n. v.	n. v.
1976	162.770	162.770	40.808	455.582	14.668	n. v.	n. v.
1977	157.233	157.233	39.420	440.085	14.169	n. v.	n. v.
1978	155.646	155.646	39.023	435.644	14.026	n. v.	n. v.
1979	157.136	157.136	39.396	439.813	14.160	n. v.	n. v.
1980	167.577	167.577	42.014	469.038	15.101	n. v.	n. v.
1981	168.630	168.630	42.278	471.986	15.196	n. v.	n. v.
1982	167.717	167.717	42.049	469.428	15.114	n. v.	n. v.
1983	160.428	160.428	40.221	449.027	14.457	n. v.	n. v.
1984	157.722	157.722	39.543	441.455	14.213	n. v.	n. v.
1985	158.262	158.262	39.678	442.965	14.262	n. v.	n. v.
1986	169.010	169.010	42.373	473.048	15.230	n. v.	n. v.
1987	173.343	173.343	43.459	485.175	15.621	n. v.	n. v.
1988	182.860	182.860	45.845	511.813	16.478	n. v.	n. v.
1989	184.015	184.015	46.135	515.046	16.582	n. v.	n. v.

„Fälle / BE“ ist der Quotient aus beobachteten Masernfällen und standardisiertem IFBA-Break-even. Werte über 1 bedeuten, dass die beobachtete Jahresfallzahl den normierten Belastungs-Break-even übersteigt; Werte unter 1 bedeuten, dass sie darunter liegt. Das ist ein Größenvergleich, keine Kausalitätsaussage über verhinderte Fälle.

16.6 Deutschland 1990–2000: Übergang zur bundesweiten Zwei-Dosen-Strategie

1990 wird als Übergangsjahr nicht mit einer einheitlichen programmbezogenen Exposition belegt. Ab 1991 gilt die bundesweite Zwei-Dosen-MMR-Empfehlung. Dadurch verdoppelt sich die potenzielle Dosisexposition gegenüber einer Ein-Dosis-Betrachtung derselben Geburtskohorte.

A. Jährlich neu berechnete Impfexposition und erwartete Impfereignisse

Jahr	Geburten	Dosen	pot. Expo.	Fieber	Hochfieber*	schwer sys. / SAE*	lebenslang*
1990	905.675	—	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
1991	830.019	2	1.660.038	224.105	39.160	3.959 / 522	16,60
1992	809.114	2	1.618.228	218.461	38.174	3.859 / 508	16,18
1993	798.447	2	1.596.894	215.581	37.671	3.809 / 502	15,97
1994	769.603	2	1.539.206	207.793	36.310	3.671 / 484	15,39
1995	765.221	2	1.530.442	206.610	36.103	3.650 / 481	15,30
1996	796.013	2	1.592.026	214.924	37.556	3.797 / 500	15,92
1997	812.173	2	1.624.346	219.287	38.318	3.874 / 510	16,24
1998	785.034	2	1.570.068	211.959	37.038	3.745 / 493	15,70
1999	770.744	2	1.541.488	208.101	36.364	3.676 / 484	15,41
2000	766.999	2	1.533.998	207.090	36.187	3.659 / 482	15,34

* Hochfieber, schwere systemische Ereignisse/SAE und lebenslange Schäden sind standardisierte heutige IFBA-Sensitivitäten. „schwer sys. / SAE“ zeigt zwei überlappende Ereigniskategorien und darf nicht addiert werden. „lebenslang“ basiert auf 1 : 100.000 Expositionen und ist keine beobachtete historische Rate.

B. Daraus resultierende Belastung und Vergleich mit der beobachteten Masernlast

Jahr	Fiebertage	Betreuung	Erwerbsausfall	IFBA-Gesamtlast	Break-even	Masern beob.	Fälle / BE
1990	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. v.	—
1991	448.210	448.210	112.372	1.254.511	40.390	n. v.	n. v.
1992	436.922	436.922	109.542	1.222.915	39.373	n. v.	n. v.
1993	431.161	431.161	108.098	1.206.793	38.854	n. v.	n. v.
1994	415.586	415.586	104.193	1.163.197	37.450	n. v.	n. v.
1995	413.219	413.219	103.599	1.156.574	37.237	n. v.	n. v.
1996	429.847	429.847	107.768	1.203.114	38.735	n. v.	n. v.
1997	438.573	438.573	109.956	1.227.539	39.522	n. v.	n. v.
1998	423.918	423.918	106.282	1.186.520	38.201	n. v.	n. v.
1999	416.202	416.202	104.347	1.164.922	37.506	n. v.	n. v.
2000	414.179	414.179	103.840	1.159.261	37.323	n. v.	n. v.

„Fälle / BE“ ist der Quotient aus beobachteten Masernfällen und standardisiertem IFBA-Break-even. Werte über 1 bedeuten, dass die beobachtete Jahresfallzahl den normierten Belastungs-Break-even übersteigt; Werte unter 1 bedeuten, dass sie darunter liegt. Das ist ein Größenvergleich, keine Kausalitätsaussage über verhinderte Fälle.

16.7 Deutschland 2001–2025: vollständige moderne Meldereihe

Seit 2001 liegen bundesweit vergleichbare Masernmeldedaten vor. Die Tabelle stellt deshalb für jedes Jahr die auf die Geburtskohorte skalierte heutige IFBA-Impfbelastung der tatsächlich gemeldeten Jahresfallzahl gegenüber.

A. Jährlich neu berechnete Impfexposition und erwartete Impfereignisse

Jahr	Geburten	Dosen	pot. Expo.	Fieber	Hochfieber*	schwer sys. / SAE*	lebenslang*
2001	734.475	2	1.468.950	198.308	34.653	3.503 / 462	14,69
2002	719.250	2	1.438.500	194.198	33.934	3.431 / 452	14,39
2003	706.721	2	1.413.442	190.815	33.343	3.371 / 444	14,13
2004	705.622	2	1.411.244	190.518	33.291	3.366 / 443	14,11
2005	685.795	2	1.371.590	185.165	32.356	3.271 / 431	13,72
2006	672.724	2	1.345.448	181.635	31.739	3.209 / 423	13,45
2007	684.862	2	1.369.724	184.913	32.312	3.267 / 430	13,70
2008	682.514	2	1.365.028	184.279	32.201	3.256 / 429	13,65
2009	665.126	2	1.330.252	179.584	31.381	3.173 / 418	13,30
2010	677.947	2	1.355.894	183.046	31.986	3.234 / 426	13,56
2011	662.685	2	1.325.370	178.925	31.265	3.161 / 416	13,25
2012	673.544	2	1.347.088	181.857	31.778	3.213 / 423	13,47
2013	682.069	2	1.364.138	184.159	32.180	3.253 / 429	13,64
2014	714.927	2	1.429.854	193.030	33.730	3.410 / 449	14,30
2015	737.575	2	1.475.150	199.145	34.799	3.518 / 463	14,75
2016	792.141	2	1.584.282	213.878	37.373	3.779 / 498	15,84
2017	784.901	2	1.569.802	211.923	37.032	3.744 / 493	15,70
2018	787.523	2	1.575.046	212.631	37.155	3.756 / 495	15,75
2019	778.090	2	1.556.180	210.084	36.710	3.711 / 489	15,56
2020	773.144	2	1.546.288	208.749	36.477	3.688 / 486	15,46
2021	795.492	2	1.590.984	214.783	37.531	3.794 / 500	15,91
2022	738.819	2	1.477.638	199.481	34.857	3.524 / 464	14,78
2023	692.989	2	1.385.978	187.107	32.695	3.306 / 435	13,86
2024	677.117	2	1.354.234	182.822	31.946	3.230 / 425	13,54
2025	654.241	2	1.308.482	176.645	30.867	3.121 / 411	13,08

* Hochfieber, schwere systemische Ereignisse/SAE und lebenslange Schäden sind standardisierte heutige IFBA-Sensitivitäten. „schwer sys. / SAE“ zeigt zwei überlappende Ereigniskategorien und darf nicht addiert werden. „lebenslang“ basiert auf 1 : 100.000 Expositionen und ist keine beobachtete historische Rate.

B. Daraus resultierende Belastung und Vergleich mit der beobachteten Masernlast

Jahr	Fiebertage	Betreuung	Erwerbsausfall	IFBA-Gesamtlast	Break-even	Masern beob.	Fälle / BE
2001	396.616	396.616	99.437	1.110.104	35.741	6.037	0,169
2002	388.395	388.395	97.376	1.087.092	35.000	4.656	0,133
2003	381.629	381.629	95.679	1.068.156	34.390	777	0,023
2004	381.036	381.036	95.531	1.066.495	34.337	123	0,004
2005	370.329	370.329	92.846	1.036.528	33.372	781	0,023
2006	363.271	363.271	91.077	1.016.772	32.736	2.308	0,071
2007	369.825	369.825	92.720	1.035.118	33.326	566	0,017
2008	368.558	368.558	92.402	1.031.569	33.212	912	0,027
2009	359.168	359.168	90.048	1.005.288	32.366	574	0,018
2010	366.091	366.091	91.784	1.024.666	32.990	780	0,024
2011	357.850	357.850	89.718	1.001.599	32.247	1.608	0,050
2012	363.714	363.714	91.188	1.018.011	32.776	165	0,005
2013	368.317	368.317	92.342	1.030.896	33.190	1.769	0,053
2014	386.061	386.061	96.790	1.080.559	34.789	442	0,013
2015	398.290	398.290	99.857	1.114.789	35.891	2.466	0,069
2016	427.756	427.756	107.244	1.197.262	38.547	327	0,008
2017	423.847	423.847	106.264	1.186.319	38.194	926	0,024
2018	425.262	425.262	106.619	1.190.282	38.322	545	0,014
2019	420.169	420.169	105.342	1.176.025	37.863	516	0,014
2020	417.498	417.498	104.672	1.168.549	37.622	76	0,002
2021	429.566	429.566	107.698	1.202.326	38.710	10	0,000
2022	398.962	398.962	100.025	1.116.670	35.952	15	0,000
2023	374.214	374.214	93.820	1.047.401	33.722	79	0,002
2024	365.643	365.643	91.671	1.023.412	32.950	645	0,020
2025	353.290	353.290	88.574	988.836	31.836	234	0,007

„Fälle / BE“ ist der Quotient aus beobachteten Masernfällen und standardisiertem IFBA-Break-even. Werte über 1 bedeuten, dass die beobachtete Jahresfallzahl den normierten Belastungs-Break-even übersteigt; Werte unter 1 bedeuten, dass sie darunter liegt. Das ist ein Größenvergleich, keine Kausalitätsaussage über verhinderte Fälle.

16.8 Was die Neuberechnung gegenüber einem festen 800.000-Dosen-Wert verändert

Jahr/Gebiet	Expo.	Fieber	Fiebertage	Erwerbsausfall	lebenslang*	Break-even	Masern
DDR 1970	236.929	31.985	63.971	16.038	2,37	5.765	29.193
DDR 1980	245.132	33.093	66.186	16.594	2,45	5.964	28.745
DDR 1986	444.538	60.013	120.025	30.092	4,45	10.816	199
BRD 1974	626.373	84.560	169.121	42.401	6,26	15.240	n. v.
Deutschland 1991	1.660.038	224.105	448.210	112.372	16,60	40.390	n. v.
Deutschland 2001	1.468.950	198.308	396.616	99.437	14,69	35.741	6.037
Deutschland 2025	1.308.482	176.645	353.290	88.574	13,08	31.836	234

Der Größenunterschied ist erheblich. Die 800.000-Dosen-Standardrechnung mit 108.000 erwarteten Fieberereignissen lässt sich nicht unverändert auf jedes historische Jahr übertragen. DDR 1970 ergeben 236.929 potenzielle Expositionen etwa 31.985 Fieberereignisse und rund 2,37 lebenslange Fälle in der zentralen Sensitivität. Für Deutschland 1991 ergeben zwei Dosen bei 830.019 Geburten bereits 1.660.038 potenzielle Expositionen, rund 224.105 Fieberereignisse und 16,60 lebenslange Fälle in derselben Sensitivität. 2025 sinkt die Geburtskohorte auf 654.241, dennoch ergeben zwei Dosen noch 1.308.482 potenzielle Expositionen, rund 176.645 Fieberereignisse und 13,08 lebenslange Sensitivitätsfälle. Der jährliche IFBA-Break-even bewegt sich deshalb mit Kohortengröße und Dosiszahl.

16.9 Nutzen- und Schadenseite müssen pro Jahr dieselbe Bezugsgröße haben

Auf der Schadenseite wird die potenzielle Expositionszahl des jeweiligen Jahres verwendet. Auf der Nutzenseite dürfen ihr nicht einfach alle im selben Jahr beobachteten Masernfälle als „verhindert“ zugerechnet werden. Die beobachtete Fallzahl zeigt nur die tatsächlich eingetretene Krankheitslast unter dem damaligen Impfreime. Für eine vollständige kausale Nutzenrechnung müsste zusätzlich geschätzt werden, wie viele Fälle ohne das jeweilige Impfreime aufgetreten wären. Der historische IFBA-Benchmark beantwortet deshalb zunächst die robustere Frage: Wie groß müsste die tatsächlich verhinderte Masern-Gesamtbelastung mindestens sein, um die auf die jeweilige Impfpopulation skalierte Gesamtbelastung der Impfstrategie auszugleichen?

16.11 Klartextbilanz: In welchen Jahren lag die Krankheitslast über oder unter dem IFBA-Break-even?

Für diesen Unterabschnitt wird bewusst ein einfacher retrospektiver Größenvergleich verwendet: Die tatsächlich beobachtete Masernfallzahl eines Jahres wird dem für dieselbe Geburtskohorte und das jeweilige Dosisregime berechneten IFBA-Belastungs-Break-even gegenübergestellt. Liegt die Fallzahl über dem Break-even, befand sich die beobachtete Krankheitslast zumindest in einer Größenordnung, in der die damalige Präventionsstrategie nach dem heutigen standardisierten IFBA-Maßstab ein ausreichendes Nutzenpotenzial gehabt hätte. Liegt sie darunter, war die tatsächlich beobachtete Krankheitslast kleiner als die modellierte Belastungsschwelle der Impfstrategie. Dieser Vergleich ist bewusst anschaulich; er ist keine kausale Nettowirkungsrechnung, weil die Zahl der ohne Impfung

zusätzlich aufgetretenen beziehungsweise durch die Impfung tatsächlich verhinderten Fälle historisch nicht direkt beobachtbar ist.

DDR 1970–1989

Für die DDR liegt die beobachtete Masernfallzahl in vier der zwanzig betrachteten Jahre über dem nun symmetrisch berechneten IFBA-Break-even. 1970 wurden 29.193 Masernfälle gemeldet; der auf 236.929 potenzielle Ein-Dosis-Expositionen skalierte Break-even beträgt rund 5.765 Masern-Gesamtbelastungsäquivalente. Die beobachtete Fallzahl lag damit beim rund 5,06-Fachen der Schwelle. 1980 standen 28.745 gemeldete Fälle einem Break-even von rund 5.964 gegenüber, 1983 waren es 9.798 Fälle gegenüber rund 5.687 und 1984 11.759 gegenüber rund 5.551. In diesen vier Jahren lag die beobachtete Krankheitslast oberhalb der modellierten Belastungsschwelle.

In den übrigen sechzehn DDR-Jahren lag die beobachtete Masernfallzahl unter dem symmetrischen IFBA-Break-even. Besonders deutlich wird der Abstand nach Einführung der generellen zweiten Dosis 1986: 1986 standen 199 beobachtete Fälle einem Break-even von rund 10.816 gegenüber, 1987 waren es 189 zu 10.995, 1988 17 zu 10.498 und 1989 45 zu 9.680. Im rein deskriptiven IFBA-Größenvergleich liegt die Impfbelastungsschwelle damit in diesen Jahren weiterhin um Größenordnungen über der tatsächlich beobachteten Masernlast.

Bundesrepublik 1970–1989

Für die alte Bundesrepublik lässt sich dieselbe Ja/Nein-Zuordnung nicht seriös für jedes Jahr vornehmen. Ab 1974 kann die potenzielle Impfexposition aus Geburtskohorte und Ein-Dosis-Empfehlung modelliert werden; der symmetrische standardisierte IFBA-Break-even liegt dabei grob zwischen rund 14.000 und 16.600 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten pro Jahr. Es fehlt jedoch eine mit der DDR vergleichbare vollständige bundesweite Jahresreihe der Masernerkrankungen. Die vorhandenen Todesfallzahlen ersetzen diese fehlende Erkrankungszahl nicht. Deshalb lässt sich für 1974–1989 aus den derzeit verwendeten Daten nicht belastbar sagen, in welchem einzelnen Jahr die Krankheitslast oberhalb oder unterhalb des IFBA-Break-even lag. Eine Behauptung, die Impfung habe in der alten Bundesrepublik in jedem Jahr mehr oder weniger Belastung als Nutzen erzeugt, wäre auf dieser Datengrundlage nicht belegt.

Vereinigtes Deutschland seit 1991

Für die Jahre 1991–2000 gilt zunächst dieselbe Einschränkung: Die Zwei-Dosen-Empfehlung ermöglicht zwar eine jährliche Skalierung der Impfexposition und des IFBA-Break-even, die derzeit zugrunde gelegte Datensammlung enthält aber noch keine gleichartige vollständige bundesweite Erkrankungsreihe für diese Jahre. Eine jahresgenaue Nutzen-Schaden-Zuordnung ist deshalb auch hier nicht möglich. Ab 2001 ändert sich die Datenlage. Für 2001–2025 liegt eine bundesweit vergleichbare Meldereihe vor. In keinem einzigen dieser 25 Jahre erreichte die beobachtete Masernfallzahl den jeweiligen symmetrischen standardisierten IFBA-Break-even. Am nächsten kam 2001: 6.037 gemeldete Fälle standen einem Break-even von rund 35.741 gegenüber, also rund 16,9 % der Schwelle. 2002 waren es 4.656 zu 35.000 beziehungsweise 13,3 %. 2015, das stärkste spätere Ausbruchsjahr, lag mit 2.466 Fällen bei rund 6,9 % des Break-even von 35.891. 2024 standen 645 Fälle rund 32.950 gegenüber, 2025 234 Fälle rund 31.836. Im standardisierten historischen Größenvergleich liegt damit die modellierte Impfbelastungsschwelle seit 2001 durchgängig über der tatsächlich beobachteten jährlichen Masernlast.

Was darf daraus gesagt werden?

Wenn „mehr Nutzen als Belastung“ in diesem Unterkapitel ausdrücklich als „beobachtete Masernfallzahl liegt über dem IFBA-Break-even“ definiert wird, ergibt sich ein klares Bild: DDR 1970, 1980, 1983 und 1984 liegen auf der Nutzenseite des vereinfachten Benchmarks; die übrigen sechzehn DDR-Jahre liegen auf der Belastungsseite. Für die alte Bundesrepublik 1974–1989 und für das vereinigte Deutschland 1991–2000 ist eine solche Einordnung mangels vergleichbarer vollständiger Erkrankungszahlen nicht möglich.

Für 2001–2025 liegt jedes einzelne Jahr auf der Belastungsseite des standardisierten Benchmarks.

Streng kausal darf daraus jedoch nicht formuliert werden, in diesen Jahren sei „tatsächlich mehr Schaden als Nutzen“ entstanden. Der Nutzen einer Impfung besteht nicht in den Erkrankungen, die trotz Impfprogramm beobachtet wurden, sondern in den Erkrankungen und schweren Folgen, die ohne die Impfstrategie zusätzlich aufgetreten wären und durch sie verhindert wurden. Diese kontrafaktische Zahl ist nicht direkt beobachtbar. Die historische IFBA zeigt daher etwas präziseres: wie groß der erforderliche Präventionseffekt in jedem Jahr mindestens hätte sein müssen, damit die modellierte Impfbelastung ausgeglichen wird, und wie weit die tatsächlich beobachtete Krankheitslast von dieser Schwelle entfernt lag.

Der auffälligste historische Befund ist damit: In der DDR erreichte beziehungsweise überschritt die beobachtete Masernlast die heutige symmetrisch standardisierte IFBA-Schwelle in vier Jahren, darunter zwei ausgeprägte Epidemiejahre. Seit Beginn der modernen bundesweiten Meldestatistik 2001 wurde die Schwelle in keinem Jahr erreicht. Ob die Impfstrategie dennoch netto vorteilhaft war, entscheidet sich folglich an der kontrafaktischen Frage, wie viele zusätzliche Masernfälle und schwere Verläufe ohne Impfung tatsächlich zu erwarten gewesen wären.

Kernaussage der Rückrechnung

Der Belastungs-Break-even ist keine feste Zahl. Er steigt und fällt mit der Zahl der Impffexpositionen. In kleineren DDR-Ein-Dosis-Kohorten lag der heutige standardisierte IFBA-Break-even meist bei rund 4.400 bis 6.000 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten; mit Einführung der zweiten Dosis verdoppelte er sich näherungsweise. In der größeren Bundesrepublik lag der Ein-Dosis-Benchmark ab 1974 grob bei rund 14.000 bis 16.600. Seit der bundesweiten Zwei-Dosen-Empfehlung 1991 liegt der auf die jeweilige Geburtskohorte skalierte symmetrische Benchmark typischerweise zwischen rund 32.000 und 40.400 Masern-Gesamtbelastungsäquivalenten. Damit wird sichtbar, warum eine historische Folgenabschätzung zwingend jährlich neu rechnen muss statt mit einem festen 800.000-Dosen-Wert zu arbeiten.

17. Vom historischen Impferfolg zum Grenznutzen der zweiten Dosis – Kausalanalyse unter Berücksichtigung von Durchbruchserkrankungen und Transmission Geimpfter

17.1 Die historische Rückrechnung beantwortet noch nicht die Kausalfrage

Die historische Rückrechnung des vorangegangenen Kapitels zeigt, wie groß die durch eine Impfstrategie tatsächlich verhinderte Krankheitslast mindestens sein müsste, damit ihr standardisierter IFBA-Belastungs-Break-even erreicht wird. Sie beantwortet jedoch bewusst nicht die kontrafaktische Frage, wie viele Masernerkrankungen ohne die jeweilige Impfstrategie tatsächlich zusätzlich aufgetreten wären. Genau diese Frage ist für eine kausale Nutzenbewertung entscheidend. Die bisherige Analyse trennt diese Ebenen bereits ausdrücklich: Die beobachtete Fallzahl zeigt nur die unter dem jeweiligen Impfreime eingetretene Krankheitslast; für eine vollständige kausale Nutzenrechnung müsste zusätzlich geschätzt werden, wie viele Fälle ohne dieses Impfreime aufgetreten wären.

Für diese Kausalfrage müssen drei verschiedene Effekte voneinander getrennt werden. Erstens ist zu fragen, welchen historischen Grundeffekt die Einführung der Masernimpfung insgesamt hatte. Zweitens muss davon der zusätzliche Nutzen der zweiten Dosis abgegrenzt werden. Drittens ist nochmals gesondert zu prüfen, welchen zusätzlichen Effekt spätere staatliche Interventionen wie die gesetzliche Nachweispflicht erzeugen. Der historische Erfolg der Masernimpfung insgesamt darf nicht automatisch jeder später hinzugekommenen Dosis oder regulatorischen Verschärfung zugerechnet werden.

Hinzu kommt nun eine weitere methodische Differenzierung. Eine Impfung verändert die Maserntransmission nicht nach einem simplen binären Schema „übertragungsfähig“ oder „nicht übertragungsfähig“. Geimpfte Personen können trotz Impfung an Masern erkranken und das Virus in seltenen Fällen weitergeben. Damit muss eine vollständige Grenznutzenanalyse nicht nur die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung nach Impfung, sondern auch die **verbleibende Transmissionsfähigkeit von Durchbruchsfällen** berücksichtigen.

17.2 Sterblichkeit und Erkrankungshäufigkeit sind zwei verschiedene historische Entwicklungen

Die historische Entwicklung der Masern Todesfälle muss zunächst von der Entwicklung der Erkrankungshäufigkeit getrennt werden. Die Masernsterblichkeit ging in Deutschland bereits lange vor Einführung der allgemeinen Masernimpfung erheblich zurück. Dieser Rückgang kann zeitlich nicht überwiegend durch das später etablierte Impfprogramm verursacht worden sein. Verbesserungen der medizinischen Versorgung, der allgemeinen Lebensbedingungen und der Behandlung von Komplikationen müssen daher einen wesentlichen Anteil an der Verringerung der Mortalität gehabt haben.

Daraus folgt jedoch nicht, dass die Masernerkrankung selbst bereits im gleichen Maße verschwand. Für die alte Bundesrepublik steht für die 1950er und 1960er Jahre keine durchgehend vergleichbare nationale Erkrankungsreihe zur Verfügung. Die DDR-Daten zeigen dagegen noch in den 1960er Jahren ausgeprägte Epidemiewellen mit Zehntausenden Erkrankungen. Die Erkrankungshäufigkeit befand sich somit vor Beginn des Impfprogramms nicht einfach in einem gleichmäßigen linearen Rückgang gegen Null.

Die historische Entwicklung legt deshalb zwei getrennte Prozesse nahe. **Die Letalität der Masern sank erheblich bereits vor Einführung der allgemeinen Impfprogramme. Die Erkrankung selbst blieb dagegen weiterhin sehr verbreitet.** Ein Rückgang der Mortalität darf deshalb nicht als Beleg dafür verwendet werden, dass auch die Inzidenz bereits ohne Impfung verschwunden wäre. Umgekehrt darf der spätere Rückgang der Erkrankungen nicht vollständig Verbesserungen der medizinischen Versorgung zugeschrieben werden.

17.3 Der Grundeffekt der ersten Masernimpfung ist plausibel

Nach Einführung des systematischen Masernimpfprogramms in der DDR ab 1970 zeigt die Erkrankungsreihe einen deutlichen Strukturbruch. Zuvor lagen die gemeldeten Fallzahlen über Jahre in hohen fünfstelligen Bereichen; anschließend gingen sie innerhalb kurzer Zeit erheblich zurück. Dieser Vorher-nachher-Vergleich allein wäre noch kein vollständiger Kausalbeweis, stimmt aber mit den unabhängigen Wirksamkeitsdaten der Masernimpfung überein.

Das RKI nennt für eine einmalige Masernimpfung einen Schutz von ungefähr 92 Prozent und für zwei Dosen etwa 98 bis 99 Prozent. Die US-amerikanischen CDC geben aktuell Größenordnungen von rund 93 Prozent nach einer und 97 Prozent nach zwei Dosen an.

Damit besteht eine substanzielle Evidenz dafür, dass die Masernimpfung einen erheblichen kausalen Anteil am Rückgang der Erkrankungshäufigkeit besitzt. Die Impffolgenabschätzung muss diesen Grundeffekt nicht bestreiten. Entscheidend ist vielmehr, dass aus dem historischen Erfolg der ersten Impfung nicht automatisch folgt, dass jede zusätzliche Dosis denselben oder auch nur einen ausreichend großen zusätzlichen Nutzen erzeugt.

Die richtige Anschlussfrage lautet daher:

Welchen zusätzlichen Nutzen erzeugt die zweite Dosis gegenüber einer bereits weit verbreiteten ersten Dosis?

17.4 Der Zeitraum 1998 bis 2010 als natürliche Grenznutzenphase

Für diese Frage ist der Zeitraum von 1998 bis 2010 besonders aufschlussreich. Die erste Masernimpfung war damals bereits weit verbreitet, während die zweite Dosis innerhalb relativ kurzer Zeit von einer Minderheitenanwendung zur nahezu flächendeckenden Intervention wurde.

1998 waren bei den Schuleingangsuntersuchungen 88,7 Prozent der Kinder mindestens einmal, aber nur 14,7 Prozent zweimal gegen Masern geimpft. 2001 lag die Erstimpfquote bei 91,4 Prozent und die Zweitimpfquote bei 25,9 Prozent. 2003 erreichte MCV2 bereits 50,9 Prozent, 2005 76,6 Prozent, 2007 88,4 Prozent und 2010 rund 91,5 Prozent. Die Erstimpfquote stieg im selben Zeitraum wesentlich weniger stark.

Damit verändert sich in dieser Phase vor allem eine Variable: die **Verbreitung der zweiten Dosis**. Genau deshalb eignet sich dieser Zeitraum besonders gut zur Untersuchung ihres zusätzlichen populationsbezogenen Grenznutzens.

Ab 2001 steht außerdem eine bundesweit vergleichbare Masernmeldereihe zur Verfügung. Die im vorliegenden Bericht verwendete historische Reihe zeigt 6.037 Fälle im Jahr 2001, 4.656 im Jahr 2002,

777 im Jahr 2003, 123 im Jahr 2004, 781 im Jahr 2005, 2.308 im Jahr 2006, 566 im Jahr 2007, 912 im Jahr 2008, 574 im Jahr 2009 und 780 im Jahr 2010.

Die ersten Jahre zeigen zunächst einen starken gemeinsamen Trend: Die Zweitimpfquote steigt, die gemeldeten Fallzahlen fallen. In der späteren Phase setzt sich dieses einfache Verhältnis jedoch nicht fort. Obwohl MCV2 von rund 51 Prozent 2003 auf über 90 Prozent 2010 steigt, bleiben die Fallzahlen von erheblichen Ausbruchsschwankungen geprägt.

Daraus darf nicht geschlossen werden, dass die zweite Dosis wirkungslos sei. Der Befund zeigt aber, dass sich die Größe ihres zusätzlichen populationsbezogenen Nutzens nicht einfach aus einer linearen nationalen Zeitreihe ablesen lässt.

17.5 Die neue Evidenz: Geimpfte können Masern weiter übertragen

Für die Bewertung der zweiten Dosis ist eine 2026 veröffentlichte systematische Übersichtsarbeit besonders bedeutsam. Die Autoren untersuchten gezielt die Frage, ob Personen, die bereits eine oder mehrere Dosen eines masernhaltigen Impfstoffes erhalten hatten und dennoch an Masern erkrankten, das Virus weitergeben können.

Insgesamt wurden 33 Untersuchungen eingeschlossen. Unter **890 geimpften Personen mit Masern** waren **70 dokumentierte Überträger**, entsprechend 7,9 Prozent der in den eingeschlossenen Berichten erfassten geimpften Masernfälle. Diese 70 Personen verursachten **237 direkte Sekundärfälle**. In den Untersuchungen, in denen auch nachfolgende Infektionsgenerationen nachvollzogen werden konnten, ließen sich insgesamt **812 Masernfälle auf Übertragungsketten zurückführen, die von einem geimpften Masernfall ausgingen**. Von den 70 dokumentierten Überträgern hatten 22 mindestens zwei Dosen eines masernhaltigen Impfstoffs erhalten.

Dieser Befund ist für die Modellierung wichtig, darf jedoch nicht falsch interpretiert werden. Die 7,9 Prozent sind **keine populationsbezogene Wahrscheinlichkeit dafür, dass 7,9 Prozent aller Geimpften Masern verbreiten**. Untersucht wurden bereits erkrankte geimpfte Personen aus überwiegend ausbruchsbasierten Berichten. Zudem weist selbst die Primärpublikation darauf hin, dass die Übertragung durch geimpfte Masernfälle insgesamt relativ selten ist.

Die neue Evidenz widerlegt also nicht die Schutzwirkung der Impfung. Sie widerlegt aber ein zu stark vereinfachtes Modell, in dem geimpfte Personen epidemiologisch vollständig aus der Übertragungskette entfernt werden.

17.6 Primäres und sekundäres Impfversagen müssen getrennt werden

Bei einer Durchbruchserkrankung sind zwei unterschiedliche Mechanismen zu unterscheiden. Beim **primären Impfversagen** entsteht nach der Impfung keine ausreichende Immunität. Wird eine solche Person später exponiert, kann sie ein weitgehend typisches Masernbild entwickeln und das Virus weitergeben.

Beim **sekundären Impfversagen** bestand zunächst Immunität, die später unvollständig beziehungsweise unzureichend wird. Solche Fälle verlaufen häufig milder, weisen geringere Viruslasten auf und sind im Durchschnitt weniger infektiös.

Das RKI beschreibt genau diese Unterscheidung. Eine Übertragung durch geimpfte Erkrankte ist möglich, kommt insbesondere bei sekundärem Impfversagen jedoch nur selten vor. Geimpfte Erkrankte sollten deshalb bei der Rekonstruktion von Transmissionsketten berücksichtigt werden.

Eine 2024 veröffentlichte systematische Übersichtsarbeit zu sekundärem Impfversagen fand unter mehr als 3.000 dokumentierten Expositionen sehr niedrige sekundäre Angriffsraten. Das geschätzte effektive Reproduktionsmaß für solche Fälle lag bei etwa 0,063; die Autoren bewerteten die Transmission nach sekundärem Impfversagen daher als sehr selten.

Das bedeutet: **Geimpft ist epidemiologisch nicht gleichbedeutend mit steril immun. Geimpft ist aber auch nicht gleichbedeutend mit gleicher Infektiosität wie ungeimpft.**

Für die Impffolgenabschätzung ist genau dieser Zwischenzustand relevant.

17.7 Konsequenz: Das bisherige binäre Herdenschutzmodell ist zu einfach

Eine vereinfachte Berechnung setzt häufig voraus:

geschützt = nicht mehr empfänglich und nicht mehr Teil der Übertragungskette.

Die neue Evidenz zeigt, dass diese Modellierung nur näherungsweise stimmt.

Mindestens vier Gruppen müssen unterschieden werden:

1. **ungeimpfte beziehungsweise vollständig empfängliche Personen,**
2. **erfolgreich geimpfte und vor Erkrankung geschützte Personen,**
3. **Personen mit primärem Impfversagen, die trotz Impfung grundsätzlich wie Empfängliche erkranken und übertragen können,**
4. **Personen mit sekundärem Impfversagen, die trotz vorausgegangener Immunität erkranken und in geringerem Umfang weiter übertragen können.**

Damit kann der populationsbezogene Nutzen der zweiten Dosis nicht mehr allein über eine statische Gleichung „ $\text{Impfquote} \times \text{Schutzrate} = \text{immune Bevölkerung}$ “ erfasst werden.

Für die tatsächliche Transmission ist vielmehr entscheidend:

Wie viele Menschen bleiben infizierbar? Wie häufig entwickeln sie eine übertragungsfähige Infektion? Und wie infektiös sind sie im Vergleich zu ungeimpften Erkrankten?

Der sogenannte Gemeinschaftsschutz ist damit kein absoluter Zustand, sondern eine Reduktion von Infektions- und Übertragungswahrscheinlichkeiten.

17.8 Was die zweite Dosis tatsächlich verändert

Die zweite Dosis schließt vor allem die Immunitätsücke nach der ersten Impfung. Wird beispielsweise für die erste Dosis ein Schutz von 92 Prozent und für zwei Dosen ein Schutz von 98,5 Prozent angesetzt, steigt der Anteil individuell vor Erkrankung Geschützter um etwa 6,5 Prozentpunkte.

Bei einem Geburtsjahrgang von rund 654.000 Kindern entsprechen 6,5 Prozentpunkte rechnerisch etwa **42.500 zusätzlich vor Erkrankung geschützten Personen.**

Diese Zahl ist jedoch nicht identisch mit der Zahl verhinderter Masernfälle. Ein zusätzlich geschütztes Kind wäre ohne zweite Dosis nur dann tatsächlich erkrankt, wenn es während einer empfänglichen Phase einem infektiösen Masernfall in ausreichender Intensität begegnet wäre.

Hinzu kommt nun die neue Erkenntnis: Selbst die Gruppe der zweimal Geimpften ist epidemiologisch nicht vollständig aus möglichen Infektionsketten entfernt. Durchbruchserkrankungen sind selten, aber möglich. Und solche Erkrankungen können – ebenfalls selten – weitere Infektionen auslösen.

Der zusätzliche Effekt der zweiten Dosis besteht daher nicht in der vollständigen Entfernung von 6–7 Prozent der Bevölkerung aus jeder denkbaren Transmissionskette. Er besteht in einer starken Verringerung der Wahrscheinlichkeit, dass diese Personen erkranken, sowie im Fall einer Durchbruchserkrankung zusätzlich häufig in einer geringeren Infektiosität.

Das ist epidemiologisch weiterhin relevant, aber weniger absolut als ein Modell vollständiger steriler Immunität.

17.9 Die Reproduktionszahl muss daher neu interpretiert werden

Eine stark vereinfachte Herdenschutzrechnung verwendet häufig:

$$R_{\text{eff}} = R_0 \times \text{Anteil Empfänglicher.}$$

Diese Formel setzt implizit voraus, dass der restliche Bevölkerungsanteil für die Übertragung vollständig irrelevant ist. Wenn jedoch seltene Durchbruchserkrankungen und Transmissionen Geimpfter auftreten, ist diese Annahme nicht exakt erfüllt.

Die vollständigere Struktur müsste mindestens zwischen den Gruppen unterscheiden:

$$R_{\text{eff}} = R_0 \times [S_{\text{ungeimpft}} + S_{\text{Impfversagen}} \times \text{relative Infektiosität}].$$

Dabei bezeichnet $S_{\text{ungeimpft}}$ den vollständig empfänglichen Bevölkerungsanteil und $S_{\text{Impfversagen}}$ den Anteil der Geimpften, der trotz Impfung infizierbar und gegebenenfalls übertragungsfähig bleibt. Die relative Infektiosität geimpfter Durchbruchsfälle liegt nach den vorliegenden Daten unter derjenigen typischer ungeimpfter Masernfälle, ist aber nicht null.

Damit bleibt die bisherige Aussage grundsätzlich bestehen, dass die zweite Dosis den empfänglichen Pool stark verkleinern kann. Nicht mehr haltbar wäre jedoch die Annahme, dass jede zweimal geimpfte Person vollständig aus dem epidemiologischen Übertragungsprozess herausfällt.

Gerade für Modelle nahe der kritischen Schwelle $R_{\text{eff}} = 1$ kann eine solche Differenz relevant sein.

17.10 Was aus der neuen Studie nicht folgt

Die neue Übersichtsarbeit darf nicht als Beleg dafür verstanden werden, dass Impfungen Masern nicht verhindern oder dass Geimpfte genauso häufig übertragen wie Ungeimpfte.

Das Gegenteil ist durch die verfügbaren Daten wahrscheinlicher. Die CDC stellt ausdrücklich fest, dass Personen mit vorausgegangener Masernimpfung, die dennoch erkranken, seltener schwere Verläufe entwickeln und **weniger wahrscheinlich weiterübertragen**. Die 2024er systematische Analyse zu sekundärem Impfversagen fand ebenfalls sehr niedrige Transmissionsraten.

Die entscheidende neue Erkenntnis lautet deshalb präziser:

Die Masernimpfung reduziert die Wahrscheinlichkeit von Erkrankung und Transmission stark, erzeugt aber keine absolute sterile Immunität bei jeder geimpften Person. Durchbruchserkrankungen einschließlich Weiterübertragungen sind dokumentiert und müssen bei populationsbezogenen Grenznutzenmodellen berücksichtigt werden.

Das ist methodisch wesentlich bedeutsamer als die plakative Aussage „Geimpfte verbreiten Masern“, weil es unmittelbar zeigt, **welche bisherige Modellannahme verändert werden muss**.

17.11 Bedeutung für die historische Analyse 1998–2010

Die neue Erkenntnis verändert auch die Interpretation der steigenden Zweitimpfquote zwischen 1998 und 2010.

Bisher konnte vereinfacht argumentiert werden, dass jede zusätzliche erfolgreiche zweite Dosis den empfänglichen Pool entsprechend verkleinert. Dieses Prinzip bleibt richtig. Allerdings ist die Bevölkerung danach nicht sauber in zwei Gruppen geteilt – „Masern können übertragen“ und „Masern können nicht übertragen“.

Vielmehr entsteht ein Spektrum. Die Mehrzahl der zweimal Geimpften ist vor Erkrankung geschützt. Ein kleiner Anteil bleibt aufgrund primären oder sekundären Impfversagens empfänglich. Unter diesen seltenen Durchbruchfällen besteht wiederum eine reduzierte, aber reale Möglichkeit der Weiterübertragung.

Damit kann die hohe Zweitimpfquote die Wahrscheinlichkeit größerer Infektionsketten weiterhin erheblich reduzieren, aber sie kann Übertragung **nicht absolut ausschließen**. Das hilft zugleich zu erklären, warum in hoch geimpften Populationen weiterhin einzelne Fälle und in bestimmten Konstellationen auch Übertragungsketten auftreten können.

Die fehlende lineare Korrelation zwischen steigender Zweitimpfquote und jährlich sinkender nationaler Fallzahl ist daher weiterhin kein Beweis gegen den Nutzen der zweiten Dosis. Sie zeigt jedoch, dass reale Masernepidemiologie deutlich komplexer ist als eine einfache Gleichung aus Impfquote und Fallzahl.

17.12 Die entscheidende Grenznutzenfrage wird dadurch anspruchsvoller

Für die IFBA bedeutet die neue Evidenz, dass der Nutzen der zweiten Dosis künftig mindestens drei Wirkungen enthalten muss:

Erstens den direkten Schutz: Wie viele zusätzliche Erkrankungen verhindert die zweite Dosis bei den Geimpften selbst?

Zweitens den indirekten Schutz: Wie viele weitere Erkrankungen werden verhindert, weil weniger Erkrankte vorhanden sind und dadurch weniger Infektionsketten entstehen?

Drittens den verbleibenden Durchbruchseffekt: Wie viele Erkrankungen und Transmissionen treten trotz zweiter Dosis weiterhin auf?

Erst aus diesen drei Größen ergibt sich der tatsächliche epidemiologische Grenznutzen.

Die neue systematische Übersichtsarbeit zeigt, dass die dritte Größe nicht einfach mit null angesetzt werden darf. 70 dokumentierte geimpfte Masernfälle übertrugen in den eingeschlossenen Untersuchungen die Erkrankung auf weitere Personen; 22 dieser Überträger hatten mindestens zwei Impfstoffdosen erhalten.

Gleichzeitig zeigt die verfügbare Evidenz, dass diese Übertragungen relativ selten sind. Der Nutzen der zweiten Dosis wird dadurch nicht aufgehoben, aber die Modellierung ihres Gemeinschaftsschutzeffekts muss realistischer werden.

17.13 Verbindung mit der IFBA-Belastungsseite

Auf der Belastungsseite verändert sich durch diese neue Erkenntnis zunächst nichts. Kapitel 10.9 zeigt für den Geburtsjahrgang 2025 im Zwei-Dosen-Modell rund **1.308.482 Impfexpositionen** gegenüber 654.241 im Ein-Dosis-Szenario. Die modellierte Gesamtlast beträgt rund **988.836 IFBA-Einheiten** im Zwei-Dosen-Modell und rund **390.021 Einheiten** bei einer einmaligen MMR-Strategie. Die modellierte Differenz beträgt damit rund **598.815 IFBA-Einheiten**.

Diese zusätzliche Belastung muss durch den zusätzlichen Nutzen der zweiten Dosis ausgeglichen werden.

Neu ist nun lediglich, dass dieser Nutzen epidemiologisch genauer bestimmt werden muss. Ein Modell darf weder annehmen, die zweite Dosis habe lediglich sechs bis sieben Prozentpunkte individuellen Nutzen, noch darf es unterstellen, dass alle erfolgreich Geimpften vollständig und dauerhaft aus jeder Transmissionskette herausfallen.

Die reale Wirkung liegt dazwischen: sehr starke Reduktion der Erkrankungswahrscheinlichkeit, erhebliche Verringerung der Übertragungswahrscheinlichkeit, aber keine absolute Eliminierung beider Risiken.

17.14 Das korrekte Gegenmodell zur zweiten Dosis

Die endgültige Grenznutzenanalyse muss deshalb zwei hypothetische Bevölkerungen über mehrere Geburtsjahrgänge vergleichen.

Szenario A: hohe Erstimpfquote ohne routinemäßige zweite Dosis.

Für jede Kohorte wird berechnet, welcher Anteil nach der ersten Dosis geschützt ist, welcher Anteil aufgrund primären Impfversagens empfänglich bleibt und wie sich dieser susceptible pool über die Jahre entwickelt.

Szenario B: hohe Erstimpfquote plus tatsächliche Zweitimpfquote.

Hier wird zusätzlich berücksichtigt, wie viele primäre Impfversager durch die zweite Dosis immunisiert werden. Gleichzeitig müssen seltene sekundäre Impfversagen und die reduzierte, aber vorhandene Transmission von Durchbruchsfällen berücksichtigt werden.

Für beide Szenarien ist anschließend über mehrere Jahre zu bestimmen, wie viele Infektionen, Hospitalisierungen, schwere Komplikationen, SSPE-Fälle, Todesfälle, Krankheitstage, Betreuungstage und Erwerbsausfälle entstehen.

Die Differenz beider Szenarien ist der tatsächliche populationsbezogene Grenznutzen der zweiten Dosis.

Nur diese Differenz darf anschließend der zusätzlichen IFBA-Belastung der zweiten Dosis gegenübergestellt werden.

17.15 Was die neue Evidenz für das Konzept des Gemeinschaftsschutzes bedeutet

Die neue Evidenz widerlegt den Gemeinschaftsschutz nicht. Sie verändert aber eine vereinfachte Interpretation dieses Begriffs.

Gemeinschaftsschutz bedeutet nicht, dass ab einer bestimmten Impfquote kein Geimpfter mehr infektiös werden kann. Er bedeutet vielmehr, dass in einer hinreichend immunen Population **die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Weiterübertragung so stark reduziert wird, dass längerfristige Infektionsketten immer unwahrscheinlicher werden.**

Dass einzelne Durchbruchsfälle selbst weitere Fälle verursachen können, ist mit diesem Konzept vereinbar. Entscheidend ist die durchschnittliche Reproduktionsfähigkeit der gesamten Infektionskette.

Die neue Übersichtsarbeit ist deshalb vor allem gegen eine absolute Aussage relevant wie:

„Geimpfte können Masern nicht übertragen.“

Diese Aussage ist nach der vorhandenen Evidenz falsch.

Nicht daraus folgt dagegen:

„Weil Geimpfte übertragen können, gibt es keinen Gemeinschaftsschutz.“

Auch diese Schlussfolgerung wäre mit den verfügbaren Daten nicht vereinbar.

Die sachlich korrekte Aussage liegt dazwischen:

Masernimpfungen reduzieren Erkrankungs- und Übertragungswahrscheinlichkeit erheblich, eliminieren sie aber nicht vollständig. Gemeinschaftsschutz ist deshalb eine statistische Reduktion der Übertragungsdynamik und keine absolute Übertragungsbarriere.

17.16 Bedeutung für die gesetzliche Nachweispflicht

Für die gesetzliche Nachweispflicht ist diese Differenzierung allerdings besonders wichtig.

Eine rechtliche Pflicht kann nicht allein damit gerechtfertigt werden, dass ein geimpfter Mensch keinerlei epidemiologisches Risiko mehr darstelle. Das ist empirisch nicht haltbar. Geimpfte Personen können bei Impfversagen erkranken und in seltenen Fällen weiterübertragen. Das RKI bestätigt ausdrücklich, dass auch geimpfte Masernfälle bei Transmissionsketten berücksichtigt werden müssen.

Damit muss die Begründung einer Nachweispflicht probabilistisch erfolgen. Die relevante Frage lautet nicht, ob der geimpfte Mensch **jede** Transmission verhindert, sondern um wie viel die gesetzlich zusätzlich ausgelösten Impfungen das Übertragungsrisiko und die Krankheitslast tatsächlich reduzieren.

Für die Folgenabschätzung des Masernschutzgesetzes bedeutet dies:

zusätzlich durch das Gesetz ausgelöste Impfungen × tatsächliche zusätzliche Reduktion von Erkrankung und Transmission

müssen gegen

zusätzliche medizinische, familiäre, gesellschaftliche und rechtliche Belastungen des Gesetzes

gestellt werden.

Der bloße Hinweis auf einen vollständigen Fremdschutz genügt dafür nicht.

17.17 Was jetzt über die zweite Dosis gesagt werden kann

Nach Einbeziehung der neuen Evidenz lässt sich die zweite Dosis weder als offensichtlich überflüssig noch als automatisch durch den Gesamterfolg des Impfprogramms gerechtfertigt behandeln.

Vier Aussagen sind dagegen belastbar.

Erstens erzeugt die zweite Dosis einen zusätzlichen individuellen Schutz gegenüber einer einzelnen Dosis.

Zweitens kann dieser zusätzliche Schutz bei einer hoch ansteckenden Krankheit populationsbezogen eine erhebliche Wirkung besitzen, weil der empfängliche Restpool deutlich reduziert wird.

Drittens ist diese Reduktion **nicht absolut**. Auch nach zwei Impfungen sind Durchbruchserkrankungen und Weiterübertragungen dokumentiert.

Viertens ist deshalb die tatsächliche Größe des zusätzlichen populationsbezogenen Nutzens nicht aus Impfquote oder Immunitätsquote allein ableitbar. Sie muss dynamisch modelliert werden.

Damit ist die zweite Dosis gerade **nicht „im Sack“**, weder in die eine noch in die andere Richtung. Die neue Evidenz macht vielmehr deutlich, wie anspruchsvoll die korrekte Grenznutzenrechnung ist.

17.18 Vorläufige Schlussfolgerung

Die historische und epidemiologische Analyse führt zu einer präziseren Fragestellung als die bisher übliche Debatte über eine oder zwei Masernimpfungen. Der Grundnutzen der Masernimpfung insgesamt ist durch Wirksamkeitsdaten und historische Entwicklung gut begründbar. **Der zusätzliche Nutzen der zweiten Dosis muss davon jedoch getrennt betrachtet werden.**

Die neue systematische Übersichtsarbeit von 2026 erweitert diese Bewertung um einen wichtigen Befund: **Auch geimpfte Masernfälle können das Virus weitergeben, einschließlich Personen mit mindestens zwei vorausgegangenen Dosen.** In den 33 eingeschlossenen Untersuchungen wurden 70 geimpfte Überträger mit 237 direkten Sekundärfällen identifiziert; insgesamt konnten in weiterverfolgten Ketten 812 Fälle auf einen geimpften Ausgangsfall zurückgeführt werden.

Dieser Befund widerlegt nicht die Wirksamkeit der Impfung. Er zeigt jedoch, dass die populationsbezogene Wirkung nicht mit einem binären Modell „geimpft = nicht mehr übertragungsfähig“ berechnet werden darf. Durchbruchserkrankungen sind selten, und geimpfte Erkrankte übertragen im Durchschnitt seltener als ungeimpfte Erkrankte, aber die Restwahrscheinlichkeit ist nicht null.

Damit lautet die entscheidende Grenznutzenfrage der zweiten Dosis nun genauer:

Wie viele Erkrankungen und schwere Krankheitsfolgen verhindert die zweite Dosis zusätzlich zur ersten Dosis – einschließlich ihrer indirekten Wirkung auf Infektionsketten, aber unter Berücksichtigung fortbestehender Durchbruchserkrankungen und seltener Weiterübertragung – und ist dieser zusätzliche Nutzen größer als die durch eine zweite flächendeckende Impfexposition erzeugte IFBA-Gesamtbelastung?

17.19 Kontrafaktische Grenznutzenrechnung für die zweite Dosis

Nach der historischen und epidemiologischen Analyse kann die zentrale Frage nun erstmals quantitativ enger gefasst werden: Wie viele zusätzliche Masernerkrankungen und schwere Krankheitsfolgen müsste die zweite Dosis gegenüber einer bereits bestehenden hohen Erstimpfquote tatsächlich verhindern, damit ihre eigene zusätzliche IFBA-Belastung ausgeglichen wird? Für diese Rechnung darf weder der gesamte Nutzen der Masernimpfung noch der gesamte Schutz des Zwei-Dosen-Schemas der zweiten Dosis zugerechnet werden. Maßgeblich ist ausschließlich die Differenz zwischen einer Population mit hoher Ein-Dosis-Abdeckung und derselben Population mit zusätzlicher zweiter Dosis. Genau darin liegt der Grenznutzen der zweiten Impfexposition.

Als historischer Referenzpunkt eignet sich weiterhin das Jahr 2010, weil zu diesem Zeitpunkt die Erstimpfquote mit etwa 96,4 % bereits sehr hoch war und die Zweitimpfquote mit etwa 91,5 % ebenfalls nahezu flächendeckend geworden war. Für die Wirksamkeit wird wie im bisherigen Bericht mit rund 92 % Schutz nach einer Dosis und 98–99 % nach zwei Dosen gerechnet; für die zentrale Rechnung wird ein Mittelwert von 98,5 % angesetzt. Unter diesen Annahmen wären in einer hypothetischen Ein-Dosis-Population 96,4 % der Kinder geimpft und 92 % dieser Geimpften geschützt. Daraus ergibt sich ein

geschützter Bevölkerungsanteil von rund 88,69 %. Umgekehrt bleiben etwa 11,31 % der Population empfänglich.

Wird die tatsächliche Zweitimpfquote von 91,5 % einbezogen, verändert sich dieses Bild deutlich. 91,5 % der Population verfügen dann über den Zwei-Dosen-Schutz von modellhaft 98,5 %, weitere 4,9 % über den Ein-Dosis-Schutz von 92 %. Daraus ergibt sich ein geschützter Anteil von rund 94,64 % und damit ein noch empfänglicher Anteil von etwa 5,36 %. Die zweite Dosis erhöht den Schutz auf Bevölkerungsebene damit zwar nur um knapp sechs Prozentpunkte, sie reduziert jedoch den nach der ersten Dosis verbleibenden empfänglichen Restpool von etwa 11,3 auf etwa 5,4 %. Das entspricht einer Verringerung dieses epidemiologisch besonders relevanten Restpools um rund 52,6 %.

Dieser Unterschied ist für die Bewertung der zweiten Dosis von zentraler Bedeutung. Die Aussage, die zweite Dosis erhöhe den individuellen Schutz „nur“ um etwa 6–7 Prozentpunkte, ist mathematisch richtig, kann aber den populationsbezogenen Effekt unterschätzen. Bei einer Infektionskrankheit mit sehr hoher Übertragbarkeit entscheidet nicht nur der Anteil der gesamten Bevölkerung, der zusätzlich geschützt wird, sondern insbesondere die Größe des noch verbleibenden empfänglichen Pools. Gerade dort setzt die zweite Dosis an.

17.20 Was die Halbierung des empfänglichen Restpools für die Masernübertragung bedeutet

Masern gehören zu den infektiösesten bekannten Erkrankungen. Für die Basisreproduktionszahl werden häufig Größenordnungen zwischen etwa 13 und 18 angegeben. In einem stark vereinfachten homogenen Modell lässt sich die effektive Reproduktionszahl näherungsweise als Produkt aus Basisreproduktionszahl und Anteil der noch empfänglichen Bevölkerung darstellen. Diese Berechnung ist kein vollständiges epidemiologisches Modell, eignet sich aber dazu, die Größenordnung des möglichen Effekts sichtbar zu machen.

Bei einem empfänglichen Bevölkerungsanteil von 11,31 % nach einer alleinigen Ein-Dosis-Strategie ergibt sich je nach angenommener Basisreproduktionszahl eine effektive Reproduktionszahl zwischen etwa 1,47 und 2,04. In diesem vereinfachten Modell befindet sich die Population damit deutlich in einem Bereich, in dem sich eine eingeschleppte Infektion grundsätzlich weiterverbreiten kann. Bei einem empfänglichen Anteil von nur noch rund 5,36 % unter der Zwei-Dosen-Konstellation sinkt die entsprechende effektive Reproduktionszahl dagegen auf ungefähr 0,70 bis 0,97. Die zusätzliche zweite Dosis kann die Population damit modellhaft aus einem eindeutig reproduktionsfähigen Bereich in einen Bereich um beziehungsweise unter der kritischen Schwelle von 1 verschieben.

Dieser Schwellencharakter ist wichtig, weil der populationsbezogene Nutzen deshalb nicht zwingend linear verläuft. Ein Unterschied von wenigen Prozentpunkten Immunität kann bei einer sehr ansteckenden Krankheit weit mehr bedeuten als dieselbe Differenz bei einer weniger übertragbaren Erkrankung. Wird eine kritische Schwelle überschritten, können Infektionsketten häufiger von selbst erlöschen. Wird sie unterschritten, können sich Einschleppungen dagegen über mehrere Generationen fortsetzen.

Gleichzeitig darf diese vereinfachte Rechnung nicht als exakte Beschreibung der realen deutschen Bevölkerung missverstanden werden. Menschen mischen sich nicht zufällig und homogen. Impfquoten unterscheiden sich regional, nach sozialen Gruppen und Alterskohorten. Frühere natürliche Infektionen tragen ebenfalls zur Immunität bei. Importationen finden unregelmäßig statt. Gerade diese Heterogenität kann dazu führen, dass trotz hoher nationaler Impfquote lokale Ausbrüche entstehen. Der Schwellenvergleich zeigt deshalb einen Mechanismus, nicht die exakte Zahl zukünftiger Erkrankungen.

17.21 Durchbruchserkrankungen und Transmission Geimpfter verändern das Modell, beseitigen den Gemeinschaftseffekt aber nicht

Für eine realistische Bewertung muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Masernimpfung keine absolute sterile Immunität bei jeder geimpften Person erzeugt. Die neuere Evidenz zeigt, dass auch geimpfte Personen im Falle einer Durchbruchserkrankung das Virus weitergeben können. In einer systematischen Übersichtsarbeit wurden unter 890 geimpften Masernfällen 70 dokumentierte Überträger beschrieben; darunter befanden sich auch Personen mit mindestens zwei vorausgegangenen Impfdosen. Diese Übertragungen sind damit empirisch belegt.

Für die Interpretation ist jedoch entscheidend, diesen Befund nicht zu überdehnen. Aus ihm folgt nicht, dass Geimpfte ebenso häufig erkranken oder ebenso häufig übertragen wie Ungeimpfte. Untersuchungen zu sekundärem Impfversagen zeigen vielmehr, dass solche Durchbruchsfälle im Durchschnitt deutlich seltener weiterübertragen. Das korrekte epidemiologische Bild ist deshalb weder „geimpft = vollständig aus der Übertragung entfernt“ noch „geimpft = ebenso infektiös wie ungeimpft“. Die Realität liegt dazwischen: Die Impfung reduziert die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung stark und reduziert bei vielen Durchbruchsfällen zusätzlich die Wahrscheinlichkeit der Weiterübertragung, setzt beide Risiken aber nicht absolut auf null.

Für die Impffolgenabschätzung folgt daraus, dass ein binäres Modell zu grob ist. Künftig müssen mindestens ungeimpft Empfängliche, erfolgreich Geschützte, primäre Impfversager und sekundäre Impfversager unterschieden werden. Der populationsbezogene Zusatznutzen der zweiten Dosis besteht dann nicht darin, eine bestimmte Zahl von Menschen vollständig und für alle Zeiten aus jeder Übertragungskette zu entfernen. Er besteht in einer Kombination aus geringerer Erkrankungswahrscheinlichkeit, einer kleineren Zahl potenziell infektiöser Personen und einer im Durchschnitt geringeren Transmissionswahrscheinlichkeit der verbleibenden Durchbruchsfälle.

Die Erkenntnis, dass Geimpfte Masern weitergeben können, ist deshalb für die Modellierung bedeutsam, hebt den populationsbezogenen Nutzen der zweiten Dosis aber nicht auf. Sie verhindert lediglich eine zu absolute Beschreibung des Gemeinschaftsschutzes. Gemeinschaftsschutz bedeutet unter diesen Voraussetzungen keine vollständige Übertragungsbarriere, sondern eine so starke Verringerung der durchschnittlichen Übertragungswahrscheinlichkeit, dass sich längere Infektionsketten wesentlich schwerer aufrechterhalten können.

17.22 Wie groß ist die zusätzliche IFBA-Belastung der zweiten Dosis?

Damit kann der epidemiologische Grenznutzen nun der Belastungsseite gegenübergestellt werden. Hier ist zunächst eine methodische Korrektur gegenüber dem bisherigen 60,6%-Szenario erforderlich. Das in Kapitel 10.9 berechnete Ein-Dosis-Szenario verändert gleichzeitig zwei Parameter: Es entfernt die zweite Dosis und ersetzt den bisherigen MMR/MMRV-Mix durch eine reine MMR-Strategie. Die dort ausgewiesene Entlastung von rund 60,6 % ist deshalb nicht vollständig der zweiten Dosis allein zuzurechnen.

Für die isolierte Grenznutzenprüfung der zweiten Dosis muss deshalb eine engere Rechnung verwendet werden. Im Ein-Dosis-MMR-Modell ergeben sich bei 654.241 Impfexpositionen rund 390.021 IFBA-Einheiten. Das entspricht im Mittel etwa 0,596 IFBA-Einheiten je Exposition. Würde eine zweite Dosis mit demselben MMR-Belastungsprofil an einen vollständigen Geburtsjahrgang verabreicht, ergäbe sich eine zusätzliche Belastung von ungefähr 390.000 IFBA-Einheiten. Bei symmetrischer Gegenrechnung

mit mindestens 31,06 IFBA-Einheiten je Masernfall entspricht dies rund 12.560 zusätzlich zu verhindernden Masernfällen.

Wird statt dieses günstigeren MMR-Profiles der bisherige gemischte zentrale IFBA-Wert verwendet, liegt die Belastung je Exposition höher. Bei rund 0,756 Einheiten pro Exposition ergeben sich für einen vollständigen Geburtsjahrgang etwa 494.000 zusätzliche IFBA-Einheiten. Der symmetrische Mindest-Break-even liegt damit bei rund 15.900 zusätzlich zu verhindernden Masernfällen. Innerhalb der Modelllogik ergibt sich für die flächendeckende zweite Dosis somit ein Korridor von rund 12.500 bis 16.000 zusätzlich zu verhindernden Masernfällen pro Geburtsjahrgang.

Dieser Korridor ist für die folgende Gegenrechnung entscheidend. Die zweite Dosis besitzt innerhalb der IFBA nur dann eine positive Grenzbilanz, wenn sie über direkte und indirekte Effekte zusätzliche Masernkrankheitslast mindestens in dieser Größenordnung verhindert.

17.23 Wie viele zusätzlich Geschützte erzeugt die zweite Dosis – und wie viele davon müssten tatsächlich erkranken?

Unter den für die finale Rechnung verwendeten Impfquoten von 96,4 % für mindestens eine Dosis und 91,5 % für zwei Dosen reduziert die zweite Dosis den empfänglichen Pool gegenüber der Ein-Dosis-Konstellation um rund 38.900 Personen pro Geburtsjahrgang. Diese zusätzlich Geschützten sind nicht mit ebenso vielen verhinderten Masernfällen gleichzusetzen. Ein zusätzlicher Schutz erzeugt nur dann tatsächlich einen Präventionsnutzen, wenn die betreffende Person ohne zweite Dosis im relevanten Betrachtungszeitraum exponiert worden und erkrankt wäre.

Setzt man zunächst ausschließlich den direkten Schutz an und lässt indirekte Transmissionseffekte unberücksichtigt, liegt der symmetrische IFBA-Break-even bei rund 12.560 bis 15.900 zusätzlich verhinderten Masernfällen. Bezogen auf rund 38.900 durch die zweite Dosis zusätzlich Geschützte entspricht dies einer kumulativen Erkrankungswahrscheinlichkeit ohne zweite Dosis von ungefähr 32 bis 41 %.

In Zahlen bedeutet dies: Der direkte Zusatznutzen allein erreicht den IFBA-Break-even, wenn ohne zweite Dosis ungefähr ein Drittel bis zwei Fünftel der zusätzlich geschützten Personen im relevanten Betrachtungszeitraum tatsächlich erkranken würden. Diese Schwelle darf nicht mit einer jährlichen Erkrankungswahrscheinlichkeit verwechselt werden. Die zweite Dosis wird im Kleinkindalter verabreicht, während der Präventionsnutzen über viele Jahre beziehungsweise Jahrzehnte wirken kann.

Genau an diesem Punkt wird die populationsbezogene Wirkung bedeutsam. Die zweite Dosis schützt nicht nur die zusätzlich immunisierten Personen selbst. Indem sie den empfänglichen Restpool ungefähr halbiert, kann sie zugleich verhindern, dass einzelne Einschleppungen überhaupt größere Infektionsketten bilden. Dieser indirekte Effekt muss der direkten Wirkung hinzugerechnet werden.

17.24 Was ein größerer Ausbruch in einer Ein-Dosis-Population bedeuten könnte

Um die Größenordnung abzuschätzen, kann in einem nächsten Schritt ein einfaches epidemisches Final-Size-Modell verwendet werden. Bei einer Ein-Dosis-Konstellation mit rund 11,3 % Empfänglichen und einer Basisreproduktionszahl im Bereich von 13 bis 18 könnte sich bei erfolgreicher Etablierung einer größeren Übertragungskette ein erheblicher Teil dieses Restpools infizieren. In einem vereinfachten homogenen SIR-Modell liegt die Größenordnung, abhängig von der angenommenen Übertragbarkeit, ungefähr zwischen etwas mehr als der Hälfte und rund vier Fünfteln der noch empfänglichen Personen.

Auf einen Geburtsjahrgang von etwa 654.000 Kindern übertragen entspräche dies bei einer etablierten größeren Epidemie grob mehreren zehntausend Erkrankungen. Je nach Übertragungsannahme können Größenordnungen von rund 40.000 bis knapp 60.000 Fällen erreicht werden. Solche Werte liegen oberhalb des für die zweite Dosis errechneten IFBA-Break-even von etwa 12.500 bis 16.000 zusätzlich verhinderten Masernfällen.

Damit ergibt sich erstmals ein konkretes Szenario, in dem die zweite Dosis nach der eigenen Logik der Impffolgenabschätzung eine positive Bilanz erreichen könnte: Wenn eine hohe Ein-Dosis-Population im Laufe des relevanten Betrachtungszeitraums tatsächlich mindestens einen größeren Ausbruch erleiden würde, könnte die durch die zweite Dosis zusätzlich verhinderte Krankheitslast die zusätzliche Impfseitenbelastung erreichen oder übersteigen.

Das bedeutet jedoch noch nicht, dass eine solche Epidemie zwangsläufig stattfindet. Eine effektive Reproduktionszahl oberhalb von 1 bedeutet lediglich, dass eine sich selbst tragende Übertragung grundsätzlich möglich ist. Einzelne Einschleppungen können durch Zufall früh abbrechen, sie können in bereits hoch immunisierte Kontaktgruppen gelangen oder durch lokale Maßnahmen begrenzt werden. Die entscheidende empirische Größe ist deshalb nicht nur die potenzielle Größe eines Ausbruchs, sondern die Wahrscheinlichkeit, mit der ein solcher Ausbruch über den gesamten Betrachtungszeitraum tatsächlich eintritt.

17.25 Die entscheidende offene Variable ist nicht mehr die Wirksamkeit, sondern die langfristige Ausbruchswahrscheinlichkeit

Nach dieser Rechnung lässt sich die noch offene Frage wesentlich präziser formulieren. Für den Grenznutzen der zweiten Dosis müssen nicht mehr abstrakt „sechs bis sieben Prozentpunkte zusätzlichen Schutz“ bewertet werden. Entscheidend ist vielmehr, wie häufig eine Population mit hoher Erstimpfquote, aber ohne routinemäßige zweite Dosis im Laufe mehrerer Geburtsjahrgänge größere Masernausbrüche erleben würde.

Ist diese Wahrscheinlichkeit gering, kann die zusätzliche Impfseitenbelastung über lange Zeit anfallen, ohne dass ihr eine entsprechend große zusätzlich verhinderte Krankheitslast gegenübersteht. Ist die Wahrscheinlichkeit dagegen hoch und würde sich der empfängliche Restpool ohne zweite Dosis über mehrere Kohorten aufbauen, kann bereits ein größerer Ausbruch einen erheblichen Teil dieses Pools erfassen. In diesem Fall kann die zweite Dosis einen deutlich größeren populationsbezogenen Nutzen besitzen, als aus dem individuellen Schutzgewinn allein ersichtlich wäre.

Für eine abschließende Bewertung genügt daher kein Ein-Jahres-Vergleich. Erforderlich ist ein Mehrkohortenmodell. Für jedes Jahr muss die Zahl der neu hinzukommenden Empfänglichen bestimmt werden. In einer Ein-Dosis-Welt ergibt sich diese Zahl aus ungeimpften Personen und primären Impfversagern nach der ersten Dosis. In der Zwei-Dosen-Welt wird ein großer Teil dieser verbleibenden Immunitätslücke durch die zweite Dosis geschlossen. Gleichzeitig müssen Durchbruchserkrankungen nach Impfung und ihre reduzierte, aber nicht vollständig ausgeschlossene Weiterübertragung berücksichtigt werden.

Über mehrere Jahre wird anschließend modelliert, wie sich der susceptible pool in beiden Szenarien entwickelt, wie häufig Masern eingeschleppt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit daraus größere Übertragungsketten entstehen und wie viele Erkrankungen solche Ketten verursachen. Diese Erkrankungen können mit denselben Parametern bewertet werden, die bereits auf der Krankheitsseite der

IFBA verwendet werden: durchschnittliche Krankheitstage, Betreuung, Erwerbsausfall, Hospitalisierungen, Pneumonien, Enzephalitis, bleibende neurologische Schäden, SSPE und Mortalität.

Erst die Differenz zwischen beiden Szenarien bildet den tatsächlichen populationsbezogenen Grenznutzen der zweiten Dosis.

17.26 Vorläufiges Ergebnis der Grenznutzenrechnung

Die bisherige Rechnung führt damit zu einem differenzierten Ergebnis. Die zweite Dosis kann nicht allein mit dem Hinweis gerechtfertigt werden, dass zwei Dosen einen Schutz von 98–99 % erreichen. Sie darf nur ihren zusätzlichen Nutzen gegenüber der ersten Dosis beanspruchen. Ebenso wenig kann sie jedoch allein deshalb als geringfügig bewertet werden, weil dieser individuelle Zusatznutzen lediglich etwa 6–7 Prozentpunkte beträgt. Bei Masern können diese wenigen Prozentpunkte den noch empfänglichen Restpool ungefähr halbieren und dadurch die Übertragungsdynamik erheblich verändern.

Die zusätzliche IFBA-Belastung einer flächendeckenden zweiten Dosis entspricht im symmetrischen Modell einem Mindest-Break-even von rund 12.500 bis 16.000 zusätzlich verhinderten Masernfällen je Geburtsjahrgang. Dem stehen unter den verwendeten Impfquoten rund 38.900 zusätzliche Personen gegenüber, die durch die zweite Dosis einen Schutz erhalten, den sie nach einer Dosis noch nicht besaßen. Ob daraus genügend tatsächlich verhinderte Erkrankungen entstehen, hängt nicht allein von der Impfwirksamkeit, sondern vor allem davon ab, wie groß die kumulative Expositions- und Ausbruchswahrscheinlichkeit ohne zweite Dosis wäre.

Die Erkenntnis, dass auch Geimpfte im Falle einer Durchbruchserkrankung Masern übertragen können, verändert diese Bilanz nicht grundsätzlich, muss aber in der Modellierung berücksichtigt werden. Sie verbietet eine absolute Gleichsetzung von „geimpft“ und „nicht mehr übertragungsfähig“. Gleichzeitig zeigen die verfügbaren Daten, dass geimpfte Durchbruchsfälle im Durchschnitt seltener weiterübertragen als typische ungeimpfte Erkrankte. Der Gemeinschaftseffekt der zweiten Dosis wird dadurch abgeschwächt beziehungsweise realistischer beschrieben, aber nicht beseitigt.

Damit lässt sich zum jetzigen Stand weder eine eindeutig negative noch eine eindeutig positive IFBA-Grenzbilanz der zweiten Dosis behaupten. Die Analyse hat jedoch die entscheidende empirische Frage so weit eingegrenzt, dass sie grundsätzlich beantwortbar wird:

Wie viele zusätzliche Masernerkrankungen und schwere Folgeereignisse entstehen über mehrere Kohorten in einer Bevölkerung mit hoher Ein-Dosis-Abdeckung, wenn auf die routinemäßige zweite Dosis verzichtet wird?

Erst wenn diese Zahl bestimmt ist, kann sie mit dem modellierten IFBA-Break-even der zweiten Dosis verglichen werden. Die zweite Dosis ist damit nicht durch den historischen Gesamterfolg der Masernimpfung automatisch gerechtfertigt, aber auch nicht durch die bisherige lineare Grenznutzenbetrachtung widerlegt. Ihre Bewertung entscheidet sich an einer dynamischen, langfristigen Gegenrechnung.

Genau diese Mehrkohortenrechnung ist der nächste notwendige Schritt der Impffolgenabschätzung.

17.27 Finale Grenznutzenrechnung der zweiten Dosis

Für die abschließende Berechnung wird weiterhin ein Geburtsjahrgang von 654.241 Kindern zugrunde gelegt. Als Referenz für eine weitgehend etablierte Impfstrategie dienen die Größenordnungen einer Erstimpfquote von 96,4 % und einer Zweitimpfquote von 91,5 %. Für die Schutzwirkung wird entsprechend dem bisherigen Modell mit 92 % nach einer Dosis und zentral 98,5 % nach zwei Dosen gerechnet. Die bisherige Evaluation verwendet für die zweite Dosis bereits den Ansatz, dass sie den Schutz lediglich um etwa 6–7 Prozentpunkte erhöht und deshalb als eigene Grenzintervention betrachtet werden muss.

Unter einer reinen Ein-Dosis-Konstellation ergibt sich bei 96,4 % Impfquote und 92 % Wirksamkeit ein geschützter Anteil von 88,69 %. Rund 11,31 % der Kohorte bleiben damit empfänglich. Bei 654.241 Kindern sind dies ungefähr **74.008 Personen**.

Werden zusätzlich 91,5 % der Kohorte zweimal geimpft und wird für diese Gruppe ein Schutz von 98,5 % angenommen, verbleiben rechnerisch rund **35.097 empfängliche Personen**. Die zweite Dosis reduziert den empfänglichen Pool damit um etwa **38.911 Personen pro Geburtsjahrgang**.

Das ist die entscheidende Zahl für die weitere Rechnung. Die zweite Dosis erzeugt unter diesen konkreten Impfquoten nicht 654.241 zusätzliche geschützte Kinder und auch nicht 42.500 zusätzliche geschützte Kinder, sondern gegenüber der tatsächlichen hohen Erstimpfquote etwa **38.900 zusätzliche Geschützte**.

Anders formuliert: Der Anteil Empfänglicher sinkt von rund 11,31 % auf 5,36 %, also um etwa **52,6 %**.

17.28 Die Belastung der zweiten Dosis

Nun wird ausschließlich die zusätzliche Belastung der zweiten Impffexposition betrachtet. Das bestehende Kapitel 10.9 darf hierfür nicht unverändert verwendet werden, weil dort gleichzeitig die zweite Dosis entfällt und von einem MMR/MMRV-Mix auf eine reine MMR-Strategie gewechselt wird. Die dort ausgewiesene Entlastung um 60,6 % enthält deshalb zwei Effekte gleichzeitig.

Aus dem Ein-Dosis-MMR-Szenario ergeben sich bei 654.241 Expositionen rund 390.021 IFBA-Einheiten. Dies entspricht ungefähr **0,596 IFBA-Einheiten je MMR-Exposition**. Wird für die zweite Dosis dasselbe vergleichsweise günstige MMR-Belastungsprofil angesetzt, verursacht die zweite flächendeckende Dosis damit rund **390.000 zusätzliche IFBA-Einheiten**.

Wird stattdessen der höhere mittlere Belastungswert des bisherigen MMR/MMRV-Arbeitsmodells angesetzt, ergibt sich eine Größenordnung von rund **494.000 IFBA-Einheiten**.

Damit liegt die modellierte zusätzliche Belastung der zweiten Dosis in einem Korridor von ungefähr:

390.000 bis 494.000 IFBA-Einheiten pro Geburtsjahrgang.

Bei symmetrischer Gegenrechnung mit mindestens 31,06 IFBA-Einheiten je durchschnittlichem Masernfall entspricht die zusätzliche Belastung von rund 390.000 bis 494.000 IFBA-Einheiten einem Mindest-Break-even von ungefähr 12.560 bis 15.900 zusätzlich verhinderten Masernfällen.

Genau an dieser Stelle muss die Rechnung jedoch präzisiert werden.

17.29 Welche Erkrankungswahrscheinlichkeit müsste ohne zweite Dosis bestehen?

Die zweite Dosis schützt gegenüber der bestehenden hohen Erstimpfquote ungefähr **38.911 zusätzliche Personen**.

Damit lässt sich jetzt unmittelbar berechnen, welcher Anteil dieser Personen ohne zweite Dosis im relevanten Betrachtungszeitraum erkranken müsste, damit der Break-even erreicht wird.

Beim unteren Belastungsansatz:

$$12.560 \div 38.911 \approx 32,3 \, \%$$

Beim oberen Belastungsansatz:

$$15.900 \div 38.911 \approx 40,9 \, \%$$

Das zentrale Ergebnis lautet damit:

Die zweite Dosis erreicht innerhalb einer symmetrischeren IFBA-Rechnung ihren Belastungs-Break-even bereits dann, wenn ohne zweite Dosis im Laufe des relevanten Betrachtungszeitraums ungefähr ein Drittel bis zwei Fünftel der durch die zweite Dosis zusätzlich geschützten Personen tatsächlich an Masern erkranken würden.

Damit liegt die relevante Schwelle wesentlich niedriger als bei einer asymmetrischen Normierung, die auf der Krankheitsseite nur die 13,8 Krankheitstage des Kindes berücksichtigt hätte.

Damit verändert sich die Bewertung der zweiten Dosis deutlich.

17.30 Ist eine kumulative Erkrankungswahrscheinlichkeit von 32–41 % plausibel?

Diese Frage kann nicht aus der Impfwirksamkeit selbst beantwortet werden. Sie hängt davon ab, wie häufig und wie stark Masern in einer Population mit sehr hoher Erstimpfquote, aber ohne flächendeckende zweite Dosis zirkulieren würden. Dafür gibt es allerdings mehrere empirische Anhaltspunkte.

Ein besonders aufschlussreicher deutscher Befund stammt aus der Zeit unmittelbar vor der breiten Etablierung der zweiten Dosis. Für das Jahr 2000 berichtete die deutsche Masern-Sentinel-Surveillance eine durchschnittliche Erstimpfquote von hoher Größenordnung bei gleichzeitig noch sehr niedriger Zweitimpfquote. Die geschätzte Maserninzidenz betrug in den alten Bundesländern **46,8 Erkrankungen je 100.000 Einwohner**, gegenüber nur 0,9 je 100.000 in den neuen Bundesländern. Von den erfassten Erkrankten waren 85,4 % ungeimpft, etwa 10 % einmal geimpft und keiner der ausgewerteten Fälle zweimal geimpft.

Dieser Befund beweist nicht, wie Deutschland heute ohne zweite Dosis aussehen würde. Er zeigt aber, dass eine Bevölkerung mit bereits erheblicher Ein-Dosis-Abdeckung und sehr niedriger Zweitimpfquote weiterhin eine relevante Masernzirkulation aufweisen konnte.

Auch direkte Ausbruchsuntersuchungen zeigen einen deutlichen Zusatzschutz der zweiten Dosis. Bei einem Masernausbruch in Alaska 1998 erkrankten unter den bestätigten Fällen 31 Personen nach einer Dosis, aber nur eine Person nach mindestens zwei Dosen. Die Autoren berechneten gegenüber einer

Dosis eine inkrementelle Wirksamkeit der zweiten Dosis von etwa **94,1 %** innerhalb dieser konkreten Ausbruchssituation. Die Studie beantwortet nicht die Frage, wie häufig solche Ausbrüche stattfinden. Sie zeigt aber sehr deutlich, dass die zweite Dosis bei tatsächlicher Exposition gerade in derjenigen Gruppe einen großen Unterschied erzeugen kann, die nach einer ersten Dosis weiterhin ungeschützt geblieben ist.

17.31 Internationale Daten liefern kein einheitliches Bild – und genau das ist wichtig

Die internationale Erfahrung zeigt zugleich, dass es keine einfache universelle Zahl für den Zusatznutzen der zweiten Routineimpfung gibt.

Israel führte 1990 eine zweite Masernimpfung ein. Bei einer Erstimpfquote von etwa 94 % und einer Zweitimpfquote von über 95 % wurde anschließend eine weitere Reduktion der Maserninzidenz um rund 90 % beschrieben. Die Autoren bewerteten dies als Hinweis auf einen erheblichen zusätzlichen Effekt des Zwei-Dosen-Programms.

Demgegenüber ergab eine Analyse aus der Region Amerika ein differenzierteres Bild. Dort erreichten Länder mit einer routinemäßigen Ein-Dosis-Strategie und regelmäßigen zusätzlichen Impfkampagnen die Masernelimination ungefähr ebenso schnell wie Länder mit einer routinemäßigen Zwei-Dosen-Strategie. Die Autoren schlossen daraus, dass die zweite routinemäßige Dosis die Elimination möglicherweise nicht beschleunigte, weil die erforderliche Immunität durch hohe Erstimpfquoten und ergänzende Kampagnen ebenfalls erreicht wurde.

Dieser Befund ist für die Impffolgenabschätzung außerordentlich bedeutsam. Er zeigt nämlich, dass die entscheidende gesundheitspolitische Frage möglicherweise gar nicht lautet:

„Eine oder zwei Dosen?“

Sondern:

„Wie wird die verbleibende Immunitätslücke mit der geringsten Gesamtbelastung geschlossen?“

Eine flächendeckende zweite Routineimpfung ist eine Möglichkeit. Gezielte Nachimpfung bislang Ungeschützter beziehungsweise periodische Catch-up-Strategien können unter bestimmten epidemiologischen Bedingungen eine andere Möglichkeit sein.

17.32 Was sagt die internationale Regressionsanalyse über den durchschnittlichen MCV2-Effekt?

Eine große internationale Analyse auf Basis von WHO-Daten untersuchte den Zusammenhang von MCV1, MCV2 und ergänzenden Impfkampagnen mit der Maserninzidenz. Die Autoren fanden einen sehr großen Effekt der ersten Dosis. Jeder zusätzliche Prozentpunkt MCV1-Abdeckung war mit etwa 2 % geringerer Maserninzidenz verbunden. Für die zweite Dosis war der zusätzliche Effekt wesentlich kleiner: Ein zusätzlicher Prozentpunkt MCV2-Abdeckung war mit etwa **0,4 % geringerer Inzidenz im selben Jahr und rund 0,3 % im Folgejahr** verbunden.

Das ist ein wichtiger Realitätscheck. Es zeigt einerseits einen messbaren zusätzlichen populationsbezogenen Effekt der zweiten Dosis. Andererseits bestätigt es, dass der größte Nutzen bereits über MCV1 entsteht und MCV2 einen deutlich kleineren Grenzbeitrag besitzt.

Eine direkte Übertragung dieser internationalen Regressionskoeffizienten auf Deutschland wäre nicht zulässig. Die untersuchten Länder unterscheiden sich erheblich hinsichtlich Impfprogrammen, Demografie, Surveillance, Immunitätslage und ergänzenden Kampagnen. Der Befund stützt aber die zentrale Architektur dieser Impffolgenabschätzung: **Die zweite Dosis besitzt einen zusätzlichen Nutzen, dieser Zusatznutzen ist jedoch erheblich kleiner als der Grundeffekt der ersten Dosis und muss separat bilanziert werden.**

17.33 Die Erkenntnis zur Transmission durch Geimpfte

Die in Abschnitt 17 bereits berücksichtigte neuere Evidenz verändert die Rechnung ebenfalls nicht in eine einfache Richtung. Geimpfte Personen können im Fall einer Durchbruchserkrankung Masern übertragen. Damit darf kein Modell unterstellen, dass jede geimpfte Person epidemiologisch vollständig aus der Transmissionskette entfernt ist.

Gleichzeitig zeigen Untersuchungen zu sekundärem Impfversagen, dass solche Durchbruchsfälle durchschnittlich wesentlich weniger häufig weiterübertragen. Die verfügbare systematische Evidenz beschreibt sekundäre Angriffsraten von 0 bis 6,25 % und eine sehr geringe geschätzte Reproduktionsfähigkeit sekundärer Impfversagensfälle.

Für die finale Grenznutzenrechnung bedeutet dies: Die zweite Dosis erzeugt keinen absoluten Fremdschutz. Sie reduziert jedoch die Wahrscheinlichkeit von Erkrankung und Weiterübertragung. Ihr indirekter Nutzen darf deshalb nicht mit null angesetzt werden, aber ebenso wenig als absolute Unterbrechung jeder Infektionskette.

17.34 Abgleich mit den real beobachteten deutschen Masernzahlen

Zwischen 2001 und 2025 wurden in der im vorliegenden Bericht verwendeten deutschen Fallreihe insgesamt rund **27.000 Masernfälle** registriert. Der historische IFBA weist ausdrücklich darauf hin, dass diese tatsächlich beobachteten Fälle nicht mit den durch die Impfung verhinderten Fällen gleichgesetzt werden dürfen. Gerade deshalb ist eine interessante Gegenrechnung möglich.

Der symmetrische Break-even der zweiten Dosis liegt bei ungefähr 12.500 bis 16.000 zusätzlich verhinderten Erkrankungen je vollständigem Geburtsjahrgang, sofern lediglich Kind-Krankheitstage, Betreuung und Erwerb berücksichtigt werden. Über 25 Geburtsjahrgänge entspräche dies grob 310.000 bis 400.000 zusätzlich zu verhindernden Erkrankungen, wenn jedes Jahr ein vollständiger Jahrgang eine zweite Dosis erhält. Damit die zweite Dosis über diesen Zeitraum insgesamt ihren modellierten IFBA-Break-even erreichen würde, müsste Deutschland ohne zweite Dosis über 25 Jahre also grob **mehrere hunderttausend zusätzliche Masernerkrankungen** erlebt haben.

Das entspricht im Mittel ungefähr **12.500 bis 16.000 zusätzlichen Erkrankungen pro Jahr**.

Diese Zahl ist nicht absurd hoch, wenn man sie mit historischen Masernwellen vergleicht. Sie liegt aber um Größenordnungen oberhalb der unter dem heutigen Zwei-Dosen-Regime tatsächlich beobachteten durchschnittlichen deutschen Fallzahlen von rund 1.000 pro Jahr.

Die entscheidende kontrafaktische Annahme lautet deshalb:

Hat die zweite Dosis in Deutschland aus einer hypothetischen Ein-Dosis-Inzidenz von vielleicht 15.000, 20.000, 30.000 oder mehr Fällen pro Jahr die tatsächlich beobachteten niedrigen Fallzahlen gemacht?

Die vorhandenen Daten erlauben darauf keine exakte deutsche Zahl. Sie liefern jedoch plausible Beispiele sowohl für einen großen Zusatznutzen der zweiten Dosis als auch dafür, dass ähnliche Populationsimmunität unter bestimmten Bedingungen durch alternative Strategien erreicht werden kann.

17.35 Die finale Sensitivitätsrechnung

Damit lässt sich die Entscheidung erstmals als Schwellenproblem darstellen.

Bei einem Geburtsjahrgang von 654.241 Kindern reduziert die zweite Dosis die Zahl der Empfänglichen unter den gewählten Annahmen um rund **38.900 Personen**.

Der symmetrische IFBA-Break-even liegt bei rund **12.500 bis 16.000 zusätzlich verhinderten Masernfällen**.

Damit ergibt sich folgende Grenzbedingung:

Wenn weniger als etwa 32 % der durch die zweite Dosis zusätzlich geschützten Personen ohne diese zweite Dosis im Laufe des relevanten Zeitraums tatsächlich erkranken würden, erreicht die zweite Dosis den unteren IFBA-Break-even nicht.

Zwischen etwa 32 und 41 % befindet sich die Bilanz im modellabhängigen Übergangsbereich.

Wenn mehr als etwa 41 % dieser zusätzlich geschützten Personen ohne zweite Dosis tatsächlich erkranken würden, wäre selbst der obere Belastungsansatz durch den direkten Krankheitspräventionseffekt ausgeglichen.

Der indirekte Effekt auf Infektionsketten würde die Nutzenseite zusätzlich erhöhen. Schwere Erkrankungsfolgen würden den erforderlichen Fall-Break-even ebenfalls reduzieren.

Damit ergibt sich als zentrale Schwelle:

ungefähr 32–41 % kumulative Erkrankungswahrscheinlichkeit unter den durch die zweite Dosis zusätzlich geschützten Personen

Diese Zahl ist nach derzeitigem Stand wesentlich aussagekräftiger als die bloße Angabe „6–7 Prozentpunkte zusätzlicher Impfschutz“.

17.36 Ergebnis der finalen Berechnung

Die finale Rechnung bestätigt zunächst einen wichtigen Punkt der bisherigen Kritik: **Der Gesamtnutzen der Masernimpfung darf nicht einfach der zweiten Dosis zugeschrieben werden.** Der größte individuelle Schutz entsteht bereits durch die erste Dosis. Internationale Daten bestätigen ebenfalls, dass der populationsbezogene Grenzbeitrag von MCV2 erheblich kleiner ist als der Grundeffekt von MCV1.

Die Rechnung widerlegt jedoch eine ebenso einfache Gegenposition. Die zweite Dosis erzeugt nicht lediglich einen epidemiologisch bedeutungslosen Zuwachs von sechs bis sieben Prozentpunkten. Unter hoher Erstimpfquote halbiert sie modellhaft ungefähr den verbleibenden empfänglichen Pool. In tatsächlichen Ausbruchssituationen kann dies einen sehr großen Unterschied erzeugen, wie direkte Vergleichsdaten zwischen einer und zwei Dosen zeigen.

Innerhalb der IFBA ergibt sich nach symmetrischerer Berücksichtigung der Krankheitsfolgen ein Break-even von ungefähr **12.500 bis 16.000 zusätzlich verhinderten Masernfällen je Geburtsjahrgang**. Dafür müsste ohne zweite Dosis ungefähr **ein Drittel bis zwei Fünftel der durch sie zusätzlich geschützten Personen im Laufe des relevanten Betrachtungszeitraums tatsächlich erkranken**.

Ob Deutschland ohne routinemäßige zweite Dosis diese Schwelle überschreiten würde, lässt sich aus den vorhandenen deutschen Beobachtungsdaten **nicht zuverlässig beweisen**. Dafür existiert kein kontrolliertes Deutschland ohne zweite Dosis. Die internationale Evidenz zeigt sowohl Situationen mit erheblichem Zusatznutzen einer zweiten Routineimpfung als auch Populationen, in denen hohe Erstimpfquoten zusammen mit gezielter Nachimpfung beziehungsweise Impfkampagnen eine ähnliche Elimination erreichten.

Damit lautet das wissenschaftlich belastbare Endergebnis nicht:

„Die zweite Dosis ist überflüssig.“

Ebenso wenig lautet es:

„Die zweite Dosis ist aufgrund der hohen Gesamtwirksamkeit der Masernimpfung automatisch gerechtfertigt.“

Das Ergebnis lautet vielmehr:

Die zweite Dosis besitzt einen realen und potenziell erheblichen populationsbezogenen Grenznutzen. Im verwendeten IFBA-Modell erreicht sie ihren zusätzlichen Belastungs-Break-even, wenn ohne sie mindestens ungefähr 32–41 % der von ihr zusätzlich geschützten Personen im Laufe des relevanten Betrachtungszeitraums tatsächlich an Masern erkranken würden. Ob diese Schwelle unter heutigen deutschen Bedingungen tatsächlich überschritten würde, ist durch die vorhandenen Daten nicht eindeutig nachgewiesen.

Und daraus folgt meines Erachtens die interessanteste gesundheitspolitische Konsequenz der gesamten Rechnung: **Nicht die Existenz eines Nutzens der zweiten Dosis ist die entscheidende offene Frage, sondern ob eine flächendeckende zweite Impfung nahezu eines gesamten Geburtsjahrgangs die belastungsärmste Methode ist, die verbleibende Immunitätslücke zu schließen.**

Gerade die Erfahrung aus den amerikanischen Ländern zeigt, dass hohe Ein-Dosis-Abdeckung kombiniert mit gezielten zusätzlichen Impfmaßnahmen ebenfalls zur Elimination führen kann.

Das verschiebt die Evaluation von der simplen Frage „**zweite Dosis ja oder nein?**“ zu der methodisch stärkeren Frage: „**Welche Strategie schließt die nach der ersten Dosis verbleibende Immunitätslücke mit der geringsten gesamten gesundheitlichen, familiären und gesellschaftlichen Belastung?**“

Das ist nach der finalen Berechnung die sachlich stärkste Schlussfolgerung.

Quellen und Datenbasis

- [1] Robert Koch-Institut (RKI): RKI-Ratgeber Masern; Angaben zu klinischem Verlauf, Fieberkrämpfen, ITP, Komplikationen und Impfreaktionen. https://www.rki.de/DE/Aktuelles/Publikationen/RKI-Ratgeber/Ratgeber/Ratgeber_Masern.html
 - [2] WHO: Measles Fact Sheet, aktualisiert 15.07.2026; Symptome, Krankheitsverlauf und Komplikationen. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/measles>
 - [3] Thorrington et al. / patientenbasierte QALY-Studie: Bestätigte Masernfälle in England; mittlere Dauer 13,8 Tage und 0,019 QALY Verlust pro Fall. PubMed/PMC.
 - [4] EMA – ProQuad Assessment Report under Article 46: Zweitdosis-Sicherheitsdaten: 33,72 % lokale Reaktionen, 13,44 % impfstoffbezogene systemische AE, 26,12 % $\geq 38^\circ\text{C}$, 12,06 % $\geq 39,4^\circ\text{C}$, 7 vaccine-related SAE unter 3.342 Kindern. https://www.ema.europa.eu/en/documents/variation-report/proquad-h-c-662-p46-0041-epar-assessment-report_en.pdf
 - [5] Fachinformation Priorix: Häufigkeitskategorien für Fieber, hohes Fieber, lokale Reaktionen, Ausschlag und seltene Ereignisse. medicines.org.uk, SmPC 1159.
 - [6] Fachinformation Priorix-Tetra: Häufigkeitskategorien und Fieberkrampfdaten. medicines.org.uk, SmPC 101321.
 - [7] Fachinformation M-M-RVAXPRO: Häufigkeitskategorien für Fieber und lokale Reaktionen. medicines.org.uk, SmPC 6307.
 - [8] Kawai et al. / gesundheitsökonomische Impfmodellierung: 95.409 Fieberereignisse = 95 QALY Verlust; verwendet als externer Fieber-Proxy. Clinical and Experimental Vaccine Research 2017.
 - [9] Wichmann et al.: Masern-Ausbruch Duisburg 2006: durchschnittliche Kosten 373 EUR je Fall, 520 EUR inkl. Gesundheitsamt, 1.877 EUR je hospitalisiertem Fall. WHO Bulletin / PMC.
 - [10] Systematic Review Germany: Epidemiology and economic burden of measles, mumps, pertussis, and varicella in Germany; Hospitalisierung, Komplikationen und Kosten. Int J Public Health 2016.
 - [11] Evaluation der Masern-Impfnachweispflicht von 2020 bis 2026: Arbeitsstand 30.08.-01.09.2026; Grundlage für Ereignisbaum, Preisansätze, Break-even-Methodik und Abgrenzung zwischen severe intensity, SAE, Verdachtsfall und anerkanntem Impfschaden.
- Nationale Lenkungsgruppe Impfen (NaLI): Länderzusammenstellung zu Anträgen und anerkannten Impfschäden 2009-2019; 306 Anerkennungen insgesamt, rund 28 pro Jahr über alle erfassten Impfungen.
- Paul-Ehrlich-Institut: Mentzer, Meyer, Keller-Stanislawski, Sicherheit von Impfstoffen gegen Masern, Mumps und Röteln, Bundesgesundheitsblatt 2013.
- Destatis: Erwerbstätigenquote von Müttern und Vätern mit mindestens einem Kind unter drei Jahren, Mikrozensus 2025; ergänzend Paarfamilien nach realisierter Erwerbstätigkeit und Alter des jüngsten Kindes, Mikrozensus 2018.
- EMA / Fachinformationen: ProQuad, Priorix-Tetra, Priorix und M-M-RVAXPRO; produktspezifische Sicherheitsangaben und Zweitdosisdaten.
- Patientenbasierte EQ-5D-Untersuchung bestätigter Masernerkrankungen in England: mittlere Krankheitsdauer 13,8 Tage, QALY-Verlust 0,019 pro Fall.
- [12] Robert Koch-Institut: FAQ „Seit wann sind Masernimpfungen empfohlen?“ – DDR Pflichtimpfung ab 1970, BRD STIKO-Empfehlung ab 1974, DDR zwei Dosen ab 1986, bundesweit zwei MMR-Dosen seit 1991.

- [13] Bundesgesundheitsamt/RKI, bga-Schriften 5/1993, Tab. 4.5.3: gemeldete Masernerkrankungen und Todesfälle 1962–1989 im DDR-Gebiet sowie historische Todesfallreihen für die Bundesrepublik.
- [14] Statistisches Bundesamt (Destatis): Lebendgeborene, historische Reihen 1970–2025; die Jahreswerte der Geburtskohorten sind die Skalierungsbasis der historischen IFBA. Für 1970–1989 werden frühere Bundesrepublik und DDR getrennt betrachtet, ab 1991 Deutschland.
- [15] Paul-Ehrlich-Institut: Mentzer, Meyer, Keller-Stanislawski (2013), „Sicherheit von Impfstoffen gegen Masern, Mumps und Röteln“; Tabelle der in Deutschland zugelassenen Masern-/MMR-/MMRV-Impfstoffe und Zulassungsdaten.
- [16] Dittmann et al. (1976), Bull World Health Organ: „The measles eradication programme in the German Democratic Republic“ – freiwilliges Programm ab 1967, Pflicht ab 1970, Leningrad-16/SSW-Lebendimpfstoff.
- [17] Robert Koch-Institut: FAQ zu Quinto Virelon und Fractivac – inaktivierte Masernimpfstoffe in der Bundesrepublik Ende der 1960er bis Mitte der 1970er Jahre, ab 1976 nicht mehr erhältlich; in der DDR nur Lebendimpfstoffe.
- [18] RKI, infektionsepidemiologische Jahrbücher/NAVKO-Berichte: bundesweite Masernfallzahlen seit 2001; 2023 79 Fälle und 34 Hospitalisierungen von 78 mit bekanntem Status; 2024 645 Fälle.
- [19] Deutscher Bundestag, Drs. 19/15301: acht nach IfSG gemeldete Maserntodesfälle 2001–2019. Deutscher Bundestag, Drs. 21/4657: 645 Fälle 2024 und 234 Fälle 2025 sowie aktuelle Angaben zu schweren Verläufen und Todesfällen.
- [20] EMA: ProQuad und M-M-RVAXPRO, zentrale EU-Zulassungen 2006; PEI: Priorix-Tetra, Zulassung 26.07.2006. FDA Summary Basis for Regulatory Action Priorix: erste Registrierung von Priorix in Deutschland 1997.

Anlage A – Rechenformeln

A1. Erwartete Ereignisse = Zahl der Expositionen $\times$ Ereigniswahrscheinlichkeit.

A2. Mittlere statistische Wartezeit = $1 / (\text{jährliche Fallzahl} \times \text{Ereigniswahrscheinlichkeit})$.

A3. QALY-Verlust akuter Zustand = Dauer in Jahren $\times (1 - \text{Gesundheitsutility})$.

A4. Erwarteter QALY-Verlust seltener Folge = Ereigniswahrscheinlichkeit $\times$ QALY-Verlust je Folge.

A5. Gesundheitlicher Masern-Break-even = QALY-Verlust der Impfseite / QALY-Verlust je durchschnittlichem Masernfall.

A6. Kosten-Break-even = Gesamtkosten der Impfstrategie / vermiedene Kosten je Masernfall, sofern die vermiedenen Fälle kausal der betrachteten Impfstrategie zugerechnet werden können.

Anlage B - Parameter- und Annahmentabelle

Parameter	Zentralwert	Evidenzstatus
Modellpopulation	800.000 Impfexpositionen	Skalierungsgröße
Fieberereignisse	108.000 / 13,5 %	Arbeitsmodell aus MMR/MMRV-Korridoren
Fieberdauer	2 Tage	Zentralannahme
Kind-Fiebertage	216.000	abgeleitet
Betreuungstage	216.000	1 Betreuungstag je Fiebertag
Erwerbsausfall	54.154 Tage	35,1 % $\times$ 5/7; konservatives Modell
Schwere akute Zusatzlast	1.617 Einheiten	addierbarer Nicht-Fieber-Schwerblock
Anerkannte Impfschäden	306 in 2009-2019; ca. 28/Jahr	empirisch, alle Impfungen
Langzeitkonvention	anerkannt = lebenslang	IFBA-Modellannahme
Restlebensdauer	80 Jahre	Modellhorizont Kleinkind
Dauerschwere zentral	50 %	Sensitivitätsannahme
MMR/MMRV-Langzeirate zentral	1 : 100.000	Sensitivität, keine beobachtete Rate
Langzeitfälle zentral	8 bei 800.000	abgeleitet
Gesamtlast zentral	ca. 604.570 IFBA-Einheiten	zusammengeführtes Modell
Masern-Krankheitsdauer	13,8 Tage	patientenbasierte Studie
Masern-QALY akut	0,019 QALY	patientenbasierte Studie
Masern-QALY zentral gesamt	ca. 0,062 QALY	Modell inkl. seltener Endpunkte
IFBA-Gesamtäquivalent	ca. 19.465	symmetrischer Mindest-Break-even
28-Fälle-Referenz	ca. 28.866	äußerer Referenzpunkt, nicht MMR/MMRV-spezifisch