

Sind bei Massenerimpfungen hohe Durchimpfungsraten (über 90 %) sinnvoll?

Ärzte und ärztliche Institutionen propagieren immer wieder bei Impfaktionen möglichst hohe Durchimpfungsraten (über 90%) zu erreichen.

Nachfolgend wird untersucht, ob das unbedingt sinnvoll ist.

Der Wirkungsgrad einer Massenerimpfung (Vakzine-Effizienz VE) wird nach Orenstein ¹⁾ wie folgt definiert:

$$VE = 100 \times \frac{PPV - PCV}{PPV \times (1 - PCV)} \quad (1)$$

Dabei ist VE die Vakzine-Effizienz, PCV der Anteil der Geimpften unter den Erkrankungsfällen und PPV der Anteil der Geimpften in der Bevölkerungsgruppe, auf die Bezug genommen wird.

Setzt man in Gleichung (1) $PCV = a \times PPV$, wobei a der Anteil der geimpften Erkrankten, bezogen auf die Impfrate PPV in % ist, so erhält man

$$VE = 100 \times \frac{\cancel{PPV} \times (1 - a)}{\cancel{PPV} \times (1 - a \times PPV)} \quad (2)$$

Eliminiert man hierin a, so erhält man

$$a = \frac{100 - VE}{100 - VE \times PPV} \quad (3)$$

Annahme: $PPV = 75\% (0,75)$

$$PCV = 10\% (0,1) = 0,1 PPV = a \times PPV$$

Setzt man diese Werte in Gleichung (2) ein so erhält man

$$VE = 100 \times \frac{1 - 0,1}{1 - 0,1 \times 0,75} = 100 \times \frac{0,9}{0,925} = \underline{97,3\%}$$

Bei gleich bleibender Vakzine-Effizienz (VE = 97,3%) erhält man bei einer Impfrate PPV von 95% (0,95) aus Gleichung (3)

$$a = \frac{100 - 97,3}{100 - 97,3 \times 0,95} = \frac{2,7}{7,565} = 0,357$$

Und da $PCV = a \times PPV$

$$PCV = 0,375 \times 0,95 = 0,339 = \underline{33,9\%}$$

Für verschiedene Impfraten (PPV) erhält man bei konstanter Vakzine-Effizienz (VE = 97,3%) Werte nach folgender Tabelle:

Impfrate PPV	Anteil der nicht Geimpften 100 – PPV	Vakzine Effizienz VE	Anteil der Geimpften unter den Erkrankten PCV = a × PPV
99 %	1 %	97,3%	72,8%
95 %	5 %	97,3%	33,9%
86*%	14*%	97,3%	*14,0%
85 %	15 %	97,3%	13,3%
75 %	25 %	97,3%	7,5%
65 %	35 %	97,3%	4,7%
55 %	45 %	97,3%	3,2%
35 %	65 %	97,3%	1,4%

Würde man eine Impfrate (PPV) von 100% erreichen, so ergäbe sich aus Gleichung (3)

$$a = \frac{100 - VE}{100 - VE \times \frac{100}{100}} = 1$$

Und mit $PCV = a \times PPV = 1 \times PPV$
 $PCV = PPV$

Das bedeutet: Der Anteil der Geimpften unter den Erkrankten wäre ebenso hoch, wie der Anteil der Geimpften!

Wäre die Impfrate (PPV) 0 % so ergäbe sich aus Gleichung (3)

$$a = \frac{100 - VE}{100 - VE \times \frac{0}{100}} = \frac{100 - VE}{100 - 0} = \frac{100 - 97,3}{100} = \underline{0,027}$$

Und mit $PCV = a \times PPV = 0,027 \times 0$
 $PCV = 0$

was zu erwarten ist.

Aus der Wertetabelle ist ersichtlich, dass der Anteil der Geimpften unter den Erkrankten (PCV) mit zunehmender Impfrate (PPV) überproportional ansteigt (bei PPV = 95% ist PCV = 33,9%).

Es ergibt sich die Frage, ab welcher Impfrate PPV* der Anteil der Geimpften unter den Erkrankten (PCV*) gleich hoch ist, wie der Anteil der nicht Geimpften 100-PPV*. Dies ergibt sich aus folgender Gleichung

$$1 - PPV^* = PCV^* = a \times PPV^* \quad (4)$$

mit $a = \frac{100 - VE}{100 - VE \times PPV^*}$ (siehe Gl. 3)

wird
$$1 - PPV^* = \frac{100 - VE}{100 - VE \times PPV^*} \times PPV^*$$

und
$$(1 - PPV^*) \times (100 - VE \times PPV^*) = (100 - VE) \times PPV^*$$

Eliminiert man in dieser Gleichung PPV^* , so erhält man

$$PPV^* = \frac{100}{VE} \pm \sqrt{\left(\frac{100}{VE}\right)^2 - \frac{100}{VE}} \quad (5)$$

Mit $VE = 97,3\%$ ergibt sich
$$PPV^* = \frac{100}{97,3} - \sqrt{\left(\frac{100}{97,3}\right)^2 - \frac{100}{97,3}}$$

$$PPV^* = 1,02775 - 0,16888 = 0,85887 \approx 86\%$$

$$PCV^* = 1 - 0,86 = 0,14 = 14\%$$

oder mit
$$a = \frac{1 - PPV^*}{PPV^*} = \frac{1 - 0,86}{0,86} = 0,1628$$
 (aus Gl. 4)

$$PCV^* = a \times PPV^* = 0,1628 \times 0,86 = 0,14 = 14\%$$

Gleichung (5) zeigt, dass der Grenzwert PPV^* sehr stark von der Vakzine-Effizienz VE abhängig ist.

In Abb. 1 ist für verschiedene VE die Beziehung zwischen der Impfrate (PPV) und dem Anteil der Erkrankten (PCV) dargestellt.

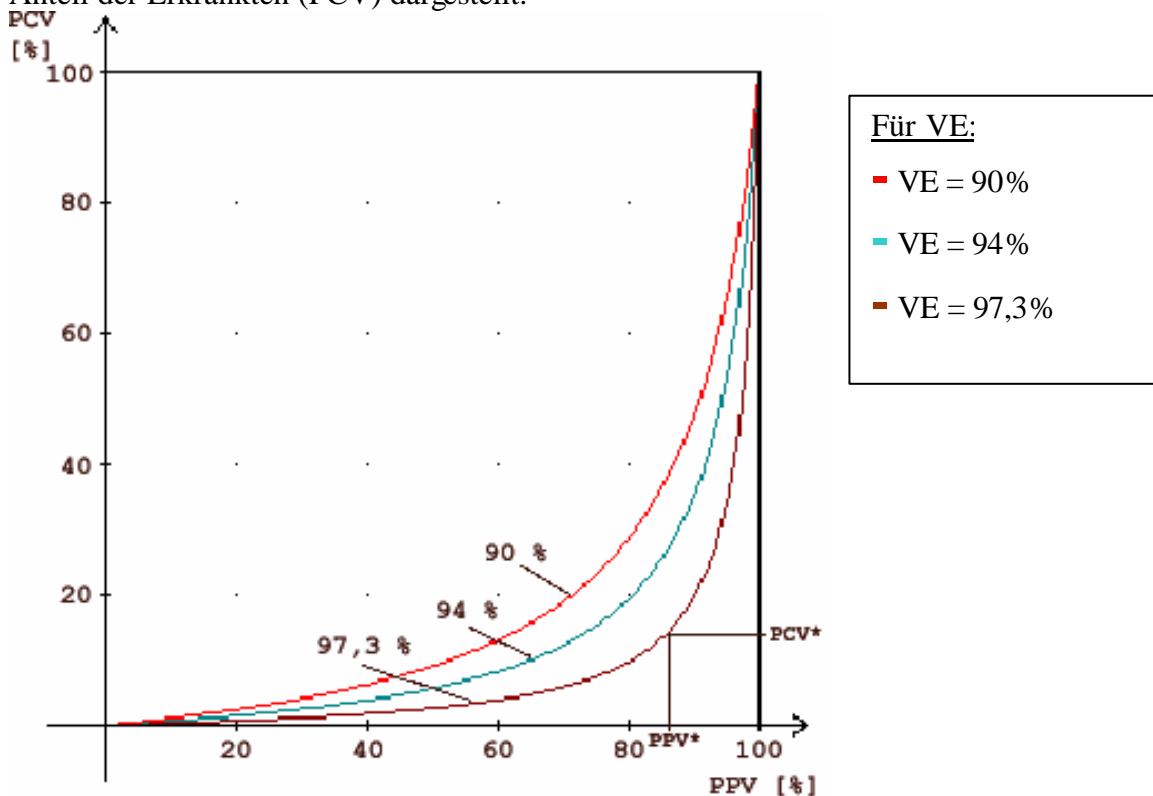


Abb.1

Es ergibt sich für $VE = 94\%$ ein Grenzwert $PPV^* = 80\%$ und für $VE = 90\%$ ein Grenzwert PPV^* von 76% .

Aus Abb. 1 und der Wertetabelle ist deutlich erkennbar, dass bei hohen Impfraten (über 90%) der Anteil der Geimpften unter den Erkrankten deutlich ansteigt. So erkranken z.B. bei einer Impfrate $PPV = 95\%$ 5 v. H. der nicht Geimpften und $PCV = 33,9\%$ der Geimpften, insgesamt also $38,9\%$ v. H. der Bevölkerungsgruppe bei $VE = 97,3\%$.

Beim Grenzwert $PPV^* = 86\%$ erkranken 14 v. H. der nicht Geimpften und ebenfalls 14 v. H. der Geimpften bei $VE = 97,3\%$, insgesamt also 28 v. H.

Hierbei wurde davon ausgegangen, dass alle nicht Geimpften erkranken. In Wirklichkeit ist dies nicht der Fall, sondern es besteht eine so genannte Herdimmunität. Der Anteil der nicht geimpften Erkrankten wird also etwas niedriger sein.

Zusammenfassung:

1. Bis zu einem Grenzwert der Impfrate $PPV^*=86\%$ werden bei einer Vakzine-Effizienz $VE = 97,3\%$, 72 v. H. ($100-14-14$) der Bevölkerungsgruppe durch die Impfung immunisiert. Der Anteil der geimpften Erkrankten PCV^* steigt nur mäßig an (14 v. H.).
2. Ab $PPV^* = 86\%$ steigt der Anteil der geimpften Erkrankten PCV^* steil an. Eine Erhöhung der Impfrate wäre deshalb nicht sinnvoll.
3. Würde man eine Impfrate von 100% erreichen, wäre $PCV = PPV$, d.h. alle Geimpften würden erkranken!
4. Mit zunehmender Anzahl der Geimpften nimmt auch die Anzahl der Impfunfälle (Impfschäden) zu. Man sollte deshalb die Impfrate nur so hoch wie nötig und nicht so hoch wie möglich anstreben.
5. Der Grenzwert der Impfrate PPV^* ist von der Vakzine-Effizienz VE abhängig. Bei einer Vakzine-Effizienz von 94% läge der Grenzwert der Impfrate PPV^* bei etwa 80% .
6. Bei einer Impfrate von 80% würden ca. 20% der nicht Geimpften und 20% der Geimpften erkranken, d.h. 60% der Bevölkerungsgruppe wären immunisiert. Eine Erhöhung der Impfrate würde bedeuten, dass der Anteil der nicht Geimpften zwar abnimmt, der Anteil der Geimpften, die erkranken, jedoch überproportional ansteigt. Eine Steigerung der Impfrate wäre deshalb nicht mehr sinnvoll

¹⁾ Literatur: Orenstein WA, Bernier RH, Dondero TJ, et al.
Field evaluation of vaccine efficacy
Bulletin WHO 1985, 63:1055-68

Horst Baasner, Leverkusen
Vorstandsmitglied im
Schutzverband für Impfgeschädigte e.V.
Postfach 5228
58829 Plettenberg
05.11.2003