

Monte-Carlo Simulation zur Evaluierung der Notimpfung gegen die Klassische Schweinepest

Imke Witte¹, Susanne Karsten¹, Jürgen Teuffert², Gerhard Rave³, Joachim Krieter¹

¹ Institut für Tierzucht und Tierhaltung

³ Institut für Variationsstatistik
Christian-Albrechts Universität
D-24098 Kiel

² Friedrich-Loeffler-Institut
D-16868 Wusterhausen
iwitte@tierzucht.uni-kiel.de

Abstract: In der vorliegenden Studie wurde die Notimpfung bei der Eindämmung der Klassischen Schweinepest (KSP) mit Hilfe eines Monte-Carlo Simulationsmodells für eine bestimmte Region mit mittlerer Betriebsdichte untersucht. Die Notimpfung allein kann die Epidemie nicht schneller eindämmen als die Basisbekämpfungsmaßnahmen (Errichtung von Sperr- und Beobachtungsbezirken sowie der Keulung von Kontaktbetrieben). Im Gegensatz dazu halbiert die präventive Keulung zwar die Zahl der KSP-Ausbruchsbetriebe, aber die Zahl der gekeulten Betriebe verdreifacht sich. Die Kombination von Notimpfung und präventiver Keulung verbessert den Epidemieverlauf erst bei einem Impfradius von 20 km signifikant. In dem betrachteten Gebiet hat die Art des Impfstoffes keinen signifikanten Einfluss auf den Epidemieverlauf.

Einleitung

Seuchenausbrüche der hoch kontagiösen Klassischen Schweinepest führen immer wieder zu großen ökonomischen Verlusten. Die letzte größere Epidemie in Europa in den Jahren 1996 bis 1998 nahm vermutlich in Deutschland ihren Ursprung und breitete sich in die Niederlande, nach Belgien, Spanien und Italien aus. Neben diesem großen Seuchenzug, von dem im Bundesland Nordrhein-Westfalen 24 Betriebe betroffen waren, gab es im gleichen Zeitraum in Deutschland weitere 35 davon unabhängige Schweinepest Ausbrüche. Insgesamt mussten innerhalb von drei Jahren mehr als 6.500 Schweine gekeult werden. Darüber hinaus wurden etwas mehr als 113.000 Schweine präventiv getötet [OI05].

In der vorliegenden Studie wird mittels eines Monte-Carlo Simulationsmodells der Einfluss der Notimpfung auf den Verlauf einer Schweinepestepidemie untersucht. Es soll festgestellt werden, ob die Notimpfung eine wirksame Alternative zur präventiven Keulung darstellt oder als ergänzende Maßnahme einen Seuchenzug schneller stoppen kann.

Material und Methoden

In dem entwickelten Simulationsmodell werden sowohl die zeitliche als auch die räumliche Komponente der Ausbreitung des Schweinepestvirus berücksichtigt. Die Simulation erfolgt auf Betriebsbasis, sodass alle Tiere eines Betriebes den gleichen Status (Infektions-, Bekämpfungs-, Impfstatus) haben. Jeder Betrieb wird mittels seiner xy-Koordinaten exakt lokalisiert. Diese und weitere charakteristische Merkmale der Betriebe wie die eindeutige Betriebsnummer und die Anzahl der Sauen, Ferkel, Mastschweine und Eber werden aus einer Ingres-Datenbank eingelesen sowie die Simulationsergebnisse anschließend in dieser Datenbank abgelegt. Die Betriebe lassen sich in Zucht- und Produktionsbetriebe (Ferkelerzeuger, Mastbetriebe, kombinierte Betriebe, Besamungsstationen) gliedern. Die Virusübertragung ist durch Tier-, Personen- und Fahrzeugkontakte sowie lokale Ausbreitung und Sperma möglich. Die im Programm implementierten Bekämpfungsmaßnahmen basieren auf der EU-Richtlinie [An01]. Es ist möglich Sperr- und Beobachtungsgebiete in variablen Radien um die diagnostizierten Betriebe zu legen, Kontakte rückzuverfolgen, Betriebe präventiv zu keulen oder eine Notimpfung durchzuführen. Die Epidemie startet mit der vom Programm benutzer vorzugebenen Infektion des Indexbetriebes und endet, wenn kein Betrieb mehr infiziert, Symptomträger oder diagnostiziert ist. In dem Simulationsprogramm wird auf Tagesbasis für jeden Betrieb entsprechend seines Status der weitere Epidemieverlauf berechnet. So werden z.B. für Betriebe mit entsprechendem Status die täglichen Personen-, Fahrzeug- und Tierkontakte bestimmt. Dazu wird die Anzahl der Kontakte durch Ziehen einer poisson-verteilter Zufallszahl berechnet und anschließend mittels einer Zufallszahl aus einer Bernoulli-Verteilung bestimmt, ob der Kontakt zu einer Infektion führt. Eine detaillierte Beschreibung des Simulationsprogramms sowie der angenommenen Parameter finden sich bei [KRK05a,b].

Der für die Analyse verwendete Datensatz stellt ein Gebiet in Deutschland dar. Mit dem Programm ArcView 9.0 [ES04] werden Gemeindegrenzen, Informationen über Gewässer sowie die Anzahl der Schweine haltenden Betriebe in den einzelnen Gemeinden [St03] eingelesen und die jeweilige Anzahl der Betriebe in der jeweiligen Gemeinde zufällig verteilt. Das Gebiet enthält 4.928 Betriebe und die Betriebsdichte liegt mit 1,34 Betrieben/km² im mittleren Bereich.

Für die simulierten Szenarios wird eine Basisvariante angenommen (im Folgenden mit B gekennzeichnet) in der alle KSP-Ausbruchsbetriebe und Betriebe, die im Zeitraum der letzten sechs Wochen einen Tierkontakt zu einem Ausbruchsbetrieb hatten, gekeult sowie Sperr- und Beobachtungsgebiete um die Ausbruchsbetriebe im Radius von 0-3 km bzw. >3-10 km eingerichtet werden. In weiteren Varianten werden verschiedene Maßnahmen mit dieser Basis kombiniert. Die Entscheidung für die Bekämpfungsmaßnahme Notimpfung richtet sich nach den Empfehlungen der Richtlinie 2001/89/EG und deren Anhang 6 und wird in der Regel erst dann relevant, wenn Sekundärausbrüche auftreten. Der Impfstoffeinsatz ist von der EU-Kommission zu genehmigen. Voraussetzung dafür ist, dass die oberste Landesbehörde vorher einen Notimpfplan einreicht, in dem vor allem das zu beimpfende Gebiet sowie der Impfstoff selbst, die Impfdauer, usw. beschreiben werden. Vom Eintrag des KSP Erregers in den Primärherd bis zur Genehmigung der Notimpfung vergehen im besten Fall 18 Tage. Für die Notimpfung muss weiter

angenommen werden, dass die Immunität zeitverzögert eintritt (Lebendimpfstoffe 3-6 Tage [Mo00], Markerimpfstoffe 14-21 Tage). Bei Impfung mit Markerimpfstoffen sind die geimpften Tiere von mit Feldvirus infizierten Tieren unterscheidbar und müssen somit nicht gekeult werden. Der Impferfolg wird mit 98 % beziffert. Eine Impfkampagne soll nicht länger als fünf Tage dauern und wird von Impfteams durchgeführt. Vor diesem Hintergrund werden für die Notimpfung folgende Ausprägungen der beschriebenen Faktoren in verschiedenen Läufen simuliert:

Impfradius: 0-3 km (Sperrbezirk) und 0-10 km (Beobachtungsgebiet) für B+2,
>1-3 km und >1-10 km für B+1+2
Impfstartzeitpunkt: 1. Tag, 18. Tag, 25. Tag, 32. Tag nach Ausbruchsfeststellung

Bei der Kombination dieser Faktorstufen mit den unterschiedlichen Bekämpfungsmaßnahmen ergeben sich 34 Varianten, für die jeweils 1000 Wiederholungen simuliert werden. Als Parameter für die Bewertung der Schweinepestepidemien werden die Merkmale Epidemiedauer sowie Anzahl der infizierten, gekeulten, gesperrten und geimpften Betriebe herangezogen. Die statistische Auswertung wird mit der Prozedur GENMOD aus dem Programmpaket SAS [SA04] durchgeführt. Dabei wird für die betrachteten Merkmale eine Negativ-Binomial-Verteilung mit logarithmischer Transformation als linearisierende Linkfunktion angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die zusätzliche präventive Keulung (B+K) reduziert zwar die Epidemiedauer sowie die Anzahl der infizierten und gesperrten Betriebe signifikant (Tabelle 1), verdreifacht allerdings die Zahl der gekeulten Betriebe.

	Epidemie- dauer	infizierte	erwartete Anzahl Betriebe		
			gekeulte	gesperrte	geimpfte
B	111,67 a	20,10 a	20,45 a	1695,19 a	-
B+K	83,99 b	12,74 b	61,99 b	1422,32 b	-
B+I (0-3)	115,31 a	19,80 a	20,11 a	1710,47 a	71,45 a
B+I (0-10)	114,77 a	20,44 a	20,71 a	1773,94 a	536,68 b
B+K+I (1-3)	82,27 b	12,23 b,c	59,94 b	1425,10 b	39,20 c
B+K+I (1-10)	83,62 b	12,10 b,c	58,00 b	1406,76 b	341,39 d
B+K+I (1-20)	80,27 b	11,31 c	52,69 c	1243,48 c	1093,64 e

Tabelle 1: Epidemieparameter für verschiedene Simulationsvarianten, a, b: Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben sind unterschiedlich (P<0,05)

Wird der Sperr- (B+I (0-3)) bzw. Beobachtungsbezirk (B+I (0-10)) geimpft, so sind keine signifikanten Veränderungen zur Basisvariante festzustellen. Zwischen den Varianten mit Keulung und Impfung (B+K+I) sind keine signifikanten Unterschiede für die Epidemiedauer, sowie die Zahl der infizierten Betriebe festzustellen, während die Zahlen für die gekeulten sowie gesperrten Betriebe bei der Variante mit Impfung im Umkreis von 20 km signifikant geringer sind. Die Anzahlen der infizierten, gekeulten und gesperrten Betriebe werden bei der Keulung mit zusätzlicher Impfung erst bei Erhöhung

des Impfkreises von >1-3 km und >1-10 km auf >1-20 km beeinflusst. Zu beachten ist hier, dass die Zahl der geimpften Betriebe signifikant mit der Größe des Impfradius ansteigt. Da in diesen Simulationen herkömmliche Lebendimpfstoffe verwendet werden, sind diese Betriebe im Anschluss an die Epidemie ebenfalls zu keulen. Bei der Anwendung von Markerimpfstoffen sind keine signifikanten Unterschiede zu den Impfvarianten mit Lebendimpfstoffen festzustellen. Hier wurde in beiden Szenarien ein Impfstart am 18. Tag unterstellt, sodass es möglich wäre, dass die spätere Ausprägung der Immunität bei Markerimpfstoffen erst bei späteren Startzeitpunkten der Impfung negative Effekten auf den Epidemieverlauf hat.

Schlussfolgerung

In dem betrachteten Gebiet mit mittlerer Betriebsdichte kann die Notimpfung den Epidemieverlauf verbessern, wenn sie in Kombination mit der präventiven Keulung und in einem Impfumkreis von 20 km um den zuerst diagnostizierten Betrieb stattfindet. Im Vergleich zur Basisvariante ist die, durch die präventive Keulung stark erhöhte, Zahl der gekeulten Betriebe zu beachten, die der fast halbierten Zahl der infizierten Betriebe sowie der reduzierten Zahl der gesperrten Betriebe gegenübergestellt werden muss. Da die Schweine nach Impfung mit Lebendimpfstoffen ebenfalls gekeult werden müssen, sind diese Tiere bei einem Kostenvergleich der Bekämpfungsmaßnahmen den gekeulten Tieren zuzurechnen. Es ist abzuwägen, ob die in diesen Simulationen leicht reduzierte Zahl der infizierten und gesperrten Betriebe die stark erhöhten Kosten durch die Keulung der Tiere rechtfertigt.

Literaturverzeichnis

- [An01] Anonymus: Richtlinie 2001/89/EG des Rates vom 23. Oktober 2001 über Maßnahmen der Gemeinschaft zur Bekämpfung der klassischen Schweinepest, 2001.
- [ES04] ESRI: <http://www.esri.com>, 2004.
- [KRR05a] Karsten, S.; Rave, G.; Krieter, J.: Monte Carlo Simulation of Classical Swine Fever epidemics and Control. I. General Concepts and Description of the Model, *Veterinary Microbiology* 108, 2005; S.187-198.
- [KRR05b] Karsten, S., Rave, G.; Krieter, J.: Monte Carlo Simulation of Classical Swine Fever epidemics and Control. II. Validation of the Model, *Veterinary Microbiology* 108, 2005; S. 199-205.
- [Mo00] Moennig, V.: Introduction to classical swine fever: virus, disease and control policy. *Veterinary Microbiology* 73, 2000; S. 93-102.
- [OI05] OIE: Handistatus II. <http://www.oie.int/hs2/report.asp?lang=en>, 2005.
- [SA04] SAS: SAS User's Guide, Version 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, 2004.
- [St03] Statistische Ämter der Länder: Agrarstrukturdatenerhebung 2003.