

Präventive Keulung und Notimpfung zur Bekämpfung der Maul- und Klauenseuche anhand eines räumlichen und zeitlichen Monte-Carlo Simulationsmodells

Imke Traulsen¹, Jürgen Teuffert², Gerhard Rave³, Joachim Krieter¹

¹Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel

²Friedrich-Loeffler-Institut, D-16868 Wusterhausen

³Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel
itraulsen@tierzucht.uni-kiel.de

Abstract: Nach den jüngsten Ausbrüchen der Maul- und Klauenseuche (MKS) in Europa wird die Notimpfung als eine alternative Bekämpfungsmaßnahme zur präventiven Keulung diskutiert. Mit Hilfe eines räumlichen und zeitlichen Monte-Carlo Simulationsmodells für die Übertragung des MKS-Virus zwischen Tierbeständen wurden diese beiden Kontrollmaßnahmen miteinander verglichen und auch Interaktionen mit weiteren Einflussfaktoren (Luftausbreitung, Betriebsdichte, Art des Indexbetriebes und Verzögerung bis zum Start der Bekämpfungsmaßnahme) berücksichtigt. Die Notimpfung stellt insbesondere bei einer unverzögerten (max. 1 Tag) und weiträumigen (5 bzw. 10 km Umkreis) Anwendung sowie in Gebieten mit einer hohen Betriebsdichte eine alternative zur präventiven Keulung dar, da weniger Tierbestände von dem Virus betroffen sind.

1 Einleitung

Die Maul- und Klauenseuche (MKS) ist eine hochkontagiöse Viruserkrankung, die im Falle eines Ausbruchs hohe wirtschaftliche Schäden verursacht. Eine schnelle und effektive Bekämpfungsstrategie ist essentiell, um die Ausbreitung des Virus bei auftretenden Seuchenfällen zu verhindern. Durch die in jüngster Vergangenheit angewandte Strategien der Einrichtung von Restriktionsgebieten in Verbindung mit der Anwendung der präventiven Keulung von Seuchen-, Kontakt- und Umgebungsbeständen wurde die MKS schnell eingedämmt, allerdings aber auch eine große Anzahl empfänglicher Tiere in Beständen gekeult. Ein Großteil dieser Bestände war nicht von der Seuche betroffen. Daher wird die Notimpfung als eine Alternative diskutiert, um die Keulung von nicht infizierten Tieren einzuschränken bzw. zu vermeiden.

2 Material und Methoden

Simulationsmodell

Für den Vergleich der Bekämpfungsmaßnahmen wurde ein räumliches und zeitliches Monte-Carlo Simulationsmodell entwickelt, in dem die Ausbreitung des MKS-Virus zwischen Rinder-, Schweine- und Schafbetrieben auf Tagesbasis abgebildet wird. Die Übertragung des MKS-Virus ist indirekt durch Personen-, Fahrzeugkontakte, und andere entfernungsunabhängige Faktoren, sowie direkt durch Tierkontakte möglich. Die Personen- und Fahrzeugkontakte sind als ein Tourenplanungsproblem implementiert, optimale Tourenpläne werden mittels des Nearest-Neighbour-Algorithmus bestimmt [Gr05]. Des Weiteren schätzt ein Gauß Modell die luftgebundene Ausbreitung. In Anlehnung an die EU Richtlinie (2003/85/EG) können als Bekämpfungsmaßnahmen die Einrichtung von Sperrbezirken und Beobachtungsgebieten (0-3 km, >3-10 km), die Kontaktverfolgung (Tracing back/ forward sowie die präventive Keulung und Notimpfung in verschiedenen Gebieten eingesetzt werden [An03, An04]. Zur Modellierung wurde die objektorientierte Programmierung in der Sprache C++ gewählt. Die Klassenstruktur erlaubt einen modularen Aufbau des Modells, so dass weitere Übertragungswege oder andere Infektionserreger einfach implementiert werden können. Die Klasse der Betriebe bildet die Modellierungseinheit. Zu den Attributen eines Betriebes zählt unter anderem der Tierbestand, der wiederum als Klassenstruktur modelliert wurde (Abbildung 1). Ein Betrieb setzt sich aus einer oder mehreren Untereinheiten der Nutztiere zusammen.

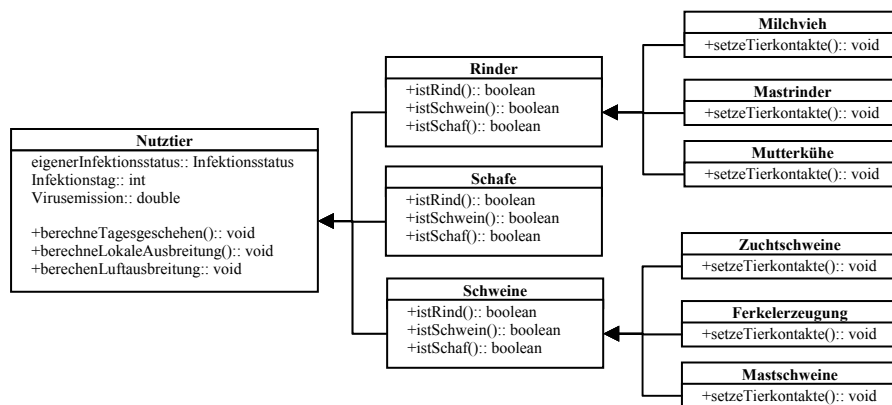


Abbildung 1: Klassendiagramm und Vererbungsstruktur des Tierbestands der Betriebe, sowie auszugsweise Attribute und Methoden

Auch die Implementierung der Kontaktstrukturen zwischen den Betrieben und Bekämpfungsmaßnahmen setzt sich jeweils aus einer Basisklasse (Kontakte bzw. Bekämpfungsmaßnahme) und entsprechenden Subklassen (Tier-, Fahrzeug-, Personenkontakt bzw. Sperrbezirk, Beobachtungsgebiet, Zone mit präventiver Keulung, Impfgebiet) zusammen. Die lokale und luftgebundene Virusausbreitung wird auf Betriebsebene gestartet, während die Tier-, Fahrzeug- und Personenkontakte auf der Nutztierebene verankert sind. Somit werden jedem Nutztierotyp die entsprechenden Kontakte zugeordnet, z.B. Milchwagen dem Milchvieh, Futtermittellieferung getrennt zu Rinder und Schweinebetrieben. Eine detaillierte Modellbeschreibung ist bei Traulsen et al. [Tr08] zu finden.

Szenarien

Für den Vergleich der präventiven Keulung und der Notimpfung werden die Einrichtung eines Sperr- und Beobachtungsgebietes sowie die Kontaktverfolgung als Basis-

bekämpfungsstrategie (B) definiert. Diese wird mit der präventiven Keulung im 1 km Umkreis (PK(1)) oder der Notimpfung (Impf) kombiniert. Bei der Notimpfung werden die Umkreise 1, 5 und 10 km unterschieden und sie kann um alle (Impf(a,1), (a,5), (a,10)) oder nur um den zuerst gefundenen Seuchenbetrieb (Impf(e,1), (e,5), (e,10)) angewendet werden. Als weitere Einflussfaktoren sind die Luftausbreitung (schlechte, gute, sehr gute Wetterbedingungen), die Betriebsdichte (0,67 bzw. 1,05 Betriebe/km²), der Typ des Indexbetriebes (Milchvieh, Ferkelerzeugung, Schweinemast) und die Verzögerung bis zum Start der Bekämpfungsmaßnahme (1 Tag, 3 Tage) enthalten. Die Anzahl der infizierten, präventiv gekeulten und geimpften Betriebe werden zur Evaluation herangezogen. Die angenommene Betriebsstruktur bildet eine Region mit 729 Betrieben in Norddeutschland ab [St03]. Die Betriebe enthalten 462 Milchvieh-, 412 Rindermast-, 165 Mutterkuh-, 79 Schaf-, 49 Ferkelerzeuger- und 59 Schweinemasteinheiten.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die meisten Betriebe sind bei Anwendung der Basisbekämpfungsmaßnahmen von der Seuche betroffen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittlere Anzahl infizierter, gekeulter und geimpfter Betriebe in Abhängigkeit von der angewendeten Bekämpfungsmaßnahme; ^{a,b,c} unterschiedliche Buchstaben markieren signifikante Differenzen innerhalb jeder Spalte

Bekämpfungsmaßnahme	Mittlere Anzahl Betriebe		
	infiziert	präventiv gekeult	geimpft
B	124,5 ^a	-	-
B+PK(1km)	122,8 ^b	72,3 ^a	-
B+Impf(a,1km)	119,1 ^b	-	15,0 ^a
B+Impf(a,5km)	87,6 ^c	-	196,9 ^b
B+PK(1km)+Impf(a,5km)	80,7 ^d	53,7 ^b	171,2 ^c
B+Impf(a,10km)	62,7 ^e	-	392,0 ^d
B+PK(1km)+Impf(a,10km)	57,9 ^f	30,4 ^c	348,9 ^e
B+Impf(e,1km)	120,0 ^a	-	0,7 ^f
B+Impf(e,5km)	110,2 ^{a,b}	-	40,9 ^g
B+PK(1km)+Impf(e,5km)	97,1 ^g	71,9 ^a	45,3 ^h
B+Impf(e,10km)	82,5 ^d	-	170,0 ^c
B+PK(1km)+Impf(e,10km)	73,4 ^h	53,0 ^b	192,6 ^b

Die zusätzliche Anwendung der präventiven Keulung im 1 km Umkreis oder die Notimpfung im 5 bzw. 10 km Umkreis reduziert die Anzahl der infizierten Betriebe signifikant. Gleichzeitig ist die Anzahl der präventiv gekeulten bzw. geimpften Betriebe zu berücksichtigen. Die kombinierte Anwendung der präventiven Keulung im 1 km Umkreis mit der Notimpfung im 5 bzw. 10 km Umkreis vermindert die Anzahl der infizierten Betriebe weiterhin signifikant. Bei der Kombination 1 km präventiver Keulung und 10 km Notimpfung um alle Seuchenbetriebe sind weniger Betriebe von der präventiven Keulung und Notimpfung betroffen als bei der 10 km Notimpfung allein. Wird die Notimpfung im 10 km Umkreis nur um den ersten Seuchenbetrieb angewendet, so ist sowohl die Zahl der infizierten als auch geimpften Betriebe identisch mit der Kombinationsvariante aus präventiver Keulung und 5 km Notimpfung um alle Seuchenbetriebe.

Bei letzterer Bekämpfungsstrategie sind allerdings die zusätzlich präventiv zu keulenden Betriebe in Betracht zu ziehen. Eine schnelle großflächige Notimpfung zu Beginn der Epidemie erweist sich als eine effektive Bekämpfungsstrategie.

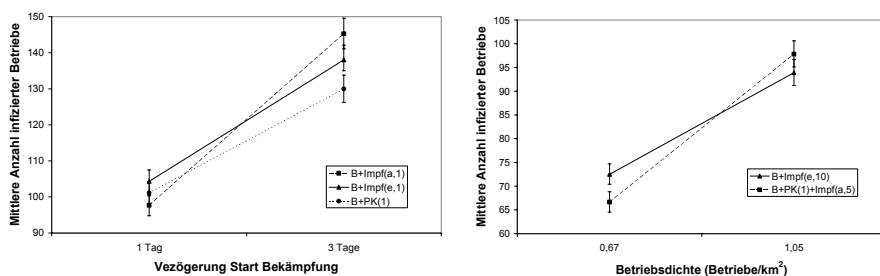


Abbildung 2: Interaktion zwischen der Bekämpfungsmaßnahme und der Verzögerung bis zu dessen Start bzw. der Betriebsdichte am Beispiel der mittleren Anzahl infizierter Betriebe

Signifikante Interaktionen (Abb. 2) zeigen, dass die präventive Keulung stabiler gegenüber einer verzögerten Einleitung der Bekämpfungsmaßnahmen ist als die Notimpfung. Des Weiteren ist die Vergrößerung des Anwendungsgebiets in Gebieten mit einer hohen Betriebsdichte wichtiger als in dünner besiedelten Gebieten. Bei der Auswahl der optimalen Bekämpfungsmaßnahme muss neben der Anzahl der infizierten und zusätzlich betroffenen Betriebe somit auch die vorhandene Betriebsdichte berücksichtigt werden. Auch zusätzliche Faktoren wie Personal- und Materialverfügbarkeit sind zu beachten.

4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sowohl über die präventive Keulung als auch die Notimpfung effektive Bekämpfungsmaßnahmen gegeben sind. Besonders in Gebieten mit einer hohen Betriebsdichte sollte eine umgehende und weiträumige Notimpfung in Betracht gezogen werden. Ist aber eine Verzögerung bis zur Durchführung zu erwarten, so ist die präventive Keulung zu bevorzugen.

Literaturverzeichnis

- [An03] Anonymus: Council Directive 2003/85/EC of 29 September 2003 in Community measures for the control of foot-and-mouth disease. Official Journal of the European Union
- [An04] Anonymous, 2004. Verordnung zum Schutz gegen die Maul- und Klauenseuche vom 27. Dezember 2004. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr. 76
- [Gr05] Grünert, T., Irnich, S., 2005. Optimierung im Transport, Band II: Wege und 463 Touren. Shaker Verlag, Aachen
- [St03] Statistische Ämter der Länder: Agrarstrukturdatenerhebung 2003
- [Tr08] Traulsen, I., Rave, G., Krieter, J., 2008. A spatial and temporal Monte-Carlo simulation model of foot and mouth disease epidemics: Description and sensitivity analysis. Eingereicht bei Preventive Veterinary Medicine