

Ein Maul- und Klauenseuchemodell für Tierseuchen-Nachrichtensysteme

Franz Rubel¹⁾, Thomas Dangel¹⁾, Walter Baumgartner²⁾ und Gerhard Windischbauer¹⁾

¹⁾ Institut für Medizinische Physik und Biostatistik, ²⁾ II. Medizinische Universitätsklinik für Kleintiere
Veterinärmedizinische Universität Wien (VUW), Veterinärplatz 1, A-120 Vienna, Austria, franz.rubel@vu-wien.ac.at

Der MKS-Seuchenzug in Großbritannien 2001

Die Maul- und Klauenseuche (MKS) gilt mit Abstand als die wirtschaftlich folgenschwerste Tierseuche der Welt. Der MKS-Ausbruch in England des Jahres 2001 (Abb. 1) entwickelte sich zu einem verheerenden Seuchenzug innerhalb eines Landes: Die Epidemie dauerte von 20. Februar bis 30. September 2001, mehr als 4 Millionen Tiere wurden gekeult, empfindliche Einbußen im Tourismus waren eine weitere ökonomische Auswirkung. Der geschätzte Gesamtschaden betrug 6,2 Mio. Euro.

Prozessmodelle für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten und die Simulation von Kontrollstrategien sind neben landwirtschaftlichen Datenbanken und geographischen Informationssystemen grundlegender Bestandteil moderner Tierseuchen-Nachrichtensysteme, mit deren Hilfe Entscheidungen der Veterinärbehörden unterstützt werden sollen.

Das Suszeptibel-Latent-Infectious-Diagnosed-Removed Modell

Das epidemiologische Prozessmodell basiert auf der Einteilung in empfängliche (S), latent infizierte (L), infektiöse (I), diagnostizierte (D) und gekeulte (R) Herden. Für jedes dieser Kompartimente (Zustände) wird die entsprechende Bilanzgleichung erstellt; p sind die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen. Der eigentliche epidemiologische Term p_{SL} beschreibt die Infektionswahrscheinlichkeit mit Hilfe der Basisreproduktionszahl R_0 .



Abb. 1: Geographische Verbreitung der MKS (links) sowie Impressionen aus der Seuchebekämpfung (mitte und rechts oben) aus Giles (2001), Woolhouse und Donaldson (2001) sowie British MAFV.

Infektionswahrscheinlichkeit in diskretisierter Form: $p_{SL,t+1} = 1 - \exp\left(-R_{0,t} \frac{I_t + D_t}{N_t}\right)$

NEW ... Die Zahl der empfänglichen Herden nimmt mit der Zeit zu. Die räumliche Ausbreitung der Seuche wird implizit berücksichtigt.

Bilanzgleichungen des epidemiologischen Prozessmodells zur Simulation der Kontrollstrategien:

SO ... Stamping Out (Keulung aller bestätigten MKS-Herden)
SODC ... Slaughter of Dangerous Contacts (Präventive Keulung aller Herden mit möglichen MKS-Kontakten)

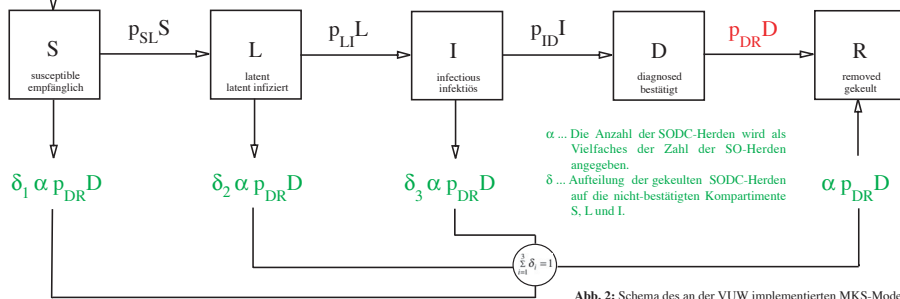


Abb. 2: Schema des an der VUW implementierten MKS-Modells

$$\frac{dS}{dt} = \text{New} - p_{SL}S - \delta_1 \alpha p_{DR}D$$

$$\frac{dL}{dt} = p_{SL}S - p_{LI}L - \delta_2 \alpha p_{DR}D$$

$$\frac{dI}{dt} = p_{LI}L - p_{ID}I - \delta_3 \alpha p_{DR}D$$

$$\frac{dD}{dt} = p_{ID}I - p_{DR}D$$

$$\frac{dR}{dt} = p_{DR}D + \alpha p_{DR}D$$

Simulation des MKS-Seuchenzugs 2001 unter Berücksichtigung der realen SO- und SODC- Kontrollstrategien

Das MKS-Modell wurde mit den Daten der letzten Epidemie in Frankreich (Durand and Mahul, 2000) verifiziert und somit auf fehlerfreie Implementierung geprüft. Danach erfolgte die Validierung, d.h. Prüfung auf die Fähigkeit die Realität zu beschreiben, anhand der Daten der Epidemie in England 2001. Dazu wurden die von Ferguson *et al.* (2001) bestimmten Basisreproduktionszahlen in die Modellrechnung einbezogen. Abb. 3 zeigt das Ergebnis der Berechnungen (rote Kurve) zusammen mit der beobachteten Inzidenz (graue Balken). Das Modell ist in der Lage die Seuchendynamik mit SO- und SODC-Strategien zu beschreiben. Die Zahl der Freiheitsgrade ist hoch genug, um auch eine genauere Übereinstimmung zwischen Realität und Modellrechnungen zu erzielen (schwarze Kurve).

Ein MKS-Modell als Bestandteil eines Tierseuchen-Nachrichtensystems ermöglicht unter anderem folgende Entscheidungen objektiv abzuschätzen:

- Dauer und Zeitpunkt des Höhepunkts einer Epidemie (betroffener Tierbestand)
- Auswirkung und Evaluierung von Stamping Out Strategien - Effizienz von Surveillance Untersuchungen
- Auswirkung von zusätzlichen Slaughter of Dangerous Contact Maßnahmen.
- Aufwand- und Kostenabschätzungen basierend auf Prognosen.

Literatur

- Dangel, Th., 2003: Ein dynamisches State-Transition Modell zur Simulation von Maul- und Klauenseuche Epidemien. Dissertation an der Veterinärmedizinischen Universität Wien, 101pp.
- Durand, B., and O. Mahul, 2000: An extended state-transition model for foot-and-mouth disease epidemics in France. *Prev. Vet. Med.*, **47**, 121-139.
- Ferguson, N. M., C. A. Donnelly, and R. M. Anderson, 2001: Transmission intensity and impact of control policies on the foot-and-mouth epidemic in Great Britain. *Nature*, **413**, 542-547.
- Giles, J., 2001: Delays allowed foot-and-mouth epidemic to sweep across Britain. *Nature*, **410**, 501-501.
- Rubel, F. and Th. Dangel, 2003: Prozessmodelle - Neue Methoden in der Tierseuchebekämpfung am Beispiel des MKS-Seuchenzuges in Großbritannien 2001. *UniVerWien Report*, im Fokus **01/2003**, 7-8.
- Woolhouse, M., and A. Donaldson, 2001: Managing foot-and-mouth. The science of controlling disease outbreaks. *Nature*, **410**, 515-516.

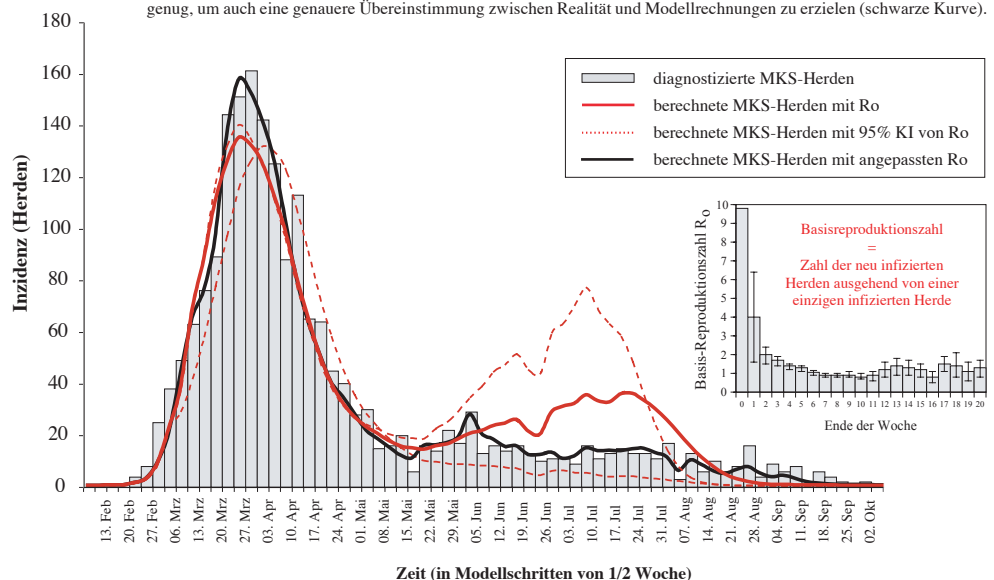


Abb. 3: Ergebnis der Modellvalidierung mit den Daten der MKS-Epidemie in England 2001. Die Zahlen der pro 1/2 Woche neu bestätigten MKS positiven Herden sind als graue Balken dargestellt. Modellrechnungen mit den realen Basisreproduktionszahlen nach Ferguson *et al.* (2001) sind durch die rote Kurve dargestellt. Die rot strichlierten Kurven basieren auf Modellrechnungen mit den Werten für das untere und obere 95 % Konfidenzintervall (KI). Die schwarze Kurve basiert auf angepassten Werten der Basisreproduktionszahlen.