

EIN MAUL- UND KLAUENSEUCHEMODELL FÜR TIERSEUCHEN-NACHRICHTENSYSTEME

F. Rubel¹, Th. Dangl¹, W. Baumgartner² und G. Windischbauer¹

¹Institut für Medizinische Physik und Biostatistik, Wien, Österreich

²II. Medizinische Universitätsklinik für Kleintiere, Wien, Österreich

Email: franz.rubel@vu-wien.ac.at

SUMMARY: A dynamic model for the simulation of foot-and-mouth disease (FMD) epidemics is introduced. This FMD model is based on five health states of herds: susceptible, latent infected, infectious, diagnosed and removed (culled). Control strategies are *stamping out* (culling of all herds that are reported to have FMD) and *slaughter of dangerous contacts* (culling of additional herds that might be infected). The dynamic of the epidemic is characterised by the evolution of the number of herds in each health state through time. The application to the recent FMD epidemic in Great Britain as well as the integration into a veterinary decision support system is discussed.

EINLEITUNG

Die Maul- und Klauenseuche (MKS) gilt mit Abstand als die wirtschaftlich folgenschwerste Tierseuche der Welt. Die Motivation für diese Arbeit war der MKS-Seuchenzug in Großbritannien 2001. 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 [1].

METHODE

Hier wurde ein *Susceptible-Latent-Infectious-Diagnosed-Removed* Kompartimentmodell angewandt. Dieses epidemiologische Modell basiert auf der Einteilung in empfängliche (S), latent infizierte (L), infektiöse (I), diagnostizierte (D) und gekeulte (R) Herden sowie der Berechnung der Übergänge zwischen diesen Kompartimenten mit Hilfe der Wahrscheinlichkeiten p (z.B. ist p_{SL} die Infektionswahrscheinlichkeit). Für jedes Kompartiment (jeden Zustand) wird die entsprechende Bilanzgleichung gemäß dem Schema in Abb. 1 erstellt. Zwei Kontrollstrategien, *Stamping Out* (SO; Keulung aller bestätigten MKS-Herden) und *Slaughter of Dangerous Contacts* (SODC; präventive Keulung aller Herden mit

möglichen MKS-Kontakten) werden berücksichtigt. Das Differentialgleichungssystem lautet:

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

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

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

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

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

Der eigentliche epidemiologische Term p_{SL} beschreibt die Infektionswahrscheinlichkeit mit Hilfe der Basisreproduktionszahl R_0 , die als epidemiologischer Schlüsselparameter gilt. Die SO-Strategie wird durch $p_{DR} D$ beschrieben. Die SODC-Strategie wird als Vielfaches α der SO-Herden durch $\alpha p_{DR} D$ ausgedrückt. Die Keulung der SODC-Herden erfolgt aus den nicht-diagnostizierten Kompartimenten S, L und I, gemäß der Aufteilung mit δ . Details siehe [2] und [3].

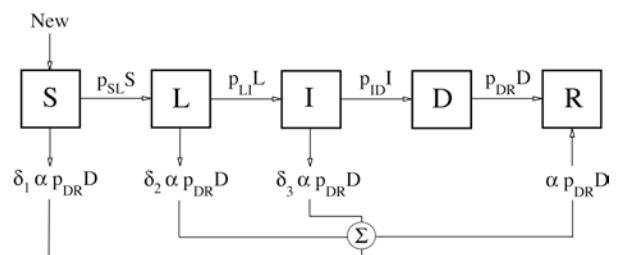


Abbildung 1: Schema des an der Veterinärmedizinischen Universität Wien implementierten MKS-Modells.

ERGEBNISSE

Zur Simulation des MKS-Seuchenzugs 2001 unter Berücksichtigung der realen SO- und SODC-Kontrollstrategien wurde ein epidemiologisches Prozessmodell implementiert. Dieses MKS-Modell wurde mit den Daten der letzten Epidemie in Frankreich [3] verifiziert und somit auf fehlerfreie Implementierung geprüft. Danach erfolgte die Validierung, d.h. Prüfung auf die Fähigkeit des Modells die Realität zu beschreiben. Dazu wurden die von [4] bestimmten Basis-

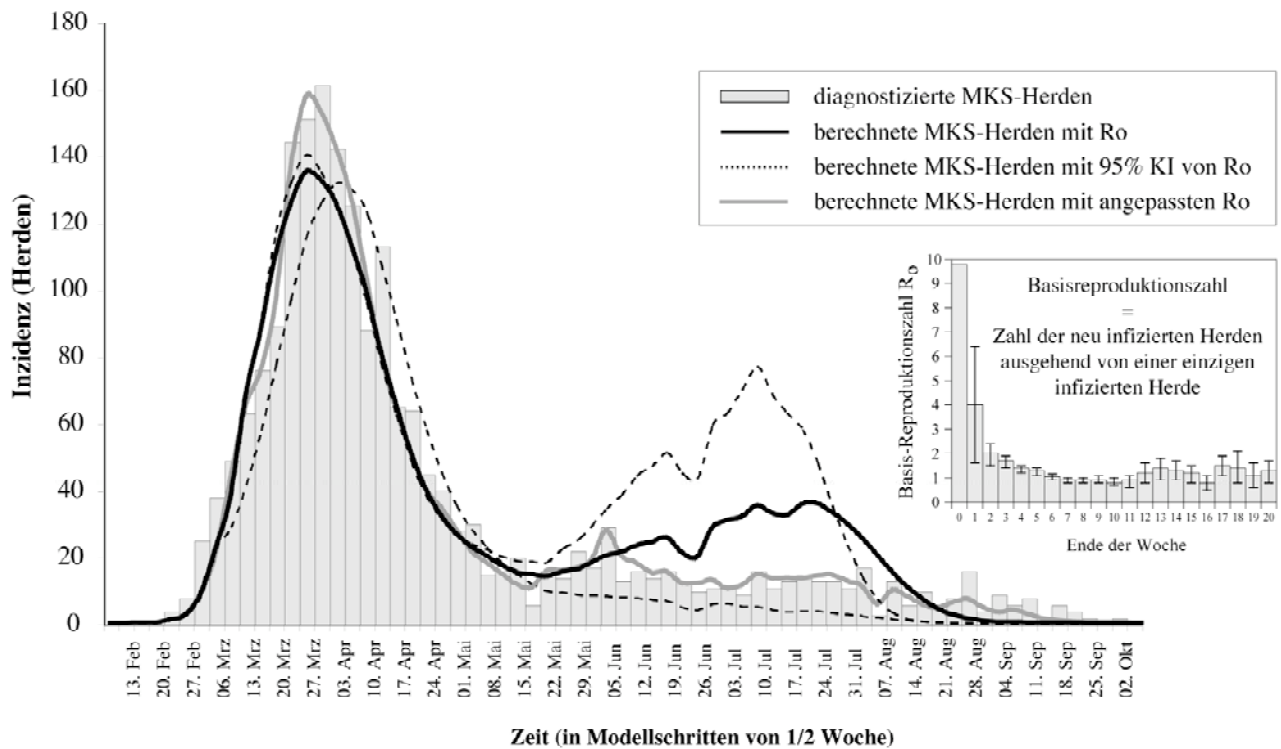


Abbildung 2: Modellvalidierung mit den Daten der MKS-Epidemie in England 2001. Die Zahlen der pro 1/2 Woche neu bestätigten MKS positiven Herden sind als Balken dargestellt. Modellrechnungen mit den realen Basisreproduktionszahlen nach [4] sind durch die graue Kurve dargestellt. Die grau strichlierten Kurven basieren auf Modellrechnungen mit den Werten für das 95% Konfidenzintervall (KI). Die schwarze Kurve wurde mit angepassten Werten der Basisreproduktionszahlen gerechnet.

reproduktionszahlen in die Modellrechnung einbezogen. Abb. 2 zeigt das Ergebnis der Berechnungen (schwarze Kurven) zusammen mit der beobachteten Inzidenz (Balken). Das Modell ist in der Lage die Seuchendynamik mit SO- und SODC-Strategien zu beschreiben [2]. Die Zahl der Freiheitsgrade ist hoch genug, um auch eine genauere Übereinstimmung zwischen Realität und Modellrechnungen zu erzielen (graue Kurve).

DISKUSSION

Das vorgestellte Maul- und Klauenseuche Modell ermöglicht als Bestandteil eines Tierseuchen-Nachrichtensystems unter anderem objektive Abschätzungen zu folgenden Punkten vorzunehmen: Dauer und Zeitpunkt des Höhepunkts einer MKS-Epidemie, Zahl der betroffene Herden (Tiere), Auswirkungen von Stamping Out und zusätzlichen Slaughter of Dangerous Contact Strategien, Effizienz von Surveillance Untersuchungen sowie Aufwand- und Kostenschätzungen basierend auf Prognosen.

Für einen realen Einsatz muss das vorgestellte Modell noch mit einer landwirtschaftlichen Datenbank gekoppelt werden, um in Echtzeit auf Tierbestandsdaten zugreifen zu können. Auch ist es notwendig, ein Datenassimilationsverfahren zu implementieren. Mit Hilfe der Datenassimilation können epidemiologische Parameter wie z.B. die Basisreproduktionszahlen, Daten zur Beschreibung der räumlichen Ausbreitung oder Änderungen in den

Kontrollstrategien während eines Seuchenzuges dazu verwendet werden, um die modellierte Inzidenz an die beobachtete Inzidenz anzugleichen. Auf diese Weise werden die Modellrechnungen während eines Seuchenzuges laufend durch Assimilation von Beobachtungen an die Realität herangeführt.

LITERATURHINWEISE

- [1] Rubel F, Dangl Th. Prozessmodelle - Neue Methoden in der Tierseuchenbekämpfung am Beispiel des MKS-Seuchenzuges in Großbritannien 2001. Uni Vet Wien Report, im Focus. 2003;1:7-8.
- [2] Dangl Th. Ein dynamisches State-Transition Modell zur Simulation von Maul- und Klauenseuche Epidemien, Dissertation an der Veterinärmedizinischen Universität Wien, Österreich (2003).
- [3] Durand B, Mahul O. An extended state-transition model for foot-and-mouth disease epidemics in France. Prev Vet Med. 2000;47:121-39.
- [4] Ferguson N M, Donnelly C A, Anderson R M. Transmission intensity and impact of control policies on the foot-and-mouth epidemic in Great Britain. Nature. 2001;413:542-47.