



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Krämer, J., Farwick, J.: Schäden in der Landwirtschaft durch Maul- und Klauenseuche: Simulationsrechnungen für ausgewählte Modellregionen. In: Berg, E., Hartmann, M., Heckelei, T., Holm-Müller, T., Schiefer, G.: Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 44, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2009), S. 141-153.

SCHÄDEN IN DER LANDWIRTSCHAFT DURCH MAUL- UND KLAUSENSECHE: SIMULATIONSRECHNUNGEN FÜR AUSGEWÄHLTE MODELLREGIONEN

*Jörn Krämer und Jochen Farwick**

Zusammenfassung

Die Maul- und Klauenseuche besitzt ein hohes Schadenpotential in der Landwirtschaft. Die schnelle und weiträumige Verbreitung der Seuche kann zu einer Vielzahl infizierter Betriebe führen und hohe Schäden durch Tierverluste bedeuten. Aufgrund der im Seuchenfall ergriffenen Kontrollmaßnahmen kommt es durch Betriebsunterbrechungen und Vermarktungssperren zu Folgeschäden in betroffenen Gebieten. Vor diesem Hintergrund erfolgt die Entwicklung eines stochastischen Simulationsmodells zur Abschätzung der kurzfristigen Schäden infolge eines MKS-Ausbruches in Modellregionen.

Keywords

Maul- und Klauenseuche, Stochastische Simulationsmodelle, Finanzielle Schäden

1 Einleitung

Ausbrüche von hochkontagiösen Tierseuchen wie der Maul- und Klauenseuche (MKS) oder der Klassische Schweinepest (KSP) stellen potentielle Krisensituationen für die europäische Landwirtschaft dar. So führte der MKS-Seuchenzug im Jahr 2001 in Großbritannien zu über sechs Mio. getöteten Tieren und Schäden in Höhe von circa 3,1 Mrd. £ für Land- und Ernährungswirtschaft (THOMPSON et al., 2002: 675f.). Vor diesem Hintergrund hat das EUROPÄISCHE PARLAMENT (2002: 39f.) die Entwicklung einer Pflichtversicherung mit öffentlicher Unterstützung für Tierhalter befürwortet, die sowohl Schäden durch Tierverluste als auch einen Teil der Folgeschäden abdecken soll. Zudem bestehen Überlegungen zur Einführung und finanziellen Ausgestaltung verschiedener Instrumente des Risiko- und Krisenmanagements wie z.B. Versicherungen oder Risikofonds auf Gegenseitigkeit im Bereich von Tierseuchen in der Europäischen Union (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005a: 4ff.).

Die Erörterung möglicher Instrumente des Risiko- bzw. Krisenmanagements setzt Informationen über das Schadenpotential der Maul- und Klauenseuche voraus. Dessen unmittelbare Herleitung aus der Schadenhistorie ist aufgrund der hohen Variabilität im Auftreten von Tierseuchen, fortlaufenden Änderungsprozessen im rechtlichen Rahmen zur Tierseuchenkontrolle und der geringen Anzahl an Beobachtungen kaum möglich (MEUWISSEN et al., 2000: 4). So verursachte das erneute Auftreten der MKS im Jahr 2007 in Großbritannien mit acht infizierten Betrieben ein im Vergleich zu 2001 deutlich geringeres Schadensausmaß (DEFRA, 2007: 1) Zur Schätzung von Schadenpotentialen bietet sich der Einsatz von stochastischen Simulationsmodellen an. Diese Modelle schaffen eine Verbindung zwischen naturwissenschaftlichen Zusammenhängen und monetären Schadengrößen, wobei sie bestimmten Schadenhöhen Eintrittswahrscheinlichkeiten zuordnen (JAHN, 2001: 393).

Gegenstand dieses Beitrages ist die Darstellung eines stochastischen Simulationsmodells zur Quantifizierung von kurzfristigen Schäden in der Landwirtschaft infolge eines MKS-Ausbruches in ausgewählten Regionen in Deutschland. Dabei beschränkt sich dieses Modell

* Dipl.-Ing. Jörn Krämer, Dipl.-Ing. Jochen Farwick, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik (ILR), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Meckenheimer Allee 174, 53113 Bonn, E-Mail: j.kraemer@ilr.uni-bonn.de.

auf solche Schäden, die in rinder- und schweinehaltenden Betrieben infolge von Tierverlusten, Betriebsunterbrechungen und Restriktionen bei der Vermarktung von Tieren entstehen.

2 MKS als Krise und deren Bewältigung

Die KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005a: 4) definiert eine Krise als Ereignis, das die Existenz von landwirtschaftlichen Betrieben aufgrund erheblicher negativer Konsequenzen gefährdet. Eine Krise stellt ein Risiko dar, das unvorhergesehen eintritt, eine Vielzahl von Betrieben trifft und die individuellen Fähigkeiten zur Überwindung dieser Situation übersteigt (CAFIERO et al., 2005: 5).

Der MKS-Ausbruch im Jahr 2001 mit 2030 infizierten Viehbeständen in Großbritannien und der Ausbruch der Klassischen Schweinepest im Jahr 1997/ 98 in den Niederlanden, bei dem die Krankheit auf 429 Betrieben auftrat, zeigen das systemische Risiko von kontagiösen Tierseuchen auf (ADNS, verschied. Jgg.). Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst dabei das Risiko bzw. das Krisenpotential dieser Tierseuchen. Bei einer Expertenbefragung ermittelte NISSEN (2001: 42) den Import von Lebendvieh und die Fütterung importierter Speiseabfälle als wichtige Risikofaktoren für die Einschleppung des MKS-Virus nach Deutschland. Die Verbreitung der Seuche ist sowohl über direkte als auch indirekte Tierkontakte möglich. Zu den direkten Kontakten zählen Tierkontakte im Stall, auf Weiden und bei Viehtransporten und -märkten, während indirekte Tierkontakte über Vektoren wie z.B. Menschen, Fahrzeuge oder Futtermittel erfolgen (WILMS, 2006: 24). Kontakt über Vektoren ist auch Ursache für die lokale Seuchenübertragung von infizierten Betrieben zu räumlich nah gelegenen Betrieben. Diese Form der Virusübertragung war für den Seuchenzug in 2001 von großer Bedeutung. Die genauen Mechanismen der lokalen Verbreitung sind noch nicht nachgewiesen. Als mögliche Ursachen werden Aerosole und die Kontamination von Boden in der Umgebung infizierter Tierbestände diskutiert (GIBBENS et al., 2001: 734). Die Verbreitung von Viren über Luft kann auch über größere Entfernungen erfolgen, was allerdings bestimmte und über einen längeren Zeitraum konstante Werte unterschiedlicher Wetterparameter voraussetzt (WILMS, 2006: 26).

Von Bedeutung für das Ausmaß einer Seuche ist der Zeitraum zwischen der Einschleppung und der Entdeckung bzw. der Implementierung von Bekämpfungsmaßnahmen (MANGEN et al., 2002: 2; GIBBENS et al., 2001: 735). So ist beispielsweise das geringe Ausmaß der MKS in Irland im Jahr 2001 mit nur einem infizierten Betrieb u.a. auf eine schnelle Ergreifung von Kontrollmaßnahmen zurückzuführen (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2002: 33). Die Entdeckung ist u.a. abhängig von dem auftretende MKS-Virenstamm und der betroffenen Tierart. Diese beeinflussen die Ausprägung der Krankheitssymptome (DONALDSON, 2004: 96ff.). Zudem entstehen infolge der Kontrollmaßnahmen Anreize für Tierhalter, die Meldung von Verdachtsfällen zu verzögern (NIEMI und PIETOLA, 2004: 1f.).

Prinzipiell bieten sich zur Bekämpfung einer Seuche zwei Ansätze: (i) Reduzierung der Übertragung von infizierten zu empfänglichen Tieren durch Isolation und (ii) Reduzierung der Anzahl von empfänglichen Tieren durch Impfung (MATTHEWS et al., 2003: 1659). Die Mindestmaßnahmen in der EU verfolgen hauptsächlich den erstgenannten Ansatz. Zur Seuchenbekämpfung erfolgt die Keulung von infizierten Beständen. Um diese Bestände werden Sperrgebiete mit unterschiedlichen Radien und Sperrdauern errichtet, in denen Tier-, Fahrzeug- und Personenverkehr zwischen den Betrieben eingeschränkt sind. Einer Sperrung unterliegen auch jene Betriebe, die in Kontakt mit einem infizierten Betrieb standen. Der Rechtsrahmen der EU bietet zudem die Option zur Notimpfung von Betrieben im Seuchenfall (ABL. EU, 2003: 3ff.). Diese Maßnahme verfolgt den letztgenannten Ansatz zur Seuchenkontrolle. Der Einsatz von Notimpfungen ist umstritten, da Ländern bei Durchführung von Impfungen weit reichende Restriktionen im internationalen Handel von

Tieren und tierischen Produkten drohen. Diese Handelsbeschränkungen sind durch das Risiko einer Virusübertragung durch geimpfte Tiere begründet (MANSITO CABALLERO, 1995: 29; COX et al., 2005: 1106). Weitere Maßnahmen, die in Abhängigkeit des Seuchenverlaufs ergriffen werden können, sind die Keulung von Kontaktherden und Nachbarherden von infizierten Tierbeständen sowie die Tötung überschwerer Tiere beim Überschreiten der Stallkapazitäten auf gesperrten Betrieben (MEUWISSEN et al., 2000: 3).

Die im Seuchenfall ergriffenen Maßnahmen führen zu einer Vielzahl unterschiedlicher Schadentypen für Tierhalter, die in direkte Verluste und Folgeschäden unterteilt werden (MEUWISSEN et al., 2000: 3). Direkte Verluste entstehen durch den Wert der getöteten Tiere und durch Kosten der Desinfektion und der Organisation, z.B. der Betriebsüberwachung in Sperrgebieten. Folgeschäden einer Tierseuche setzen sich zusammen aus:

- Schäden durch Betriebsunterbrechung
- Schäden durch Lage in Sperrgebieten
- Zusätzliche Kosten des Wiederaufbaus von Tierbeständen
- Schäden aus Notimpfungen
- Preiseffekten

Erstgenannte Schäden beinhalten den Erlösausfall durch die Unterbrechung der Produktion im Zeitraum zwischen der Keulung von Tieren und der Wiederaufnahme der Produktion nach Aufhebung von Restriktionen. Schäden durch die Lage in Sperrgebieten resultieren aus dem Vermarktungsverbot von Tieren bzw. tierischen Produkten und aus zusätzlichen Kosten für Futter oder Lagerhaltung für jene Betriebe, die ihre Produktion aufrechterhalten. Bei Überschreitung der betrieblichen Stallkapazitäten ist zudem ein Keulen von schlachtreifen Tieren möglich. Beim Wiederaufbau von Tierbeständen entstehen neben den Kosten für Tierzukauf zusätzliche Kosten für Tiergesundheit, wenn ein Zukauf von Tieren aus verschiedenen Herkünften erfolgt und so das Krankheitsrisiko steigt. Geimpfte Viehbestände unterliegen in der Regel aufgrund des von ihnen ausgehenden Übertragungsrisikos der Keulung, wodurch den betroffenen Betrieben Schäden aus Tierverlust und Betriebsunterbrechung entstehen. Tierseuchen können zudem in Abhängigkeit von Ausmaß und Zeitdauer des Ausbruches und von den Reaktionen anderer Länder wie Exportbeschränkungen oder die Ausweitung von der Produktion Einfluss auf Preise für tierische Produkte nehmen (ASSELDONK et al., 2006: 116; MEUWISSEN et al., 2000: 3f). Den genannten Schäden stehen zum Teil Wohlfahrtsgewinne auf Seiten der übrigen Produzenten bei Ausbruch einer Tierseuche gegenüber. In Abhängigkeit vom Seuchenausmaß kann eine kurzfristige Verknappung des Angebots zu Preissteigerungen und somit zu Gewinnen bei Produzenten außerhalb von Restriktionsgebieten führen (MANGEN und BURRELL, 2003: 144). Dem gegenüber stehen die Beobachtungen eines Preisrückganges beim Auftreten von Tierseuchen durch sinkende Nachfrage bzw. Angebotssteigerungen als Folge von Exportverboten (TURVEY, 2006: 95).

Die Erläuterung der Schäden wirft die Frage nach deren Finanzierung auf. Die oben aufgeführten Eigenschaften von Krisen, insbesondere die geringe Möglichkeit von Betrieben zur Selbsttragung, rechtfertigen nach Ansicht der KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005b: 10) die öffentliche Solidarität im Krisenfall. So übernimmt die Europäische Union bis zu 60 % an den nationalen Ausgaben des betroffenen Mitgliedstaats zur Tilgung der MKS. Finanzielle Beteiligung erfolgt an den Entschädigungen für u.a. die Tötung und Beseitigung von Tieren und die Reinigung von Betrieben (ABL. EG, 1990: 19). Für den Ausbruch von MKS in 2001 leistete die EU einen Beitrag von ca. 400 Mio. € an Großbritannien, Frankreich, Irland und die Niederlande (GD GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, 2003). Insbesondere die Vielzahl betroffener Betriebe, d.h. das systemische Risiko von Tierseuchen, wird als Argument für staatliche Unterstützung

angeführt, da der hohe Deckungsbedarf die Kapazitäten von privaten Versicherern übersteigen und zu hohen Kosten für die Rückversicherung führen kann (MEUWISSEN und HUIRNE, 1998: 4). Dem gegenüber stehen die Möglichkeiten einer geographischen Streuung von systemischen Risiken oder eines Transfers an Kapitalmärkte durch Securitisation (OECD, 2003: 109). Privatwirtschaftliche Versicherungen existieren in einigen EU-Mitgliedstaaten, darunter auch Deutschland, zur Deckung der Folgeschäden. Neben Versicherungen stellt die Selbsttragung mittels Rücklagen ein Instrument zur Finanzierung der Folgeschäden dar. Öffentliche Zahlungen zur Kompensation der Folgeschäden werden in der Regel nicht gewährt (ASSELDONK et al., 2006: 117). Die Einbeziehung der kurzfristigen Folgeschäden in eine öffentlich unterstützte Versicherungslösung wird diskutiert, um Anreize zu einem konformen Verhalten, wie z.B. der schnellen Meldung von Verdachtsfällen, zu schaffen (GRAMIG et al., 2006: 44f.).

3 Darstellung des Modells

BATES et al. (2003: 197) diskutieren eine Vielzahl von Modellen zur Simulation von MKS-Ausbrüchen und zur Evaluation verschiedener Strategien zu deren Kontrolle in Industrieländern. Diese epidemiologischen Modelle dienen vor allem der Abbildung von Seuchenzügen auf der Makroebene der jeweiligen Länder. Daher gewähren nur wenige dieser Ansätze Informationen über die genaue räumliche Verteilung von Seuchenbetrieben innerhalb des Landes. Dies ist jedoch zur Ermittlung der von Kontrollmaßnahmen betroffenen Betriebe notwendig, um basierend auf diesen Informationen Folgeschäden eines Seuchenausbruches schätzen zu können. Modellansätze, die zur Zielsetzung dieses Modells beitragen, finden sich im Bereich der KSP. So berechnen beispielsweise MEUWISSEN et al. (2000) sowie MANGEN und BURRELL (2003) aufbauend auf den Zahlen infizierter und von Kontrollmaßnahmen betroffener Betriebe die entstandenen Schäden für die niederländische Landwirtschaft. In Anlehnung an diese Arbeiten liegt die Wahl des Modells in diesem Beitrag in einem räumlich-zeitlichen und stochastischen Simulationsmodell. Das Modell ist unterteilt in drei Submodule, die im Folgenden erläutert werden.

3.1 Erstellung der Modellregionen

Die Ermittlung von infizierten oder gesperrten Betrieben setzt Informationen über die genaue Größe und Lage der Betriebe im Raum voraus. Zur Simulation von Ausbrüchen der KSP nutzen MANGEN et al. (2002: 3) geographische Koordinaten und individuelle Daten über Tierzahlen und Betriebstyp realer Betriebe in den Niederlanden. Da solche Daten für Deutschland nur in unzureichendem Maße zugänglich sind, erfolgt eine Simulation von Modellregionen auf Grundlage aggregierter Daten aus amtlichen Statistiken und Expertenwissen. Vorbilder für die Modellregionen stellen ausgewählte reale Landkreise in Deutschland dar. Im Gegensatz zur Vorgehensweise von KARSTEN (2004: 74) werden in dieser Arbeit bei der Erstellung von Modellregionen intraregionale Heterogenitäten hinsichtlich der räumlichen Konzentration von Betrieben und eine asymmetrische Verteilung der betrieblichen Größenstrukturen berücksichtigt.

Wegen ihrer herausragenden Bedeutung in der deutschen Tierproduktion beschränkt sich das Modell auf Verfahren der Rinder- und Schweineproduktion. Folgende Betriebstypen finden Berücksichtigung:

- Milchproduktion
- Bullenmast
- Ferkelerzeugung
- Schweinemast
- Gemischtbetriebe mit Kombinationen aus den genannten Verfahren

Zur räumlichen Anordnung der Betriebe erfolgen in einem ersten Schritt die Festlegung der Fläche, der Referenzkoordinaten und der Anzahl von Betrieben einer Modellregion. Die Fläche der Modellregion wird anschließend als zweidimensionales Gitter von quadratischen Zellen mit definierter Fläche dargestellt. Ziel der Unterteilung in Zellen ist es, mit Hilfe von Experten und Satellitenbildern gewonnene quantitative Aussagen über die kleinräumliche Betriebsstruktur zu implementieren.

Zur Verteilung der Betriebe im Raum wird für eine zufällig ausgewählte Zelle $z_{i,j}$ aus dem Zellengitter aus der Menge aller noch nicht abgefragten Zellen ermittelt. $P_{i,j}$ stellt die Wahrscheinlichkeit, dass die Zelle $z_{i,j}$ mindestens einen Betrieb enthält, dar:

$$(1) \quad P_{i,j} = \begin{cases} 1 & , \text{für } \delta_{i,j} > 1 \\ \delta_{i,j} & , \text{für } \delta_{i,j} \leq 1 \end{cases}$$

mit $\delta_{i,j}$ als Betriebsdichte der Zelle $z_{i,j}$:

$$(2) \quad \delta_{i,j} = \frac{n_{Res} \cdot A_{i,j}}{A_{res}}$$

wobei n_{Res} die Anzahl der Betriebe in der Modellregion abzüglich der bereits positionierten Betriebe darstellt. $A_{i,j}$ repräsentiert die Fläche der Zelle $z_{i,j}$ und A_{res} die Fläche der Modellregion abzüglich der Gesamtfläche aller bisher abgefragten Zellen. Verfügt eine Zelle $z_{i,j}$ über mindestens einen Betrieb, so erfolgt dessen zufällige Positionierung in $z_{i,j}$ zur Generierung der Koordinaten des Betriebes. Zudem wird über Nachbarbetriebe zu dem ermittelten Betrieb in der Zelle $z_{i,j}$ entschieden, wobei die Zahl an Nachbarbetrieben gemäß einer Häufigkeitsverteilung bestimmt wird. Die Positionierung der Betriebe erfolgt in Umgebung des zuerst ermittelten Betriebes, wobei den Abständen zwischen den Betrieben Häufigkeitsverteilungen zugrunde liegen. Durch Abfragen aller Zellen des Gitters entsteht die räumliche Anordnung der Betriebe.

Nach Generierung von Koordinaten für die Betriebe erfolgt die Zuordnung der jeweiligen Tierzahlen entsprechend den Betriebstypen. Landwirtschaftliche Größenstrukturen weisen im Allgemeinen eine asymmetrische Verteilung auf. Der Großteil der Betriebe gehört zu Gruppen kleiner Betriebe, und nur eine geringe Anzahl der Betriebe ist in der Gruppe großer Betriebe zu finden. Zur Abbildung dieser Charakteristika eignet sich die Lognormalverteilung (WEISS, 1995: 365f.). Die Anpassung von Lognormalverteilungen an die Häufigkeitsverteilungen der Größenklassen erfolgt mittels Chi²-Tests. Auf Grundlage der ermittelten Lognormalverteilungen erfolgt die Erzeugung von Tierzahlen in den Betrieben durch Monte-Carlo-Simulation. Bei Betrieben mit Zucht- und Mastverfahren einer Produktionsrichtung wird nur die Zahl der Zuchttiere stochastisch ermittelt, welche anhand von Produktionskennzahlen die Zahl der Masttiere so determiniert, dass im Betrieb kein Zu- oder Verkauf von Jungtieren zur Mast entsteht. Dies ist für die Vorgehensweise im anschließenden Modul notwendig. Als weiterer Schritt erfolgt mit Hilfe von Zufallzahlen die Zuteilung der durchschnittlichen Jahresmilchleistung, die Ermittlung von Ferkelabsatzrhythmen sowie Anzahl abgesetzter Ferkel je Zuchtsau und Jahr.

Die Simulation von Seuchenausbrüchen setzt zudem eine Abbildung des tierischen Produktion vor- und nachgelagerten Bereichs voraus. Im Modell finden dabei Molkereien, Tierkörperbeseitigungsanstalten, Veterinäre, Lieferanten von Handelsfuttermitteln und Besamungstechniker in der Rinderproduktion Berücksichtigung. Diese sind charakterisiert durch vorgegebene Koordinaten ihres Standortes, den Radius ihres Einzugsgebietes und den Marktanteil. Marktanteil und Einzugsgebiet stellen die Determinanten für die Zuordnung der landwirtschaftlichen Betriebe zum vor- und nachgelagerten Bereich dar.

3.2 Simulation von Seuchenausbreitung und Kontrollmaßnahmen

Ausgangspunkt der Simulation stellt ein im Zeitpunkt t_0 infizierter Betrieb i dar, von dem ausgehend nach Wechsel in die infizierende Phase die tägliche Ausbreitung der Seuche simuliert wird. Die für die Seuchenausbreitung bedeutende Größe stellt die Infektionswahrscheinlichkeit β_{ij} eines empfänglichen Betriebes j dar. Diese Wahrscheinlichkeit ist das Produkt der beiden voneinander unabhängigen Größen k_{ij} und λ_{ij} , wobei k_{ij} die Wahrscheinlichkeit eines Kontaktes zwischen den Betrieben i und j darstellt und λ_{ij} die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung bei Kontakt wiedergibt. Formal gilt:

$$(3) \quad \beta_{ij} = k_{ij} \cdot \lambda_{ij}$$

Die Kontaktwahrscheinlichkeit k_{ij} folgt aus der Anzahl der Kontaktbetriebe eines infizierten Betriebes i am Tag t . Zur Bestimmung der empfänglichen Kontaktbetriebe erfolgt im Modell die Abbildung von Netzwerken. Diese Netzwerke resultieren aus dem Tierhandel sowie dem Personen- und Fahrzeugverkehr zwischen tierhaltenden Betrieben. Als direkte Tierkontakte finden der Absatz von Nutzkälbern und Mastferkeln Berücksichtigung. Indirekte Kontakte infolge von Personen- und Fahrzeugverkehr umfassen zum einen die Betriebsbesuche von Veterinären sowie Besamungstechnikern in der Milchviehhaltung. Zum anderen werden Lieferungen von Handelsfuttermitteln und die Abholung von Milch sowie der Abtransport verendeter Tiere durch Fahrzeuge von Tierkörperbeseitigungsanstalten abgebildet.

Für jeden Betrieb wird im Rahmen der Simulation entschieden, ob er zum Zeitpunkt t einen Knoten in einem der aufgeführten Netzwerke darstellt. Die jeweiligen Wahrscheinlichkeiten werden in Abhängigkeit von Betriebstyp und -größe aus den einzelbetrieblichen Daten bzw. Expertenangaben hergeleitet. Zudem erfolgt die Ermittlung von Parametern der vor- und nachgelagerten Stufen, um Kapazitätsrestriktionen abzubilden. Diese Vorgehensweise dient der Berücksichtigung von Heterogenitäten im Kontaktverhalten von Betrieben, welche die Seuchenausbreitung beeinflussen (KISS et al., 2006: 132). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die ermittelten Parameter.

Tabelle 1: Parameter zur Herleitung von Kontaktwahrscheinlichkeiten (Auswahl)

Parameter von tierhaltenden Betrieben	Parameter der vor- und nachgelagerten Stufen
Anzahl an abgesetzten Ferkel im Jahr	Kapazität von Milchsammelwagen
Ferkelabsatzrhythmus	Abholrhythmus von Molkerei
Anzahl an Nutzkälbern im Jahr	Anzahl von besuchten Betrieben je Tag durch Veterinär
Anzahl von Veterinärbesuchen im Jahr	Ladekapazität bei Futtermittellieferung
Anzahl der künstlichen Besamungen bei Milchkühen	Anzahl angefahrner Betrieben zur Kadaverbeseitigung
Anzahl an Futtermittellieferungen im Jahr	
Menge der zugekauften Futtermittel im Jahr [t]	

Quelle: Eigene Darstellung

Zur Auswahl der Tourbetriebe und zur Festlegung der Reihenfolge wird für alle indirekten Kontakte eine Tourenplanung durchgeführt. Für diese Aufgabe findet das Saving-Verfahren mit parallelem Touraufbau unter Berücksichtigung der Restriktionen des vor- und nachgelagerten Bereichs Verwendung (BRUNSWICKER, 1989: 31ff.).

Neben der Seuchenverbreitung über die genannten Kontakte trägt das Modell der lokalen Verbreitung einer Seuche Rechnung (vgl. Abschnitt 2). Die Wahrscheinlichkeit eines Kontaktes über Mechanismen der lokalen Verbreitung kann dabei als Funktion der Entfernung zwischen einem infizierten und einem gesunden Betrieb formuliert werden (MANGEN und BURRELL, 2003: 128). Im Modell spiegelt sich die Infektionswahrscheinlichkeit durch lokale Verbreitung β_{ij} in folgender Gleichung wider:

$$(4) \quad \beta_{ij} = \lambda_{ij} \cdot \left(1 - \frac{A(d_{ij})}{A(r_{\max LS})} \right)$$

mit λ_{ij} als Übertragungswahrscheinlichkeit, $A(d_{ij})$ als Kreisfläche um den infizierten Betrieb i als Mittelpunkt mit dem Radius d_{ij} , d_{ij} als Entfernung zwischen den Betrieben i und j und $A(r_{\max LS})$ als Kreisfläche um den Betrieb i mit $r_{\max LS}$ als maximale Entfernung einer lokalen Verbreitung. Dieser Ansatz folgt aus der Annahme, dass dieser Verbreitungsmechanismus nicht zielgerichtet ist und die Wahrscheinlichkeit der lokalen Verbreitung mit zunehmender Entfernung überproportional abnimmt.

Bei der Bestimmung der Übertragungswahrscheinlichkeit ist zu beachten, dass die verschiedenen Tierarten Unterschiede sowohl im Ausmaß der Virusverbreitung als auch in der Anfälligkeit gegenüber der Seuche aufweisen (WILMS, 2006: 25, FERGUSON et al., 2001: 544). Diese Heterogenitäten berücksichtigt folgende Gleichung der Übertragungswahrscheinlichkeit $\lambda_{ij}(t)$ an Tag t :

$$(5) \quad \lambda_{ij} = 1 - \exp\left(-S \cdot N_j \cdot \sum_{i=1}^I T \cdot N_i\right)$$

wobei N_i bzw. N_j Vektoren für die Tierzahlen in den Betrieben i und j sowie I die Zahl aller infizierten Kontaktbetriebe von j an Tag t darstellen. S und T sind Vektoren für die Empfänglichkeit bzw. für die Ausbreitung der Seuche für unterschiedliche Tierarten. Anhand des tatsächlichen Verlaufes des MKS-Ausbruches im Vereinigten Königreich im Jahr 2001 schätzten KEELING et al. (2001) Empfänglichkeits- bzw. Übertragungsparameter für Rinder und Schafe. Bei Interpretation der Schätzparameter ist zu beachten, dass diese Mittelwerte der betrachteten Betriebe darstellen und zeitunabhängig sind. Dies impliziert eine vereinfachte Abbildung des Krankheitsverlaufes und der Verbreitung der Krankheit innerhalb eines Bestandes. Zudem ist die lineare Beziehung zwischen der Tierzahl und den Parametern S und T strittig (STER und FERGUSON, 2007: 2). Zur Vereinfachung wird sich dieser Annahme jedoch angeschlossen.

Die Entdeckung der Seuche führt durch die Implementierung der Kontrollmaßnahmen einerseits zu einer Reduzierung der Kontaktwahrscheinlichkeit zwischen Betrieben. Andererseits wird auch eine Verringerung der Übertragungswahrscheinlichkeit unterstellt. Diese Annahme ist durch die Ergreifung zusätzlicher betrieblicher Schutzmaßnahmen begründet.

Die Entdeckung der Seuche auf einem infizierten Betrieb an Tag t wird durch eine binomialverteilte Zufallsvariable $E \sim B(1, p)$ mit der Entdeckungswahrscheinlichkeit p berücksichtigt. Die Höhe der Entdeckungswahrscheinlichkeit wird im Modell unabhängig von den Übertragungsparametern angenommen. Diese Vorgehensweise basiert auf Beobachtungen während des MKS-Ausbruches in 2001. Dort führte die hohe Virulenz des auftretenden Virenstammes nicht zu einer starken Ausprägung von Krankheitssymptomen (GIBBENS et al., 2001: 735). Die erstmalige Entdeckung der Seuche erhöht im Modell die Entdeckungswahrscheinlichkeit infolge einer angenommen verstärkten Kontrolle von Betrieben.

3.3 Kalkulation von Schäden

Auf Grundlage der Ergebnisse des Ausbreitungsmoduls erfolgt die Kalkulation von Schäden. Eine Schwierigkeit bei der Schadenermittlung stellt die große Varianz in der einzelbetrieblichen Schadenhöhe dar (ASSELDONK et al., 2006: 116). Dies ist bedingt durch Faktoren wie die Leistungs- und Kostenstruktur, Marktwerte der Tiere oder Einstalltermine und Anzahl der eingestellten Tiere in den einzelnen Betrieben. Zur Vereinfachung werden zur Quantifizierung der Schäden regionale Durchschnittswerte und ein kontinuierlicher Zu- und Verkauf von Masttieren angenommen. Die Ermittlung von Schäden beschränkt sich auf kurzfristige Schäden als Folge der Keulung von Tieren und anschließender Betriebsunterbrechung sowie auf Schäden infolge der Aufrechterhaltung der Produktion in Sperrgebieten und gleichzeitigem Vermarktungsverbot. Damit werden jene Schäden betrachtet, deren Ausgleich eine öffentlich unterstützte Versicherungslösung übernehmen soll (vgl. Abschnitt 1). Langfristige Schäden, wie z.B. durch Preisrückgänge oder die Konsequenzen einer Notimpfung, bleiben ebenso unberücksichtigt wie Entschädigungen durch den Staat oder private Versicherungen.

Unter der Voraussetzung, dass der Zeitraum der Betriebsunterbrechung von n Tagen kürzer als die Dauer des Produktionsprozesses tp_v ist, resultiert ein finanzieller Schaden S_C aus der (Not-)Keulung von Tieren und anschließender Unterbrechung für einen Betrieb:

$$(6) \quad S_C = \sum_{v=1}^V \left(\omega_v \cdot T_v \cdot P_v + \frac{n + \theta}{tp_v} \cdot T_v \cdot DB_v \right)$$

mit V als Anzahl der Produktionsverfahren, T_v als Zahl der Tiere im Produktionsverfahren v und P_v bzw. DB_v als Preis bzw. Deckungsbeitrag je Tier im Produktionsverfahren v . Zur Berücksichtigung des Zeitraumes zwischen Wiederaufnahme der Produktion und Erreichen des bisherigen Produktionsniveaus dient der Koeffizient θ , für das jeweilige Verfahren. Der Zuschlag der weiblichen Nachzucht in Milch- bzw. Ferkelproduktion bei Keulung des gesamten Bestandes in (6) geschieht mit Hilfe des Koeffizienten ω_v .

Das Vermarktungsverbot von Tieren sowie tierischen Erzeugnissen bei Aufrechterhaltung der Produktion hat den kompletten bzw. partiellen Ausfall von Erlösen zur Folge. Diesem Schaden gegenüber steht die Möglichkeit zur Anpassung der Fütterungsintensität (ASSELDONK et al., 2006: 122). Für Milchviehhalter folgt:

$$(7) \quad S_M = \frac{n}{365} \cdot L_M - vK_M$$

wobei S_M die Schäden aufgrund der Vermarktungssperre, n den Zeitraum der Vermarktungssperre und L_M die jährliche Leistung aus dem Milchverkauf darstellen. Zudem wird eine Reduktion der variablen Kosten vK_M während der Sperrung berücksichtigt. Weiter wird die Annahme getroffen, dass durch die längere Aufzucht von Nutzkälbern bedingt durch die Sperrung kein Schaden entsteht.

In der Ferkelproduktion treten bei Lage in Restriktionsgebieten Schäden durch Qualitätsmängel von Ferkeln auf. Diese Mängel resultieren aus einer Überbeanspruchung der Stallkapazitäten infolge der unterbundenen Vermarktung. Bei hoher Tierdichte ist auch in der Ferkelproduktion eine Keulung von Tieren aus Gründen des Wohlbefindens möglich. Zudem kann im Zeitraum der Betriebssperrung ein Zuchtverbot auferlegt werden (MEUWISSEN et al., 1999: 256). Mit n als Zeitraum der Sperrung und Vernachlässigung des betrieblichen Ferkelabsatzrhythmus folgt der Schaden S_{FZ} infolge des Zuchtverbotes:

$$(8) \quad S_{FZ} = \frac{n}{365} \cdot F - vK_F$$

mit F als Anzahl der jährlich erzeugten Ferkel und vK_F als die reduzierten variablen Kosten infolge des Zuchtverbotes wie beispielsweise Ferkelfutter.

In der Schweine- und Bullenmast führt die Sperrung von Betrieben einerseits zu einer Überschreitung der optimalen Mastdauer. Dies führt zu sinkenden Schlachtpreisen als Folge der abnehmenden Schlachtkörperqualität (NIEMI und PIETOLA, 2004: 4; SPREIDLER et al., 2000: 373). Damit verbunden ist auch eine verringerte Produktion gegenüber der bisherigen Situation. Andererseits führt die Sperrung eines Mastbetriebes zum Leerstand eines Teils der Mastkapazitäten. Dabei handelt es sich um jene Mastplätze, die unmittelbar vor der Sperrung geräumt wurden. Diese Vorgehensweise trägt dem unterstellten kontinuierlichen Zu- und Verkauf Rechnung. Der Schaden S_{MV} nach der Sperrdauer n ist somit definiert als:

$$(9) \quad S_{MV} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{tp_{MV}} \cdot K_{MV} \left(DB_{MV} - DB_{MV,i} + \frac{i}{tp_{MV}} \cdot DB_{MV} \right)$$

mit tp_{MV} als Mastdauer, K_{MV} als Mastkapazität und DB_{MV} als optimaler Deckungsbeitrag je Masttier. $DB_{MV,i}$ ist der Deckungsbeitrag, der bei Überschreitung der optimalen Mastdauer um i Tage für ein entsprechendes Masttier erzielt wird.

3.4 Datengrundlage und Ergebnisse

Als Modellregionen für die nachfolgend dargestellte Simulation wurden je ein Landkreis aus Nordrhein-Westfalen (NRW) und Bayern ausgewählt. Die Auswahl der beiden Kreise erfolgte aufgrund der gegebenen Möglichkeit zur Erhebung der erforderlichen Daten. Modellregion 1 mit 3.500 rinder- bzw. schweinehaltenden Betrieben repräsentiert einen Landkreis in NRW mit hoher Viehhaltungsdichte und großer Bedeutung der Veredlungsbetriebe. Modellregion 2 stellt einen Landkreis in Bayern mit 1.600 Betrieben in der Rinder- bzw. Schweineproduktion dar, wobei die Milchproduktion die dominierende Stellung in der Tierproduktion einnimmt. Basierend auf Primär- und Sekundärdaten erfolgen die räumliche Verteilung der Betriebe in den jeweiligen Regionen und eine Anordnung der Betriebe aus dem vor- und nachgelagerten Bereich. Die Verbindung zwischen den beiden Regionen besteht über den Handel von Jungtieren, wobei der Absatz von Nutzkälbern aus Region 2 dominiert. Aus Platzgründen beschränkt sich die Darstellung von Parametern in Tabelle 2 auf wichtige Parameter der Modellregionen, Seuchenausbreitung und Kontrollmaßnahmen. Eine Notimpfung von Betrieben wird nicht durchgeführt.

Tabelle 2: Simulationsparameter (Auswahl)

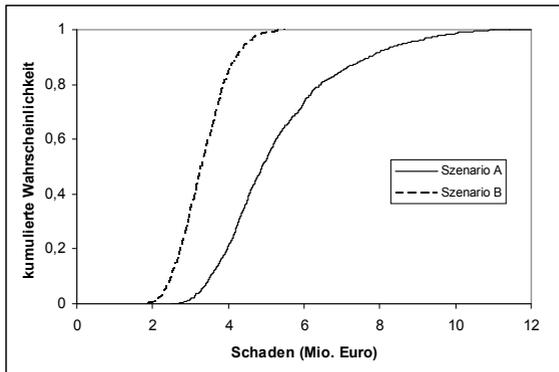
Parameter	Modellregion 1 (NRW)	Modellregion 2 (Bayern)
Anzahl der Betriebe	3.500	1.600
Fläche [km ²]	1.750	1.500
Gesamtzahl Milchkuhe	20.000	30.000
Gesamtzahl Mastschweine	500.000	20.000
Übertragungsrisiko je Rind	4,3 * 10 ⁻⁷	
Übertragungsrisiko je Schwein	2,0 * 10 ⁻⁷	
Radius Keulungsgebiet [km]	1	
Radialen Restriktionsgebiete [km]	3 / 10	
Dauer der Restriktion [Tage]	90 / 60	

Quelle: Verändert nach KEELING et al., 2001; STER und FERGUSON, 2007: 10; WILMS, 2006: 54; eigene Annahmen

Im Rahmen der Simulation erfolgt eine Variation der Entdeckungswahrscheinlichkeit eines infizierten Betriebes. In Szenario A beträgt die Entdeckungswahrscheinlichkeit über alle Betriebstypen 6 % je Tag, in Szenario B liegt die tägliche Entdeckungswahrscheinlichkeit bei 15 %. In beiden Szenarien beginnt die Seuchenausbreitung ausgehend von einem in jeder Iteration zufällig ausgewählten Betrieb in einer der beiden Regionen.

Die Ermittlung der Tierverluste und Folgeschäden erfolgt auf der Grundlage von regionalen Durchschnittspreisen und –kosten unabhängig von der Größe der jeweils betroffenen Betriebe. Die Schadenverteilungen der Szenarien A und B sind anhand von jeweils 1.000 Iterationen bei zufälliger Auswahl des erstinfizierten Betriebes dargestellt.

Abbildung 1: Schadenverteilungen der Szenarien A und B für Modellregionen 1 und 2 bei Ausbruch von MKS



Quelle: Eigene Berechnungen

Der erwartete Schaden bei Ausbruch der MKS beträgt in Szenario A ca. 5,3 Mio. Euro, während der erwartete Schaden in Szenario B bei ca. 3,3 Mio. Euro liegt. Zudem ist in diesem Szenario die Standardabweichung mit ca. 0,7 Mio. Euro geringer als in Szenario A (ca. 1,6 Mio. Euro). Der größte Teil der Schäden ist in beiden Szenarien auf das präventive Keulen von gesunden Betrieben und auf die Errichtung von Restriktionsgebieten zurückzuführen, die eine Vielzahl von Betrieben betreffen.

Da die Modellregionen nur einen kleinen Teil der Tierproduktion in Deutschland darstellen, wird auf eine Extrapolation der Ergebnisse verzichtet. Die Aussagekraft des Erwartungswertes und der Varianz der jeweiligen Verteilung ist eingeschränkt, da die Datenbasis zur Ermittlung der Schäden zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrages noch unzureichend ist. Jedoch zeigt sich im Modell die Bedeutung einer hohen Entdeckungswahrscheinlichkeit, die ceteris paribus zu einem geringeren Schadenpotential führen kann (vgl. Abschnitt 2).

4 Ausblick

Die dargestellten Modellergebnisse belegen das systemische Risiko von Tierseuchen, wobei die noch unzureichende Datenbasis die Interpretation der Modellergebnisse einschränkt. Hier besteht die Notwendigkeit zur Gewinnung weiterer Daten, um eine möglichst reale Abbildung der Betriebe in den Modellregionen zu gewährleisten. Insbesondere die Nutzung einzelbetrieblicher Daten zur Lage und zu Viehbeständen in ausgewählten Landkreisen stellt eine Option dar. Dem gegenüber stehen jedoch Bedenken aus Gründen des Datenschutzes, die die Implementierung vorhandener Daten verhindern. Des Weiteren besteht Bedarf zur tiefergehenden Analyse der einzelbetrieblichen Unterschiede im Risiko einer Seucheneinschleppung und -verbreitung und deren Determinanten. Diese Risiken müssen für die verschiedenen Betriebstypen und Größenklassen quantifiziert werden, um diese Unterschiede realitätsnah im Modell abzubilden. Zudem ist es erforderlich, Informationen über die Wirksamkeit von Impfmaßnahmen zu gewinnen. Deren Einsatz bei zukünftigen

MKS-Ausbrüchen ist aufgrund der politischen Forderungen wahrscheinlich und muss deshalb im Rahmen der Modellierung berücksichtigt werden.

Die bisherigen Modellergebnisse zeigen das Ausmaß kurzfristiger Schäden bei Eintritt der Seuche. Zur Risikoabschätzung und Beurteilung möglicher Instrumente des Risiko- bzw. Krisenmanagements ist es daher notwendig, die Eintrittswahrscheinlichkeit der MKS für bestimmte Regionen zu schätzen. Aufgrund des seltenen Eintretens von MKS und fortlaufenden Umweltveränderungen bietet sich dafür die Verwendung subjektiver Eintrittswahrscheinlichkeiten. Die bisherigen Erfahrungen aus realen Seuchenausbrüchen zeigen den hohen Einfluss des Entdeckungszeitpunktes auf das Schadenausmaß eines Ausbruches. Bisherige Forschungsarbeiten zeigen die Anreize für Tierhalter auf, die zu einem verspäteten Melden von Verdachtsfällen führen. Insbesondere die Ausgestaltung möglicher Instrumente des Risiko- bzw. Krisenmanagements bietet die Möglichkeit, Einfluss auf das menschliche Verhalten zu nehmen. Damit kann eine schnelle Entdeckung der Seuche und ein unverzügliches Ergreifen von Kontrollmaßnahmen gefördert werden. Hier besteht Forschungsbedarf in der Optimierung der Instrumentengestaltung, um anschließend diese Erkenntnisse im Modell zu implementieren.

Literatur

ABL. EG (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN) (18.8.1190), Nr. L 224.

ABL. EU (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION) (22.11.2003), Nr. 306.

ADNS (ANIMAL DISEASE NOTIFICATION SYSTEM) (1996, 1997, 2001).

ASSELDONK, M.A.P.M. VAN, M.P.M. MEUWISSEN, R.B.M. HUIRNE und E. WILKENS (2006): Public and private Schemes Indemnifying Epidemic livestock Losses in the European Union: a Review. In: Koontz, S.R., D.L. Hoag, D.D. Thilmany, J.W. Green und J.L. Grannis (Hrsg.): The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies. CAB International, Oxfordshire.

BATES, T.W., M.C. THURMOND und T.E. CARPENTER (2003): Description of an epidemic simulation model for use in evaluating strategies to control an outbreak of foot-and-mouth disease. In: American journal of veterinary research 64 (2): 195-204.

BRUNSWICKER, J. (1989): Optimale Standort- und Tourenplanung für die Rohmilcherfassung eines Molkereibetriebes. Lit-Verlag, Münster.

CAFIERO, C., F. CAPITANIO, A. CIOFFI und A. COPPOLA (2005): Risks and Crisis Management in Agriculture. Brüssel.

COX, S.J., C VOYCE, S. PARIDA, S.M. REID, P.A. HAMBLIN, D.J. PATON und P.V. BARNETT (2005): Protection against direct-contact challenge following emergency FMD vaccination of cattle and the effect on virus excretion from the oropharynx. In: Vaccine 23: 1106-1113.

DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs) (2007): Foot and mouth disease: veterinary risk assessment. In: <http://www.defra.gov.uk/animalh/diseases/fmd/pdf/vra-rz191007.pdf>. Stand: 28.05.2008

DONALDSON, A. (2004): Clinical Signs of Foot-and –Mouth Disease. In: Sobriono, F. und Domingo, E. (Hrsg.): Foot-and-Mouth Disease: Current Perspectives. Horizon Bioscience, Norfolk. S. 93-102.

EUROPÄISCHES PARLAMENT (2002): Bericht zur Bekämpfung der Maul- und Klauenseuche in der Europäischen Union im Jahr 2001 und zu künftigen präventiven Maßnahmen zur Vermeidung und Bekämpfung von Tierseuchen in der Europäischen Union. Teil 2: Begründung. (2002/2153(INI)).

FERGUSON, N.M., C.A. DONNELLY und R.M. ANDERSON (2001): Transmission intensity and impact of control policies on the foot and mouth epidemic in Great Britain. In: Nature 413: 542-547.

GD (GENERALDIREKTION) GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (14.3.2003): EU contribution for operational costs to eradicate FMD in France, Ireland and the Netherlands in 2001. In: http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/library/press/press277_en.pdf.

- GIBBENS, J.C., C.E. SHARPE, J.W. WILESMITH, L.M. MANSLEY, E. MICHALOPOULU, J.B.M. RYAN und M. HUDSON (2001): Descriptive epidemiology of the 2001 foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain: the first five months. In: *The Veterinary Record* (149): 729-743.
- GRAMIG, B.M., B.J. BARNETT, J.R. SKEES und J.R. BLACK (2006): Incentive Compatibility in Risk Management of Contagious Livestock Diseases. In: Koontz, S.R., D.L. Hoag, D.D. Thilmany, J.W. Green und J.L. Grannis (Hrsg.): *The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies*. CAB International, Oxfordshire.
- JAHN, A. (2001): Die Berücksichtigung klimatisch bedingter Sturmaktivitäten in den Entscheidungsprozessen deutscher Erstversicherer. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* 90 (2): 389-444. Berlin.
- KARSTEN, S. (2004): Simulation study on the epidemiology and control of classical swine fever. Kiel.
- KEELING, M.J., M.E.J. WOOLHOUSE, D.J. SHAW, L. MATTHEWS, M. CHASE-TOPPING, D.T. HAYDON, S.J. CORNELL, J. KAPPEY, J. WILSMITH und B.T. GRENFELL (2001): Dynamics of the 2001 UK Foot and Mouth Epidemic: Stochastic Dispersal in a Heterogeneous Landscape. In: *Science* (294): 813-817. Supplementary Material.
- KISS, I.Z., D.M. GREEN und R.R. KAO (2006): The effect of contact heterogeneity and multiple routes of transmission on final epidemic size. In: *Mathematical Biosciences* 203(1): 124-136.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005a): Mittelungen der Kommission an der Rat über das Risiko- und Krisenmanagement in der Landwirtschaft. KOM (2005) 74. Brüssel.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005b): Arbeitsunterlagen der Kommissionsdienststellen über das Risiko- und Krisenmanagement in der Landwirtschaft. SEK (2005) 320. Brüssel.
- MANGEN, M.-J.J. und A.M. BURRELL (2003): Who gains, who loses? Welfare effects of classical swine fever epidemics in the Netherlands. In: *European Review of Agricultural Economics* 30 (2): 125-154.
- MANGEN, M.-J.J., A.M. BURRELL und M. NIELSON (2002): Does Pig Density Matter for the Choice of Control Strategies in Classical Swine Fever Epidemics. EAAE-Seminar, Saragossa.
- MANSITO CABALLERO, F. (1995): Tierseuchenpolitik in der EU. In: *Die Zukunft der EU-Tierseuchenpolitik*. DBV(Deutscher Bauernverband)-Schriftenreihe 1: 25-36. Bonn.
- MATTHEWS, L., D.T. HAYDON, D.J. SHAW, M.E. CHASE-TOPPING, M.J. KEELING und M.E.J. WOOLHOUSE (2003): Neighbourhood control policies and the spread of infectious diseases. *Proceedings of the Royal Society B* 270: 1659-1666.
- MEUWISSEN, M.P.M., M.A.P.M. VAN ASSELDONK, J.R. SKEES und R.B.M. HUIRNE (2006). Designing Epidemic Livestock Insurance. In: Koontz, S.R., D.L. Hoag, D.D. Thilmany, J.W. Green und J.L. Grannis (Hrsg.): *The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies*. CAB International, Oxfordshire.
- MEUWISSEN, M.P.M., J.R. SKEES, J.R. BLACK, R.B.M. HUIRNE und A.A. DIJKHUIZEN (2000): An Analytical Framework for Discussing Farm Business Interruption Insurance for Classical Swine Fever. AAEA-Annual Meeting, Tampa.
- MEUWISSEN, M.P.M. und R.B.M. HUIRNE (1998): Feasibility of Income Insurance in European Agriculture. AAEA Annual Meeting, Utah.
- MORRIS, R.S., J.W. WILESMITH, M.W. STERN, R.L. SANSON und M.A. STEVENSON (2001): Predictive spatial modelling of alternative control strategies for the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain, 2001. In: *The Veterinary Record* 149: 137-144.
- NIEMI, J.K. und K. PIETOLA. (2004): Hog farmer incentive and moral hazard under contagious animal disease restrictions. EAAE-Seminar, Capri.
- NISSEN, B. (2001): Qualitative und quantitative Risikofaktoren für die Einschleppung von Viruskrankheiten am Beispiel der Klassischen Schweinepest (KSP) und der Maul- und Klauenseuche (MKS). Hannover.
- OECD (2003): Policy Issues in Insurance. Insurance and Expanding Systemic Risks. Paris.

- SPREIDLER, M., A HEISSENHUBER und H. PAHL (2000): Wirkung von markt- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen auf das optimale Mastengewicht in der Bullenmast. In: *Berichte über Landwirtschaft* 78(3): 373-401.
- STER, I.C. und N.M. FERGUSON (2007): Transmission Parameters of the 2001 Foot and Mouth Epidemic in Great Britain.
In: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0000502>.
Stand: 28.05.2008
- THOMPSON, D., P. MURIEL, D. RUSSELL, P. OSBORNE, A. BROMLEY, M. ROWLAND, S. CREIGH-TYTE und C. BROWN (2002): Economic costs of the foot and mouth disease outbreak in the United Kingdom in 2001. *Scientific and Technical Review* 21 (3): 675-687.
- TURVEY, C. (2006): Conceptual Issues in Livestock Insurance. In: Koontz, S.R., D.L. Hoag, D.D. Thilmany, J.W. Green und J.L. Grannis (Hrsg.): *The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies*. CAB International, Oxfordshire.
- WEISS, C.R. (1995): Wachsen und Weichen bei unterschiedlicher Betriebsgröße: Erste Ergebnisse für Oberösterreichs Landwirtschaft. In: *Die Bodenkultur* 46. Wien.
- WILMS, H. (2006): *Gesellschaftliche Bedeutung der Tierseuchenverbreitung- Eine Ausbreitungsuntersuchung am Beispiel der Maul- und Klauenseuche*. Hannover.