

Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

**Modell zur Simulation der Seuchenausbreitung und
zur Abschätzung damit verbundener Schäden – dargestellt am Beispiel
der Maul- und Klauenseuche**

I n a u g u r a l – D i s s e r t a t i o n

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am

18. Mai 2010

von

Jörn Krämer

aus

Köln

Referent: Prof. Dr. Ernst Berg
Korreferent: Prof. Dr. Thomas Heckelei
Tag der mündlichen Prüfung: 27.09.2010
Erscheinungsjahr: 2010

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn unter
http://hss.ulb.unibonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

Modell zur Simulation der Seuchenausbreitung und zur Abschätzung damit verbundener Schäden – dargestellt am Beispiel der Maul- und Klauenseuche

Ausbrüche der Maul- und Klauenseuche (MKS) können große finanzielle Schäden hervorrufen. Zur Schaffung eines risikokonformen Verhaltens von Tierhaltern bestehen in der Europäischen Union Diskussionen über die Einrichtung einer öffentlich subventionierten, umfassenden Pflichtversicherung. Die Beurteilung geeigneter Instrumente des Risiko- bzw. Krisenmanagements setzt Einblick über das potenzielle Schadenausmaß der MKS voraus. Dieses lässt sich aufgrund des seltenen Auftretens und der großen Variabilität der MKS nicht aus der Schadenhistorie ableiten. Alternativ bietet sich der Einsatz von stochastischen Simulationsmodellen an. Ziel der vorliegenden Arbeit ist deshalb die Entwicklung eines agentenbasierten Simulationsmodells zur Abschätzung der Schadenpotenziale der MKS.

Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst das Risiko aus der MKS. Dazu zählen diverse direkte und indirekte Übertragungswege. Zudem gehören zu den Einflussfaktoren die Politikmaßnahmen wie Keulung und Sperrung von Betrieben. Der Identifikation von Risikofaktoren folgt die Darstellung von Instrumenten zur Bewältigung der finanziellen Konsequenzen aus dem Auftreten der MKS. Die Bewertung der derzeitigen Situation in der EU zeigt, dass die installierten Maßnahmen zur Risikobewältigung zu Fehlanreizen führen. So verringert die EU-Entschädigungspraxis die Motivation zur Verdachtsmeldung von Seuchenfällen und fördert zudem den als riskant geltenden Tierhandel im Seuchenfall.

Das entwickelte agentenbasierte Simulationsmodell ist in zwei Module segmentiert. Im ersten Modellabschnitt erfolgt dabei die Simulation von Seuchenausbreitung und Seuchenbekämpfung. Das Modell berücksichtigt unterschiedliche Kontaktarten von rinder- und schweinehaltenden Betrieben bei der Seuchenausbreitung, wobei es sich insbesondere durch die Tourenplanung für Kontakte des Personen- und Fahrzeugverkehrs auszeichnet. Weiter können ferner Verhaltensänderungen nach der erstmaligen Seuchenentdeckung – in Abhängigkeit zur Entschädigungspraxis - abgebildet werden. Die Seuchenentdeckung löst im Modell die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen aus, deren finanzielle Konsequenzen im zweiten Modellmodul quantitativ erfasst werden. Die betrachteten Schadenstypen umfassen die Tierverluste und Schäden aus der Betriebsunterbrechung sowie finanzielle Verluste aus Vermarktungsverboten. Die Modellanwendung für zwei Landkreise mit 4.600 Betrieben zeigt die Reduzierung des Gesamtschadens bei einer umfassenden Entschädigungspraxis. Zudem verdeutlichen die Modellergebnisse die hohe Schadenvarianz und die Möglichkeit hoher Gesamtschäden infolge eines MKS-Ausbruches. Infolge der oftmals geringen Datenbasis besteht aber Forschungsbedarf zur Quantifizierung der Übertragungswahrscheinlichkeiten der MKS und zur Betrachtung weiterer Kontaktwege.

Model to simulate disease transmission and to estimate financial consequences of Foot-and-Mouth Disease outbreak

Epidemics of Foot-and-Mouth Disease (FMD) can have detrimental financial consequences. The European Union is considering public insurance schemes with compatible incentives for early disclosure and adoption of bio-security measures. Evaluating instruments for risk and crisis management presumes insight into the extent of losses FMD can cause. In case of epidemics, historical data has limited value due to low frequency and large variability in outcomes. Stochastic simulation models provide an appropriate alternative for obtaining insight into losses. The objective of this dissertation is to develop an agent-based simulation model to estimate financial consequences of FMD.

A large number of factors including direct and indirect contact between animals and control measures, like culling and establishing surveillance zones influence the risk caused by FMD outbreaks. Various risk management strategies have been developed to provide an appropriate response to the financial losses of FMD outbreaks. Analysis of the compatibility of incentives offered by current compensation schemes in the EU with respect to producer behaviour shows that the current situation creates little incentive for rapid disclosure of disease. Further, the current situation encourages animal trading shortly after FMD outbreak which is a high-risk activity since it can lead to further spread of the disease.

The agent-based simulation model consists of two major parts. The first part simulates the spread of FMD and control measures. Several direct and indirect contacts between farms are taken into account. For personnel and vehicle movement between premises, the model uses route planning. Depending on the compensation of financial losses, farmers' behaviour after detection of FMD has been modelled. Epidemiological information provided by the first part is translated into financial data in the second part. The model calculates financial losses caused by culling of animals, business interruption and consequences of delayed slaughter of animals as a consequence of surveillance zones.

Results of the models run on 4,600 farms in two counties in Germany show that comprehensive compensation schemes including the reimbursement of consequential losses can lead to a reduction of total loss. Further, the model results show the large variance of outcomes and the risk of large losses caused by FMD outbreaks. Due to little data to estimate transmission rates between animals further research is recommended.

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	2
2	Risiko- und Krisenmanagement	4
2.1	Qualitative Darstellung von Risiko	4
2.1.1	Eingrenzung des Risikobegriffs.....	4
2.1.2	Systematisierung von Risiko	6
2.2	Qualitative Darstellung von Krise	8
2.2.1	Bestimmung des Krisenbegriffs	8
2.2.2	Kategorisierung und Abgrenzung des Krisenbegriffs	10
2.3	Darstellung von Risiko- und Krisenmanagement.....	11
2.3.1	Risikomanagement	11
2.3.1.1	Identifikation von Risiken	13
2.3.1.2	Analyse und Bewertung von Risiken	15
2.3.1.3	Bewältigung von Risiken	15
2.3.1.4	Zielabweichungskontrolle	18
2.3.2	Krisenmanagement	19
2.3.2.1	Phasen der Krisenvorsorge	20
2.3.2.2	Phasen der Krisenbewältigung	21
2.3.2.3	Lernprozess nach Krisen	21
2.3.3	Abgrenzung zwischen Risiko- und Krisenmanagement.....	22
3	MKS als Risiko in der Landwirtschaft.....	23
3.1	Definition des Gewinnrisikos infolge MKS	23
3.1.1	Die direktkostenfreie Leistung	23
3.1.2	Systematisierung der direktkostenfreien Leistung als Zielgröße	23
3.2	Risikofaktoren von MKS.....	24
3.2.1	Eigenschaften der MKS.....	25
3.2.1.1	Ausprägung klinischer Symptome	26

3.2.1.2	Verbreitung der MKS	28
3.2.1.3	Einschleppung der MKS.....	34
3.2.2	Politikmaßnahmen zur Kontrolle und Bekämpfung der MKS	34
3.2.2.1	Politikmaßnahmen zur Seuchenprävention	35
3.2.2.2	Politikmaßnahmen zur Seuchenbekämpfung	36
3.3	Systematik der Zielabweichungen durch MKS	41
3.3.1	Schäden.....	42
3.3.2	Nutzen.....	43
4	Darstellung von Instrumenten zur Bewältigung des Risikos aus Tierseuchen und deren Bewertung auf Anreizkompatibilität.....	44
4.1	Darstellung der Ist-Situation in der EU	44
4.1.1	Staatliche Maßnahmen	44
4.1.1.1	Durchführung der Seuchenbekämpfung/ Strukturpolitik	45
4.1.1.2	Kompensationszahlungen bei Keulung	46
4.1.1.3	Kompensation von Folgeschäden.....	48
4.1.2	Betriebliche Maßnahmen.....	49
4.1.2.1	Biosicherheit.....	49
4.1.2.2	Selbsttragung	51
4.1.2.3	Diversifikation.....	54
4.1.2.4	Privatwirtschaftliche Versicherungen.....	56
4.1.2.5	Verträge	63
4.1.3	Risikowahrnehmung von Landwirten	64
4.1.4	Bewertung der Ist-Situation auf Anreizkompatibilität	65
4.1.4.1	Subventionierung von Hochrisiko-Einheiten	65
4.1.4.2	Unterkompensation von Schäden	66
4.1.4.3	Fehlanreize für Tierhalter in Sperrgebieten.....	67
4.2	Neue Optionen im Risiko- und Krisenmanagement.....	68
4.2.1	Versicherung mit öffentlicher Beteiligung	69

4.2.2	Unterstützung eines Risikofonds auf Gegenseitigkeit.....	70
4.2.3	Gewährung einer allgemeinen Unterstützung bei Einkommenskrisen.....	71
5	Modellbeschreibung.....	73
5.1	Grundlagen der Modellierung.....	73
5.2	Modellüberblick.....	77
5.2.1	Das SIR-Modell.....	77
5.2.2	Räumliche Modelle mit einfacher Abbildung von Kontakten.....	79
5.2.3	Modelle mit Kontaktnetzwerk.....	80
5.2.4	Agentenbasierte Simulationsmodelle.....	81
5.3	Aufbau des Simulationsmodells.....	82
5.3.1	Simulation von Seuchenausbreitung und –bekämpfung.....	82
5.3.1.1	Simulation der Kontakte zwischen Betrieben.....	85
5.3.1.2	Bestimmung der Übertragungswahrscheinlichkeiten.....	96
5.3.1.3	Seuchenbekämpfung.....	97
5.3.1.4	Verhaltensänderungen nach erstmaliger Seuchenentdeckung.....	101
5.3.1.5	Abbildung des Entscheidungsverhaltens von Tierhaltern bei Ankündigung von Betriebssperrungen.....	103
5.3.2	Schadenkalkulation.....	111
5.3.2.1	Schäden aus vorzeitiger und verspäteter Vermarktung.....	113
5.3.2.2	Schäden aus Keulung und Betriebsunterbrechung.....	115
6	Anwendung des Modells.....	117
6.1	Beschreibung der Datensätze.....	117
6.1.1	Darstellung der Modellregionen.....	117
6.1.2	Erstellung der Modellregionen.....	119
6.1.2.1	Auswahl der betrachteten Betriebstypen.....	120
6.1.2.2	Positionierung der Betriebe im Raum.....	121
6.1.2.3	Zuordnung der Tierzahlen und Leistungsparameter.....	122
6.1.2.4	Zuordnung der Betriebe des vor- und nachgelagerten Bereichs.....	125

6.1.3	Seuchenverbreitung und –bekämpfung	126
6.1.3.1	Übertragungs- und Kontaktwahrscheinlichkeiten	126
6.1.3.2	Seuchenbekämpfung.....	130
6.1.4	Variablen der Schadenkalkulation.....	131
6.1.4.1	Milchviehhaltung.....	131
6.1.4.2	Bullenmast.....	133
6.1.4.3	Ferkelerzeugung	135
6.1.4.4	Schweinemast.....	136
6.2	Ergebnisse und Diskussion.....	137
6.2.1	Kennzahlen der optimalen Mastverfahren.....	138
6.2.2	Schäden je Einzeltier und für verschiedene Bestandsgrößen	139
6.2.3	Entscheidungen über vorzeitigen Tierverkauf.....	142
6.2.4	Gesamtschäden infolge eines MKS-Ausbruches.....	143
6.2.4.1	Ergebnisse des Szenarios 1	143
6.2.4.2	Ergebnisse des Szenario 2	147
7	Schlussfolgerungen	150
8	Zusammenfassung.....	152
	Quellenverzeichnis	155
	Anhang	174

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Risk-Box“	7
Abbildung 2: Mögliche Krisenverläufe	9
Abbildung 3: Regelkreis des Risikomanagementprozesses	13
Abbildung 4: Risiko- und Einflussfaktoren	14
Abbildung 5: Systematik der Instrumente im Risikomanagement	16
Abbildung 6: Phasenmodell des Krisenmanagements	20
Abbildung 7: Vorgehensweise zur Ermittlung der direktkostenfreien Leistung	24
Abbildung 8: Determinanten des Kontaktnetzwerkes in der Tierproduktion.....	30
Abbildung 9: Konzentrationen der Virusausscheidung von Rindern und Schweinen.	33
Abbildung 10: Systematik der Schäden durch Bekämpfungsmaßnahmen.....	42
Abbildung 11: Anforderungen an Notfallplan zur Seuchenbekämpfung	45
Abbildung 12: Optionen für EU-Finanzierungssystem von direkten Schäden durch Tierseuchen	47
Abbildung 13: Phasen im Modellbildungsprozess	76
Abbildung 14: Dichtefunktion der Binomialverteilung.....	84
Abbildung 15: Darstellung eines gerichteten Graphen.....	85
Abbildung 16: Dichtefunktionen der Dreiecksverteilung	93
Abbildung 17: Grafische Darstellung der Kontaktwahrscheinlichkeit über lokale MKS- Verbreitung	96
Abbildung 18: Schematischer Zeitablauf bei Ankündigung einer Betriebssperrung	104
Abbildung 19: Schematische Darstellung der Klasseneinteilung eines Mastbestandes.....	106
Abbildung 20: Geschätzte Zunahmefunktionen von Mastbullen im Modell bei normaler Intensität.....	107
Abbildung 21: Räumliche Verteilung der Großvieheinheiten in Modellregion 1.....	125
Abbildung 22: Schäden bei verspäteter Vermarktung von Mastschweinen (Bayern) in Abhängigkeit der Sperrdauer	140
Abbildung 23: Schäden bei verspäteter Vermarktung von Mastbullen (NRW) in Abhängigkeit der Sperrdauer	141

Abbildung 24: Vorzeitiger Mast Schweineverkauf bei Ankündigung von Vermarktungsverbot	142
Abbildung 25: Gesamtschadenverteilung bei MKS-Ausbruch im Szenario 1 „vollständige Entschädigung“	144
Abbildung 26: Graphische Darstellung von Übertragungswegen einer ausgewählten Iteration	146
Abbildung 27: Gesamtschadenverteilung bei MKS-Ausbruch im Szenario 2 „teilweise Entschädigung“	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nachgewiesene MKS-Ausbrüche in der EU seit dem Jahr 1988.....	26
Tabelle 2: Beiträge verschiedener Tierseuchenkassen für das Jahr 2008	48
Tabelle 3: Versicherungsbestand der Vereinigten Tierversicherung im Segment der Ertragsschadenversicherung in Deutschland (2007).....	63
Tabelle 4: Modellklassifikation nach Datenverfügbarkeit und Prozessverständnis.....	74
Tabelle 5: Determinanten der Seuchenentdeckung durch Tierhalter	98
Tabelle 6: Empfehlungen zur Versorgung von Mastschweinen in MJ/Tag	108
Tabelle 7: Bezahlungsschema für Ferkel der Erzeugergemeinschaft Rheinland (170er Partie)	109
Tabelle 8: Parameter der Modellregionen (Auswahl)	119
Tabelle 9: Viehbestände in Deutschland und dem Vereinigten Königreich in 2007 (in Tsd. Stück)	120
Tabelle 10: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Steinfurt in 2007 nach Bestandsgrößenklassen	123
Tabelle 11: Parameter zur tierartabhängigen Formulierung der Übertragungswahrscheinlichkeit	127
Tabelle 12: Quantifizierung von Übertragungswahrscheinlichkeiten	127
Tabelle 13: Überführung von Kontakttyp in Risikostufen	128
Tabelle 14: Verteilung der Produktionsrhythmen in der Ferkelerzeugung nach Größenklassen.....	129
Tabelle 15: Parameter der Restriktionen	130
Tabelle 16: Modellvariablen der Milchkuhhaltung	132
Tabelle 17: Modellvariablen der Bullenkälberaufzucht	133
Tabelle 18: Modellvorgaben der Bullenmast (Fleckvieh).....	134
Tabelle 19: Modellvariablen der Bullenmast (Schwarzbunt).....	135
Tabelle 20: Modellvariablen der Ferkelerzeugung.....	136
Tabelle 21: Modellvariablen der Schweinemast	137
Tabelle 22: Kennzahlen der optimalen Bullenmast.....	138

Tabelle 23: Kennzahlen der optimalen Schweinemast.....	139
Tabelle 24: Schaden aus sofortiger Keulung je Einzeltier und 40tägiger Betriebsunterbrechung	139
Tabelle 25: Zeitlicher Verlauf eines ausgewählten Seuchenausbruches mit geringem Schaden.....	145
Tabelle 26: Zeitlicher Verlauf eines ausgewählten Seuchenausbruches mit hohem Schaden	146
Tabelle 27: Aufteilung der Gesamtschäden auf Schadentypen in Szenario 1	147
Tabelle 28: Begrenzung des vorzeitigen Tierverkaufs in Szenario 2.....	147
Tabelle 29: Aufteilung der Gesamtschäden auf Schadentypen in Szenario 2.....	149

Abkürzungsverzeichnis

ART	Alternativer Risikotransfer
bzw.	beziehungsweise
c.p.	ceteris paribus
et al.	et alii
EU	Europäische Union
€	Euro
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GV	Großvieheinheit
KSP	Klassische Schweinepest
Mio.	Million
MKS	Maul- und Klauenseuche
Mrd.	Milliarde
OIE	World Organisation for Animal Health
o.S.	ohne Seitenangabe
PPP	Public-Private-Partnership
SPV	Special Purpose Vehicle
TSK	Tierseuchenkasse
u.a.	unter anderem
VTV	Vereinigte Tierversicherung
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das Auftreten der Maul- und Klauenseuche (MKS) verkörpert aufgrund damit einhergehender möglicher großer finanzieller Verluste ein bedeutendes Risiko für die europäische Landwirtschaft. Dies unterlegt der Ausbruch der MKS im Vereinten Königreich im Jahr 2001, der zu circa sechs Millionen getöteten Tieren führte (GRIOT, 2003, o.S.). Die Gesamtschäden in der Landwirtschaft betragen circa vier Mrd. US \$ (FAO, 2002, o.S.).

Der Großteil der Schäden in der Landwirtschaft resultiert aus den nach der Seuchenentdeckung zwangsweise zu implementierenden Maßnahmen. Denn seit Schaffung des Gemeinsamen Binnenmarkts sieht der Rechtsrahmen in der Europäischen Union zur Bekämpfung von MKS die Tötung infizierter Tiere und die Einrichtung von Sperrgebieten um infizierte Herden vor. Dadurch erleiden betroffene Tierhalter einerseits finanzielle Schäden durch Tierverluste. Andererseits entwickeln sich Folgeschäden durch Betriebsunterbrechungen und Vermarktungsverbote in den Sperrgebieten (MEUWISSEN et al., 2000, S. 2f.).

Die limitierten Mittel zur Selbsttragung von Schäden durch landwirtschaftliche Betriebe rechtfertigten nach Ansicht der KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005a, S. 10) die Beanspruchung der öffentlichen Solidarität zur Finanzierung von Schäden aus Tierseuchen. So trägt die EU bis zu 60 Prozent an den nationalen Entschädigungszahlungen für die Tötung und Beseitigung von Tieren sowie die Reinigung der Betriebe (ABL. EG, 1990, S. 19). Öffentliche Zahlungen zur Kompensation von Folgeschäden werden darüber hinaus in der Regel nicht bewilligt. Zur Deckung dieser Verluste existieren in einigen EU-Mitgliedstaaten privatwirtschaftlich organisierte Versicherungslösungen, die aus unterschiedlichen Gründen jedoch nur begrenzt zugänglich sind (ASSELDONK et al., 2006, S. 123f.). Ursächlich hierfür ist, dass einerseits das systemische Risiko von Tierseuchen die Deckungskapazitäten von Versicherungen überfordern kann und andererseits der Konnex zwischen Versicherungsgebern und Versicherungsnehmern typischerweise durch Informationsvorteile zugunsten der Versicherungsnehmer charakterisiert ist. Als Folge dieser Informationsasymmetrie resultieren adverse Selektion und ein ausgeprägtes moralisches Risiko (MEUWISSEN und HUIRNE, 1998, S. 3; ZWEIFEL und EISEN, 2003, S. 293f.).

Vor dem Hintergrund des Schadenausmaßes der MKS im Jahr 2001 hat das EUROPÄISCHE PARLAMENT (2002, S. 39f.) die Entwicklung einer öffentlich unterstützten Pflichtversicherung befürwortet, die die Finanzierung der Schäden durch Tierverluste und der Folgeschäden

garantieren soll. Ein essenzielles Ziel bei der Gestaltung dieser Versicherung ist es, Anreize für ein risikokonformes Verhalten von Tierhaltern zu schaffen. So sollen umfassende Entschädigungszahlungen im Seuchenfall die zeitnahe Meldung von Verdachtsfällen gewährleisten (GRAMIG et al., 2006, S. 44). Versicherungstechnische Elemente wie Selbstbehalte hingegen verfolgen die Absicht der Erhaltung der Biosicherheit auf Betrieben (KUCHLER und HAMM, 2000, S. 300). Mit dem Vorsatz der Einkommensstabilisierung hat sich die EU-Kommission den Diskussionen über die Einführung und finanzielle Ausgestaltung verschiedener Instrumente des Risiko- und Krisenmanagements angeschlossen. Diese –öffentlich geförderten- Instrumente beinhalten z. B. Versicherungslösungen oder Risikofonds auf Gegenseitigkeit im Tierseuchensektor als Äquivalent für bisherige Ad-hoc-Maßnahmen (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005a, S. 4ff.).

Die Erörterung geeigneter Instrumente des Risiko- und Krisenmanagements setzt Kenntnisse über das potenzielle Schadenausmaß der Maul- und Klauenseuche voraus. Dessen unmittelbare Herleitung aus der Schadenhistorie ist aufgrund der hohen Variabilität im Auftreten der MKS, kursorischen Änderungsprozessen im rechtlichen Rahmen zur Tierseuchenkontrolle und der geringen Anzahl an Beobachtungen nur in einem eingeschränkten Maße möglich (MEUWISSEN et al., 2000, S. 4). So löste beispielsweise das erneute Auftreten der MKS im Jahr 2007 in Großbritannien mit acht infizierten Betrieben ein im Vergleich zu 2001 deutlich geringeres Schadenvolumen aus (DEFRA, 2007a, S. 1).

Zur Schätzung von Schadenpotenzialen empfiehlt sich der Einsatz von stochastischen Simulationsmodellen. Diese Modelle verbinden naturwissenschaftliche Kausalitäten und Schadengrößen und ordnen hierdurch bestimmten Schadenhöhen Eintrittswahrscheinlichkeiten zu (JAHN, 2001, S. 393). Des Weiteren bieten Simulationsmodelle Optionen, das Verhalten von Entscheidungsträgern und dessen Auswirkungen auf die Seuchenverbreitung abzubilden.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Intention dieser Arbeit ist es, Schadenpotenziale der Maul- und Klauenseuche in ausgewählten Modellregionen Deutschlands mittels eines agentenbasierten Simulationsmodells zu quantifizieren. Dabei umfasst die Schätzung jene Schäden, die aus Tierverlusten und Betriebsunterbrechungen bzw. Vermarktungssperren resultieren.

Hierzu erfolgt zunächst die Präsentation des Krisenrisikos aus Tierseuchen mit seinen relevanten Determinanten. Daran schließt sich die Erörterung der Möglichkeiten zur Finanzierung der Schäden aus Tierseuchen an. Nach einem Überblick über unterschiedliche Modelle zur

Simulation von Tierseuchen wird die für diese Arbeit gewählte Modellversion detailliert vorgestellt. Daran schließen eine Vorstellung und Diskussion der Modellergebnisse an.

2 Risiko- und Krisenmanagement

Eine Untersuchung der Maul- und Klauenseuche als potenzielle Risiko- bzw. Krisensituation in der Landwirtschaft setzt eine eindeutige Festlegung des Krisenbegriffs voraus. Dazu sollen die folgenden Ausführungen dienen.

Die Begriffsbestimmung von Krise beansprucht vorab die Definition des Risikobegriffs. Der begriffliche Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen und die auf dem Risikobegriff aufbauende Definition von Krise legitimieren diese Vorgehensweise. Zudem erfolgt in der agrarökonomischen Literatur partiell eine Zuordnung der wirtschaftlichen Folgen von Tierseuchen zu den Risiken der landwirtschaftlichen Produktion, weshalb eine Auseinandersetzung mit dem Risikobegriff in dieser Arbeit zwingend ist.

Nachfolgend schließt sich zur Erörterung des Umgangs mit den beiden genannten Phänomenen die Darstellung von Risiko- und Krisenmanagement an. Hiermit soll die Grundlage für die tiefergreifende Erörterung von Instrumenten des Risiko- und Krisenmanagements bezüglich Tierseuchen in den folgenden Abschnitten geschaffen werden.

2.1 Qualitative Darstellung von Risiko

2.1.1 Eingrenzung des Risikobegriffs

Wirtschaftliches Handeln wird vielfach mit dem Eingehen von Risiken assoziiert, weshalb der Risikobegriff als signifikanter Untersuchungsgegenstand in ökonomisch orientierten Betrachtungen klassifiziert ist. Dabei erfährt der Risikobegriff diverse Definitionen. Im Hinblick auf die weitere Vorgehensweise in dieser Arbeit erscheint es daher zweckmäßig, geeignete Begriffsdefinitionen aus der Entscheidungstheorie zu beanspruchen. Dort stehen entscheidungsbezogene und informationsorientierte Ansätze im Vordergrund (GREIVING, 2002, S. 12).

Der entscheidungsbezogene Ansatz basiert auf dem Modell der zielgerichteten Wirtschaftsweise eines Unternehmens. Dabei beschreibt der Risikobegriff die Möglichkeit einer Verfehlung von gesetzten Zielen. Die möglichen Zielabweichungen sind das Resultat der auf eine Unternehmung einwirkenden Umwelteinflüsse (HALLER, 1990, S. 233f.). Die Präferenzen des Entscheidungsträgers regeln, ob eine Zielverfehlung als Vor- oder Nachteil empfunden wird. Vorteile werden dabei als Nutzen, Nachteile als Schäden charakterisiert. Notwendig ist die kollektive Betrachtung von Nutzen und Schäden, da in einer ökonomisch rationalen Entscheidungsfindung alle Konsequenzen einer Handlung Berücksichtigung finden müssen (ERDMANN 1994, S. 95f.). Entsprechend der Bedeutung für diese Arbeit soll im

Folgenden näher auf den Schadenbegriff eingegangen werden. Allgemein ist der Begriff des Schadens mit der Minderung abstrakter oder konkreter Werte assoziiert. Die Minderung kann durch Naturereignisse oder menschliche Aktivitäten erfolgen (GREIVING, 2002, S. 28). Die Festlegung des Schadenbegriffs beruht auf einer Wertung und Systemabgrenzung durch ein Subjekt, wodurch der Schadenbegriff zwangsläufig eine subjektive Dimension erhält (ERDMANN, 1994, S. 96). Da die Definition des Schadenbegriffs in starkem Maße die Analyse und Bewertung beeinflusst, ergeben sich aus dem Fehlen eines objektiven Schadenbegriffs vermehrt Probleme in der Diskussion von Risiken (BERG et al., 1994, S. 7 und S. 13; OBERMEIER, 1999, S. 75f.). Neben individuellen Präferenzen beeinflusst die jeweilige Disziplin die Konkretisierung des Schadenbegriffs (GREIVING, 2002, S. 32). Aus betriebswirtschaftlicher Sichtweise entstehen Schäden durch den Verlust von Unternehmenswerten infolge von Schadenereignissen. Die Quantifizierung der Schäden geschieht dabei überwiegend durch deren Monetarisierung (ERDMANN, 1994, S. 96). Grundlage der Schadenquantifizierung stellen Nutzenfunktionen von Entscheidungsträgern dar. Diese Funktionen ordnen beliebigen Kombinationen von Güterverbrauchsmengen einen Nutzen zu. Der Verlauf der Nutzenfunktion ist somit abhängig von Präferenzen des Entscheidungsträgers. Die Gesamtheit aller Mengenkombinationen, die den gleichen Nutzen stiften, bildet die Indifferenzkurve. Die Steigung der Indifferenzkurve gibt die Grenzrate der Substitution wieder (SCHUHMAN et al., 1999, S. 44ff.). Schwierigkeiten treten bei der praktischen Ermittlung von Nutzenfunktionen und Indifferenzkurven auf. In hoch aggregierter Form liegen Informationen über die Präferenzen in Marktpreisen von Gütern vor. Marktpreise ermöglichen eine Schadenbewertung, wobei Schäden in diesem Bezug als Nutzenverzicht definiert werden. Bei der Schadenquantifizierung mittels Marktpreisen ist aber zu berücksichtigen, dass externe Effekte oder unvollkommene Märkte Preisverzerrungen auslösen können. Diese Verzerrungen mindern die Aussagefähigkeit von Preisen im Rahmen der Schadenbewertung (ERDMANN, 1994, S. 96ff.).

Die Gewichtung des Schadenausmaßes mit der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens generiert eine Definition von Risiko, die in Teilen der Versicherungswirtschaft eingesetzt wird (BINSWANGER, 1990, S. 260). Kritik an dieser Begriffsbestimmung ist in der Auffassung von Risiko als erwarteten Schaden und der damit fehlenden Berücksichtigung von Schwankungen begründet (OBERMEIER, 1999, S. 38). Der Gebrauch des Erwartungswertes führt aufgrund der implizit unterstellten Risikoneutralität des Entscheidungsträgers oft zu einer

unrealistischen Abbildung von Entscheidungssituationen¹. Zudem wird mit dem Risikobegriff gemeinhin nicht nur das mögliche Eintreten von Schäden assoziiert.

Der informationsorientierte Risikobegriff basiert auf dem Aspekt der unvollkommenen Information über zukünftige Zustände zum Entscheidungszeitpunkt. Im Prinzip erfolgt die Risikomessung durch die Eintrittswahrscheinlichkeiten der potenziellen künftigen Ereignisse (MAYER, 2002, S. 10). KNIGHT (1971, S. 233) setzt für den Risikobegriff objektive Wahrscheinlichkeitsverteilungen voraus, andernfalls fasst er das Informationsdefizit als Unsicherheit auf. Diese Unterscheidung ist jedoch streitig, da objektive Wahrscheinlichkeiten nur in wenigen Entscheidungssituationen vorliegen (HARDAKER et al., 2004, S. 5). HANF (1986, S. 3f.) fasst jede Wahrscheinlichkeitsverteilung als subjektiv auf und substantiiert dies mit subjektiven Momenten bei der Informationsverwertung im Rahmen der Herleitung von Wahrscheinlichkeiten. Somit entfällt seiner Ansicht nach auch die Sinnhaftigkeit einer Unterscheidung zwischen Unsicherheit und Risiko. FARNY (2000, S. 27) hingegen differenziert zwischen objektiven und subjektiv geschätzten Wahrscheinlichkeitsverteilungen; interpretiert die Unterschiede aber nicht als prinzipiell, sondern eher als graduell.

Eine erschöpfende Beschreibung von Risiko leistet die Verbindung der entscheidungsbezogenen und informationsorientierten Ansätzen. Aufbauend auf dem Aspekt der unvollkommenen Information über zukünftige Zustände berücksichtigt diese Vorgehensweise den Ziel- bzw. Entscheidungsbezug im Risikobegriff (MAYER, 2002, S. 11). Da in realen Entscheidungssituationen beide Umstände von Relevanz sind, wird sich in dieser Arbeit der Auffassung von FARNY (2000, S. 26f.) angeschlossen, der unter Risiko solche Sachverhalte subsumiert, in denen eine Entscheidung über eine Handlungsalternative zu einer Wahrscheinlichkeitsverteilung von Ergebnissen führt. Die Gründe hierfür liegen zum einen in nicht vorhersehbaren und somit zufälligen Umwelteinflüssen und zum anderen in dem Informationsdefizit über die Umweltfaktoren.

2.1.2 Systematisierung von Risiko

Eine mögliche Klassifizierung von Risiken stellt die Differenzierung nach der Zielverfehlung dar. Reine Risiken umfassen dabei nur jene Zielabweichungen, die zu negativen Konsequenzen (z. B. Verluste eines Unternehmens) führen, während spekulative Risiken alle möglichen

¹ Zur Problematik des Erwartungswertes als Entscheidungskriterium siehe z.B. BRANDES und ODENING, 1992, S. 196 und die dort angegebene Literatur.

Zielabweichungen zum Inhalt haben. Daneben existiert noch eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zur Risikokategorisierung. So kann eine Systematisierung von Risiken hinsichtlich der Häufigkeit der für das jeweilige Risiko ursächlichen Ereignisse und der Intensität der Konsequenzen erfolgen (BANKS, 2005, S. 3). CAFIERO et al. (2005, S. 3) erweitern diese Typisierung um das Charakteristikum der Korrelation zur Darstellung des Ausmaßes, in dem Wirtschaftseinheiten simultan von einem Ereignis betroffen sind.

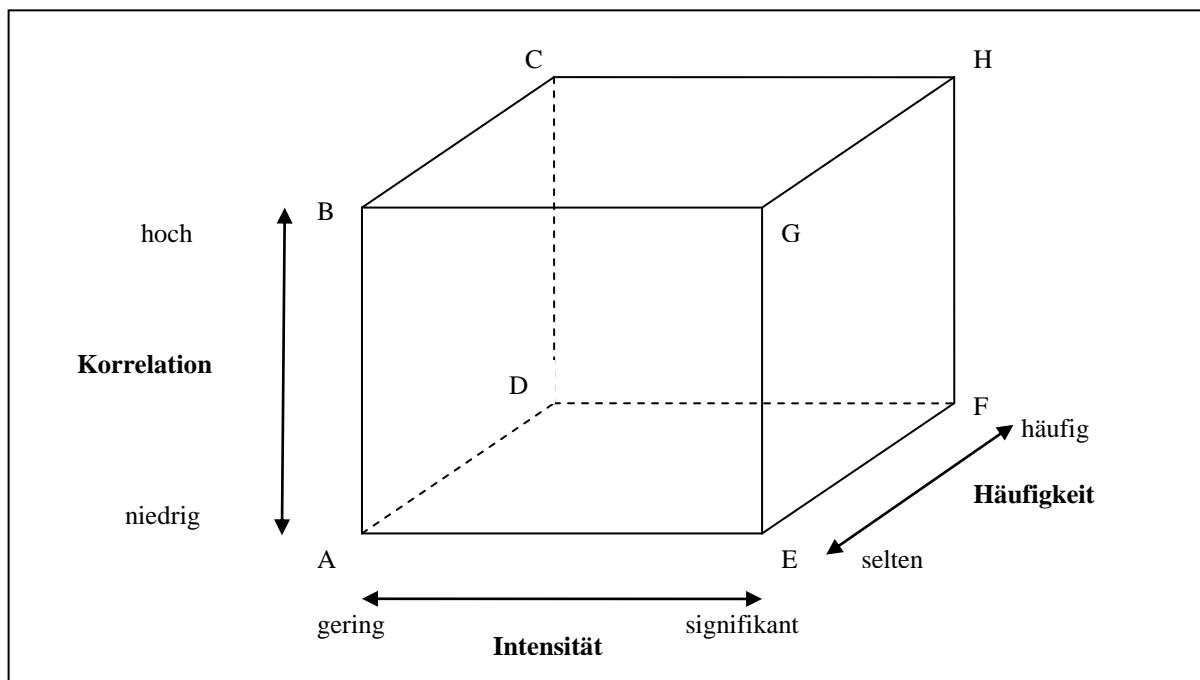


Abbildung 1: „Risk-Box“

Quelle: Verändert nach CAFIERO et al., 2005, S. 4.

Die Korrelationen zwischen Einzelrisiken sind relevant bei der Aggregation von Einzelrisiken zum Gesamtrisiko eines Unternehmens. Bei Korrelationen kleiner als eins ist das Gesamtrisiko kleiner als die Summe der Einzelrisiken (STARP, 2006, S. 26).

Eine in der Ökonomie weit verbreitete Kategorisierung von Risiken ist die Differenzierung in Finanzierungsrisiken und Geschäftsrisiken. Erstgenannte Kategorie beinhaltet die von Finanzmärkten ausgehenden Risiken (z.B. Schwankungen von Leitzinsen oder Wechselkursen), Kreditrisiken durch den möglichen Ausfall von Obligationen eines Vertragspartners und Liquiditätsrisiken. Geschäftsrisiken hingegen begründen sich aus Risiken entstanden aus erbrachten Leistungen, Störprozessen sowie aus allen Produktionsfaktoren außer Finanzmitteln (BANKS, 2005, S. 3). Eine häufig angewandte Typisierung von Geschäftsrisiken in der

Landwirtschaft ist die Gliederung in Markt- und Produktionsrisiken, institutionelle und persönliche Risiken. Unerwartete Schwankungen von Produktpreisen bzw. Produktionskosten substantiieren das Marktrisiko, während Produktionsrisiken aus Schwankungen in der pflanzlichen bzw. tierischen Produktion infolge von Wettereinflüssen oder Seuchen entstehen. Quellen für institutionelle Risiken induzieren Änderungen bei gesetzlichen Produktionsauflagen oder Export- bzw. Importbeschränkungen. Der Risikoursachenbereich von persönlichen Risiken erfasst schwerwiegende Erkrankungen von Betriebsangehörigen oder deren Tod (HARDAKER et al., 2004, S. 6f.).

Einen weiteren Ansatz zur Risikosystematisierung liefert die differenzierte Betrachtung des versicherungstechnischen Risikos. Dabei beschreibt das versicherungstechnische Risiko die Streuung der tatsächlich eingetretenen Gesamtschäden um den Erwartungswert des Gesamtschadens. Zur Erklärung der Schadenabweichungen ist die Aufteilung des versicherungstechnischen Risikos in die drei Elemente Zufallsrisiko, Änderungsrisiko und Irrtumsrisiko förderlich. Das Zufallsrisiko schließt alle Schadenabweichungen ein, die aus den zufälligen Realisationen von Schadenhäufigkeiten und -umfang resultieren. Das Änderungsrisiko beschreibt die unvorhersehbaren Modifizierungen der versicherten Risiken, die sich durch die Dynamik der Risikoursachen entfalten. Diese umfassen z.B. Natur, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft. Das Irrtumsrisiko resultiert aus einer eventuell fehlerhaften Quantifizierung der Schadenerwartung (FARNY, 2000, S. 80ff).

Weitere Systematisierungsansätze, die für die weitere Vorgehensweise nicht von Bedeutung sind, werden der Vollständigkeit halber kurz skizziert. Diese sind beispielsweise die Differenzierung in operative und strategische Risiken in Abhängigkeit zum Zeitbezug oder die Trennung zwischen Aktionsrisiken als Gelegenheit zur Beeinträchtigung bewusst gewählter Unternehmensziele sowie Bedingungsrisiken, die die Gefährdung der Zielerfüllung durch anonyme Randbedingungen gestalten (MAYER, 2002, S. 15; HALLER, 1990, S. 236).

2.2 Qualitative Darstellung von Krise

2.2.1 Bestimmung des Krisenbegriffs

Ausgehend vom Wort „krisis“ im Griechischen, das Unsicherheit oder einen Höhe- oder Wendepunkt beschreibt, erfährt der Krisenbegriff in den Wissenschaftsdisziplinen multiple Begriffsbestimmungen (BALTZER, 1983, S. 29). In Teilen der Literatur stellen das unerwartete bzw. ungeplante Eintreffen sowie das Auftreten von Diskontinuität zentrale Merkmale von Krisen dar (OBERMEIER, 1999, S. 126f.; ROSENTHAL et al., 2001, S. 7). Diese Charakterisie-

nung wird von anderen Autoren hingegen abgelehnt. Sie bewerten die Diskontinuität als unzureichendes Kriterium zur Krisenmarkierung gegenüber anderen Phänomenen, die ebenfalls zur Unterbrechung eines Prozesses führen. Die Verwendung des Krisenbegriffs ist daher auf Situationen beschränkt, in denen Diskontinuität eine Existenzgefährdung zur Folge hat (BURTSCHER, 1995, S. 30). Zudem wird die Eigenschaft des unerwarteten Auftretens von Krisen in Frage gestellt. Krisen stellen demnach bereits in der Anfangsentwicklung identifizierbare und durch präventive Steuerungsmaßnahmen abwendbare Prozesse dar (BALTZER, 1983, S. 32). Divergierende Meinungen bestehen in der Literatur auch über den Ausgang einer Krise. Nach Ansicht KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005b, S. 4) führen Krisen stets zu signifikanten negativen Auswirkungen. Dem gegenüber betonen andere Arbeiten die Ambivalenz hinsichtlich der Effekte einer Krise (BURTSCHER, 1995, S. 31; KOEPFF, 2007, S. 18). Abbildung 2 demonstriert diesen Sachverhalt.

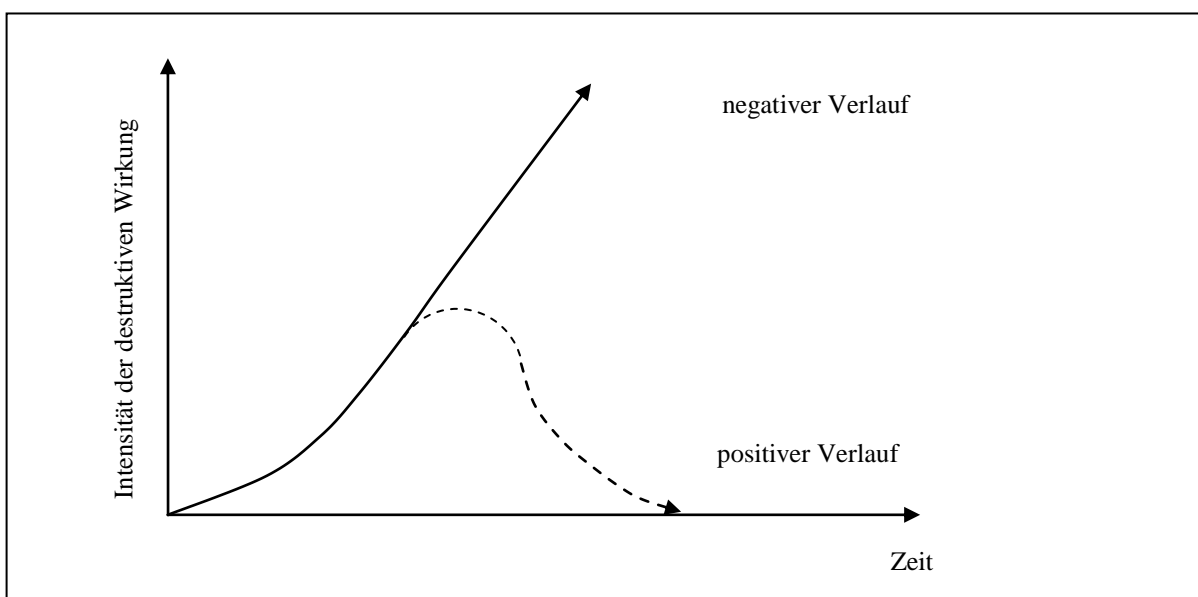


Abbildung 2: Mögliche Krisenverläufe

Quelle: Verändert nach KRYSTEK, 1987, S. 13.

Abweichende Beurteilungen über den Ausgang einer Krise werden durch divergierende Sichtweisen und Zeitbezüge ausgelöst. So können Krisen für Unbetroffene Perspektiven der Weiterentwicklung erkennen lassen und langfristig zu positiven Systemtransformationen führen (ROSENTHAL et al., 2001, S. 7).

ROSENTHAL et al. (1989, S. 10) definieren Krisen durchweg als eine Gefährdung von zentralen Werten oder der Grundstruktur eines Systems, die unverzügliche und bedeutsame

Entscheidungen erfordert. Orientierungen an dieser Begriffsbestimmung finden sich in Definitionsansätzen der Wirtschaftswissenschaften. Dabei umschreibt exemplarisch der Terminus „Finanzkrise“ eine plötzlich eintretende, ungünstige Entwicklung von finanziellen Indikatoren (ANGERMÜLLER, 2002, S. 6). Ein häufig vorzufindender Untersuchungsgegenstand ist die Unternehmenskrise. Sie dient in der Betriebswirtschaft zur Deskription von Prozessen, die eine Gefährdung oder sogar eine Verhinderung des Unternehmensfortbestands durch die Verfehlung von Zielen nachbilden (KRYSTEK, 1987, S. 6). Mögliche Zielverfehlungen dienen auch der Risikocharakterisierung (vgl. Abschnitt 2.1.1) und verknüpfen die Begriffe von Risiko und Krise. Deshalb sind wesentliche bzw. bestandsgefährdende Risiken in den Terminus der Krise einzubeziehen (KRYSTEK UND MOLDENHAUER, 2007, S. 30). Dieser Auffassung folgend, konkretisiert MAYER (2002, S. 25) die Unternehmenskrise als Konstellation, die durch ein deutlich expandiertes Risiko geprägt ist. Einen Zusammenhang zwischen den Begriffen Krise und Risiko stellen auch CAFIERO et al. (2005, S. 5) her. Danach bildet ein Risiko dann eine Krise ab, wenn das Risiko unvorhergesehen auftritt und bei einer Vielzahl von Einheiten zu Auswirkungen führt, die die individuellen Fähigkeiten zur Risikobewältigung überschreiten. In dieser Arbeit wird sich dieser Definition angeschlossen. Denn zum einen besteht auf diese Weise eine Verbindung zum (systemischen) Risiko und der Bezwingung der Krise. Zum anderen bezieht dieser Ansatz diverse Ebenen (Einzelunternehmen und Sektor) ein.

2.2.2 Kategorisierung und Abgrenzung des Krisenbegriffs

Ein häufiges Kriterium zur Krisenkategorisierung ist die Differenzierung nach deren Ursachen. Dabei ist nur selten die Identifikation einer singulären Einflussgröße als Ursache möglich, da Krisen im Allgemeinen aus dem Zusammenspiel von untereinander abhängigen Einflussgrößen resultieren. Zudem schränkt die oft fehlende Abgrenzbarkeit zwischen Ursachen und Wirkungen von Krisen die Ursachenanalyse weiter ein (BURTSCHER, 1996, S. 44f.). Eine weitere bedeutende Kategorisierungsform ist die Segmentierung von Krisentypen nach Größenklassen. Dabei kann die Klassifikation nach absolutem oder relativem Ausmaß für das von der Krise betroffene System geschehen (MAYER, 2002, S. 84f.). Diesem Ansatz schließt sich die Typisierung nach dem Grad der Existenzbedrohung an. So fasst KRYSTEK (1987, S. 29ff.) Krisen als Prozesse auf und zeigt am Beispiel der Unternehmenskrise ein vierstufiges Phasenmodell auf. Darin wird zwischen potenziellen, latenten, akut beherrschbaren und akut nicht beherrschbaren Phasen einer Krise differenziert.

BURTSCHER (1996, S. 34ff.) verweist auf die weit verbreitete Auseinandersetzung mit dem Krisenbegriff und synonym verwendeten Begriffen in der Literatur hin, die auch Markierungen der Bezeichnung „Krise“ gegenüber den Begriffen Konflikt, Störung und Katastrophe diskutiert. Konflikte werden in diesem Zusammenhang als Unterschiede zwischen den Zielpräferenzen von Personen definiert. Störungen sind die Folgen von beeinträchtigenden Größen, die endogen oder exogen auf Systeme einwirken. Während Konflikte und Störung nicht zwingend den Fortbestand eines Systems gefährden, führen Katastrophen als verhängnisvolle Ereignisfolgen zum Ende eines Systems. Dieser deterministische Ausgang grenzt Katastrophen zu Krisen ab, deren Ausgang nach Ansicht einiger Autoren (vgl. Abschnitt 2.2.1) durch Ambivalenz beeinflusst ist. Dem gegenüber bedienen sich andere Arbeiten des Terminus Krise synonym zum Katastrophenbegriff (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006a, S. 96f). MAYER (2002, S. 86) wiederum interpretiert Katastrophen als Größenklasse für naturbedingte Phänomene, während im wirtschaftswissenschaftlichen Sprachgebrauch der Begriff Krise gebräuchlich ist.

2.3 Darstellung von Risiko- und Krisenmanagement

Die Bezwingung von Risiken und Krisen ist seit den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts verstärkt in den Fokus der Betriebswirtschaftslehre gerückt. Auslöser hierfür werden u.a. in der fortschreitenden Globalisierung der Märkte und dem verschärften Wettbewerb zwischen den Unternehmungen gesehen (KOEPPF, 2007, S. 1). Diese Entwicklung hat das Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich protegiert, das die Verantwortlichkeit von Vorständen in Aktiengesellschaften zur Früherkennung von Risiken und deren Bewältigung konkretisiert (NEUMANN, 2004, S. 143). In der Landwirtschaft werden die sich ausweitende Marktliberalisierung und die dadurch bewirkte Forcierung der Preisvolatilität als wichtige Determinanten für größere Einkommensschwankungen diskutiert. Hierdurch rückt das Management von Risiken auch stärker in das Bewusstsein landwirtschaftlicher Betriebsleiter (STARP, 2006, S. 22). Beteiligte Institutionen des Risiko- bzw. Krisenmanagements rekrutieren sich nicht exklusiv aus Unternehmungen. Hingegen schließt die Bewältigung von Risiken und Krisen auch Handlungsfelder politischer Institutionen ein (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005b, S. 11).

2.3.1 Risikomanagement

Risikomanagement umfasst prinzipiell alle Managementtätigkeiten zum planerischen Umgang mit Risiken. KRISTEK (1987, S. 128) grenzt Risikomanagement auf die Absicherung reiner

bzw. versicherbarer² Risiken ein, da aus seiner Sicht eine weitergehende Fassung von Risikomanagement automatisch zu einer Vermischung mit den regulären Funktionen der Unternehmensführung führt. Konträr hierzu steht die Positionierung des Risikomanagements als integrierten Teil der Unternehmensführung zur konsequenten Steuerung der Risikoposition (HARDAKER et al., 2004, S. 13f.). HALLER (1990, S. 230) betont in diesem Kontext die Beziehung zwischen Risikomanagement und Unternehmensführung.

Ein holistischer Ansatz ordnet dem Risikomanagement alle Vorgänge zu, die „ mit dem geplanten und sinnvollen Umgang mit Risiken“ in Verbindung stehen (ebenda). Diese Skizzierung von Risikomanagement dient als Grundlage dieser Arbeit.

LIEBWEIN (2000, S. 14) definiert Risikomanagement als Steuerungsinstrument aller Risiken zur Förderung der Zielerreichung in Unternehmen. Risikomanagement ist charakterisiert durch einen koordinierten Einsatz risikopolitischer Instrumente, der für Zielabweichungen veränderte Wahrscheinlichkeitsverteilungen generiert. Diese Vorgehensweise und die Einbindung der Wirkungszusammenhänge aller Einzelrisiken ermöglichen den effizienten Einsatz von risikopolitischen Alternativen unter Einlösung eines definierten Risikolimits. Diese bewusste Auseinandersetzung mit Risiken postuliert STARP (2006, S. 27f.) als ein Hauptziel des Risikomanagements. Somit steht die Nutzenmaximierung durch Entscheidungsträgern im Vordergrund und nicht die Risikominimierung (HARDAKER et al., 2004, S. 266).

In der Literatur wird dem Risikomanagement das Charakteristikum als kontinuierlicher Prozess zugeordnet. Dieser Ansatz ist sowohl durch die Dynamik in den Unternehmensrisiken als auch durch die Herausbildung von (neuen) Instrumenten zur Risikobewältigung begründet. Aufgrund der oftmals hohen Komplexität schlägt LIEBWEIN (2000, S. 15ff.) die Segmentierung in die Teilprozesse Risikoidentifikation, Risikoanalyse, Risikobewertung, Risikomanipulation und Zielabweichungskontrolle vor. Anstelle der Begrifflichkeit Risikomanipulation verwenden andere Autoren den Terminus Risikobewältigung (vgl. Abbildung 3).

² Zu den Bedingungen der Versicherbarkeit von Risiken siehe Seite 56ff.

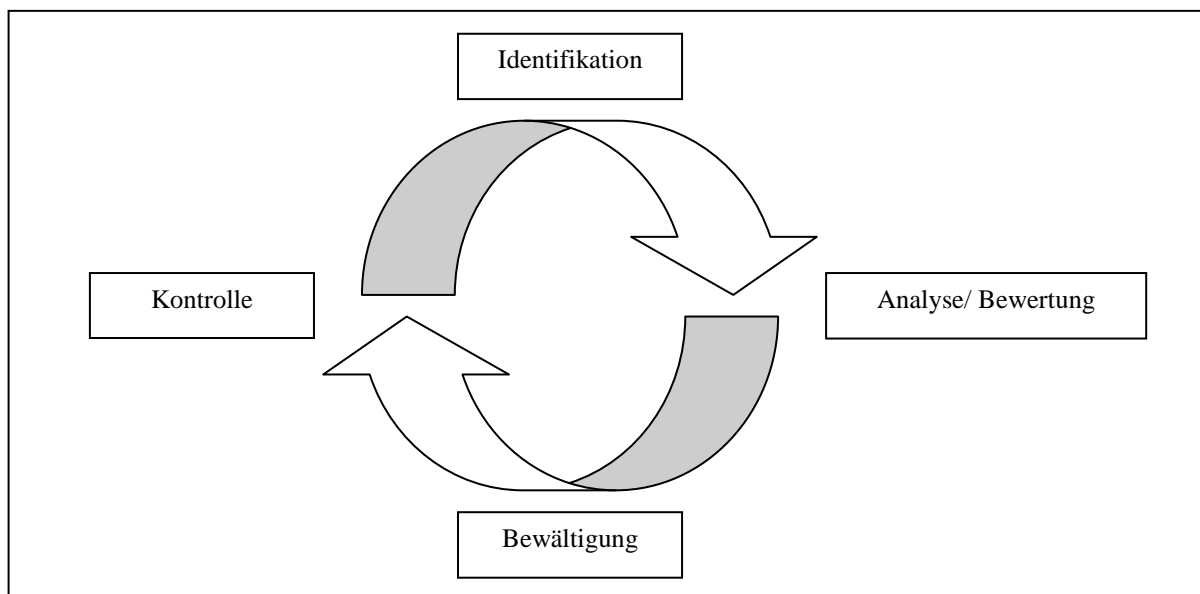


Abbildung 3: Regelkreis des Risikomanagementprozesses

Quelle: Eigene Darstellung nach LIEBWEIN, 2000, S. 15ff.; EICKSTÄDT, 2001, S. 54.

2.3.1.1 Identifikation von Risiken

Die Risikoidentifikation repräsentiert den ersten Teilprozess im Risikomanagement. Ziel ist es, anhand einer systematischen Vorgehensweise alle potenziellen Risiken einer Unternehmung zu identifizieren. Dabei ist aufgrund der Risikenvielfalt eine Priorisierung auf relevante Risiken anzustreben (HARDAKER et al., 2004, S. 16). Ausgehend von der eingangs beschriebenen Systematisierung erfolgt ergänzend die Identifikation der Risikoursachen. Voraussetzung hierzu ist die Reflexion aller Beziehungen einer Unternehmung zur Umwelt. Unter Umwelt werden die ökologische Umwelt, die technologische Sphäre, die ökonomische Sphäre sowie die soziale Sphäre einer Unternehmung subsumiert (HALLER, 1990, S. 232f.). Ziel der Identifikation von Risikofaktoren ist die Formulierung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen zwischen Risiken und Risikofaktoren. Die Risikofaktoren wiederum stehen in Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu Einflussfaktoren ersten und höheren Grades. Bei der Analyse der funktionalen Zusammenhänge sind einerseits die Interdependenzen zwischen einzelnen Faktoren von Belang. Andererseits ist aufgrund der oft mehrgliedrigen Wirkungsketten eine eindeutige Eingruppierung von Faktoren zu einzelnen Risiken nicht möglich (LIEBWEIN, 2000, S. 20f.; vgl. Abbildung 4). Des Weiteren ist bei der Analyse der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu reflektieren, dass eine gegenseitige Beeinflussung von Faktoren möglich ist und somit Regel- bzw. Rückkopplungskreise vorliegen (BERG und KUHLMANN, 1993, S. 29f.).

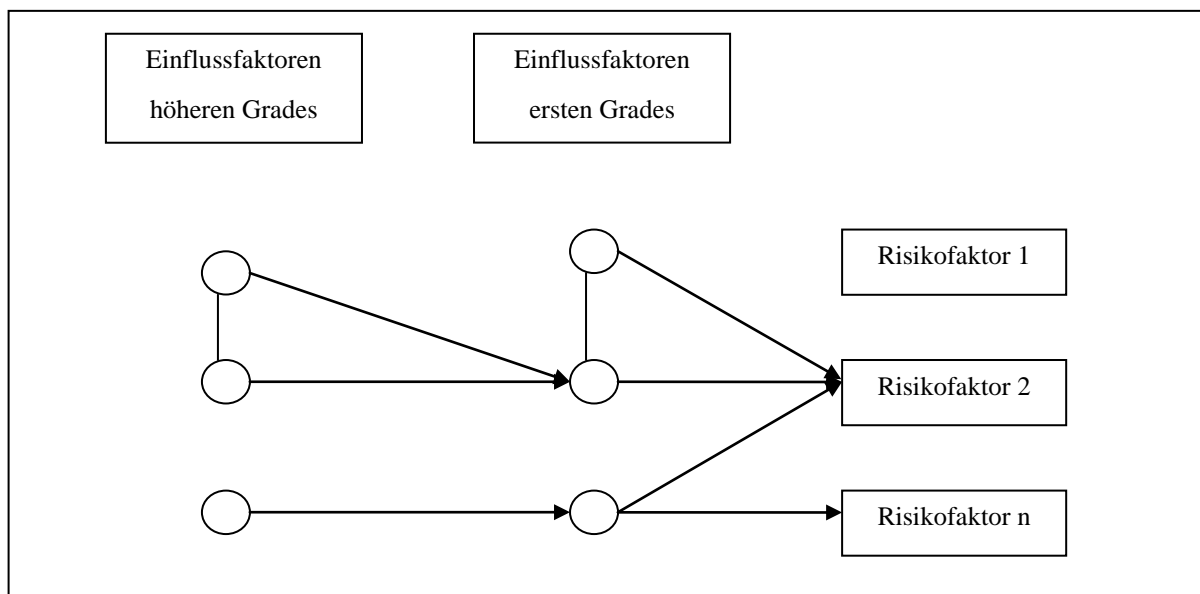


Abbildung 4: Risiko- und Einflussfaktoren

Quelle: LIEBWEIN, 2000, S. 21.

Eine potenzielle Ursache für unentdeckte bzw. nicht identifizierte Risiken liegt in der Risikowahrnehmung von Entscheidungsträgern (MÜLLER-REICHART und ROMEIKE, 2005, S. 74). Die Risikowahrnehmung als Heuristik umfasst die Registrierung von risikospezifischen Merkmalen auf Grundlage persönlicher Erfahrungen, die Einschätzung der Risikobedeutung und dessen Akzeptanz (GREIVING, 2002, S. 44). Dabei orientieren sich Personen oftmals an der kognitiven Auffälligkeit bestimmter Vorkommnisse. Aus diesem Grund steigt die Evaluierung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Risiken, wenn sich Personen mühelos an Ereignisse erinnern können (JUNGERMANN und SLOVIC, 1993, S. 82). Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird bei häufigen Ereignissen in der Regel unterschätzt, während sie bei seltenen Anlässen überschätzt wird. Die Risikowahrnehmung ist zudem abhängig vom Grad der Beeinflussbarkeit durch den Entscheidungsträger. Weiter determinieren die soziale, politische und kulturelle Umwelt die Perzeption von Risiken (ZWEIFEL und EISEN, 2003, S. 41). MÜLLER-REICHART und ROMEIKE (2005, S. 53) nennen dabei u.a.:

- Bildung des Beurteilenden
- Erfahrungshorizont in Bezug auf das Risiko
- Religion, Wertemuster

Dabei wird die Intensität des Einflusses der soziokulturellen, sozialen und individuellen Faktoren auf die Risikowahrnehmung kontrovers diskutiert (MEUWISSEN et al., 2000, S. 22; WBGU, 1999, S. 169ff.).

2.3.1.2 Analyse und Bewertung von Risiken

Aufbauend auf die Risikoidentifikation reihen sich als nächste Schritte des Risikomanagements die Analyse und Bewertung von Risiken an. Ziel der Risikoanalyse ist die Operationalisierung der identifizierten Risikofaktoren, um Aussagen zu deren Eintrittswahrscheinlichkeiten bzw. deren Auswirkungen treffen zu können. Für stochastische Inputgrößen ist das Bestimmen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen basierend auf statistischen Verfahren bzw. Expertenwissen obligatorisch (LIEBWEIN, 2000, S. 22).

Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen basieren auf objektiven oder subjektiven Wahrscheinlichkeiten. Objektive Wahrscheinlichkeiten enthalten logische Wahrscheinlichkeiten nach Laplace und aus historischen Daten abgeleitete statistische Wahrscheinlichkeiten (STARP, 2006, S. 33). ANDERSON et al. (1977, S. 17) unterstellen Entscheidungsträgern subjektive Elemente bei der Herleitung von objektiven Wahrscheinlichkeiten aus historischen Daten, da u.a. eventuelle Strukturbrüche in den Datenreihen negiert werden. Daher stellt die Nutzung objektiver Wahrscheinlichkeiten ein oft inadäquates Prozedere im Rahmen der Risikoanalyse dar. Alternativ bietet sich der Einsatz subjektiver Wahrscheinlichkeiten an. Diese können aus Angaben von Experten bzw. Entscheidungsträgern eruiert werden (STARP, 2006, S. 34). Dabei repräsentieren subjektive Wahrscheinlichkeiten ein Maß der Vermutung über prägnante Umweltzustände bzw. Konstellationen (HARDAKER et al., 2004, S. 39).

Im nachfolgenden Schritt der Risikobewertung sind die funktionalen Zusammenhänge zwischen Inputgrößen bzw. Risikofaktoren und den Zielgrößen von Tragweite. Intention der Evaluierung ist die Quantifizierung und die Beurteilung der Wirkungsweise von Faktoren auf die entsprechenden Zielgrößen (STARP, 2006, S. 33). Liegen keine Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu einzelnen Risikofaktoren vor, kann die Bewertung mit Hilfe von Szenarienrechnungen erfolgen, wobei heterogene, deterministische Ausprägungen der Faktoren eingesetzt werden (LIEBWEIN, 2000, S. 32). Im Idealfall können Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Risikofaktoren und deren Interdependenzen getroffen werden. Hierzu bietet sich anschließend zur Risikobewertung die Monte-Carlo-Simulation als bestgeeignete Methode an (STARP, 2006, S. 36).

2.3.1.3 Bewältigung von Risiken

Das Verwirklichen von Steuerungsmaßnahmen zur Lösung von Risikopositionen eines Unternehmens ist der relevanteste Teilprozess im Risikomanagement (LIEBWEIN, 2000, S. 36). Prinzipiell umfasst die Risikobewältigung den simultanen Einsatz multipler Instrumen-

te, wobei die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Instrumenten beachtet werden müssen (BERG, 2005, S. 56).

Die Systematisierungsansätze zu Steuerungsinstrumenten im Risikomanagement sind vielgestaltig. So differenzieren beispielsweise einige Autoren zwischen aktiven und passiven Maßnahmen der Risikobewältigung. Aktive Schritte dienen der tatsächlichen Reduzierung von Risiken durch Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeiten bzw. des Schadensausmaßes. Diese Maßnahmen werden synonym als ursachenbezogene Aktionen bezeichnet. Unter dem Begriff der passiven Mittel werden hingegen Instrumente zusammengefasst, die die finanziellen Effekte infolge eines Risikoeintritts schmälern. Dabei beeinflussen sie weder die Eintrittswahrscheinlichkeiten noch das Schadensausmaß. Synonym werden diese passiven Schritte als wirkungsbezogene Maßnahmen bezeichnet (MÜLLER-REICHART und ROMEIKE, 2005, S. 79). STARP (2006, S. 36) hingegen ordnet dem Begriff der ursachenbezogenen Instrumente nur solche Aktivitäten zu, die zu einer dezimierten Eintrittswahrscheinlichkeit führen. Dem gegenüber zielt der Einsatz wirkungsbezogener Mittel auf eine Begrenzung des Schadensausmaßes ab. Dieser Ansatz kann um informationsbezogene Instrumente komplettiert werden (LAMBY, 1993, S. 14). Informationsbezogene Instrumente erfüllen durch die Gewinnung ergänzender Informationen die Intention der verbesserten Taxierung subjektiver Wahrscheinlichkeitsverteilungen (HARDAKER et al., 2004, S. 271). In dieser Arbeit wird sich mit Perspektive auf die weitere Vorgehensweise der u.a. von CAFIERO et al. (2005, S. 4) gewählten Aufgliederung in unternehmensinterne Instrumente und dem Risikotransfer an Marktpartner angeschlossen.

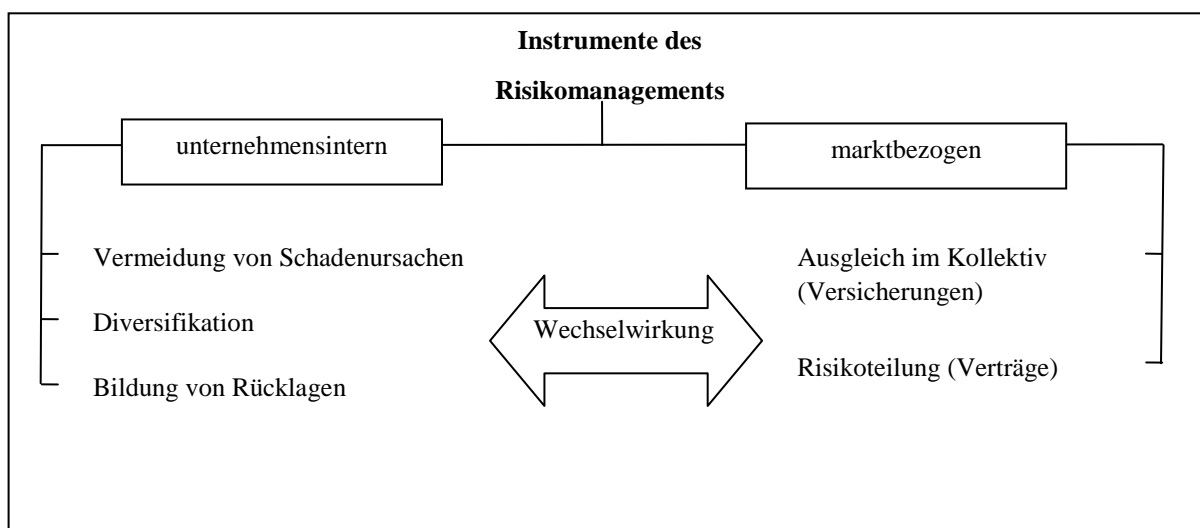


Abbildung 5: Systematik der Instrumente im Risikomanagement

Quelle: BERG, 2005, S. 3.

Die Risikovermeidung als extreme Form des Risikomanagements bedeutet die Eliminierung von risikobehafteten Tätigkeiten. Dies kann z.B. durch die Verlagerung von Produktionsstätten in weniger riskante Gebiete oder mit Hilfe der Transformation von Produktionsverfahren erreicht werden (CAFIERO et al., 2005, S. 6). Maßnahmen zur Risikoreduzierung zielen sowohl auf die Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeiten als auch auf die Reduktion des Schadenausmaßes ab, wobei die Risiken nicht erschöpfend ausgeschaltet werden können. Zum Instrumentarium der Risikominderung zählen personenbezogene, technische und organisatorische Schadenverhütungsaktivitäten (EICKSTÄDT, 2001, S. 55). Die Diversifikation beruht auf dem Reduzierungspotenzial des Gesamtrisikos durch die Kombination verschiedener unkorrelierter Aktivitäten (HARDAKER et al., 2004, S. 273). Dabei fällt die Risikoreduktion umso höher aus, je kleiner die Korrelation zwischen den Einzelrisiken geartet ist (STARP, 2006, S. 36). Neben der Diversifikation des Produktionsprogramms sind die regionale Diversifizierung (Verteilung der Produktion auf unterschiedliche Standorte), die Nutzung getrennter Gebäude und die personenbezogene Diversifikation erwähnenswert (EICKSTÄDT, 2001, S. 56). Die Selbsttragung von Schäden bewirkt einen Ausgleich in der Zeit, indem Rücklagen zur Deckung von Schäden eingesetzt werden (CAFIERO et al., 2005, S. 4ff.). Eine Aufstockung der hierzu obligatorischen Finanzmittel bietet sich durch die Fremdkapitalaufnahme an (MEUWISSEN et al., 2000, S. 2).

Risikotransfer bedeutet allgemein die Risikoüberwälzung auf einen Marktpartner, der über bessere Wege zur Risikobewältigung verfügt. Das klassische Instrument zum Risikotransfer stellen Versicherungen dar. Sie eignen sich vorzugsweise zum Transfer von Risiken mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit, einem hohen Schadenausmaß und geringer Korrelation zwischen den versicherten Risiken (CAFIERO et al., 2005, S. 6). Der Transfer auf Versicherungen bedeutet ökonomisch die Umwandlung von ex-ante unsicheren Kosten eines Risikos in fixe Prämienkosten (EICKSTÄDT, 2001, S. 60f.). In diesem Kontext sind die so genannten Instrumente des Alternativen Risikotransfers anzuführen, die bevorzugt dem Risikotransfer auf Kapitalmärkte dienen. Erreicht werden soll hierdurch –gegenüber der traditionellen Versicherungslösung– eine Ausweitung der Versicherbarkeit von Risiken und die Erhöhung der Deckungskapazitäten (HEROLD und PAETZMANN, 1999, S. 27f.). Des Weiteren können zwischen Marktpartnern durch Kontrakte mit Absprachen über Preise, Mengen oder Qualitätsanforderungen Risiken transferiert werden (STARP, 2006, S. 162). Außerdem bietet das Hedging an Terminmärkten durch Futures oder Optionen die Gelegenheit zum Risikotransfer. Allerdings postuliert dieses Instrument standardisierte Verträge (HARDAKER et al., 2004, S. 281f.).

Gemeinsames Merkmal aller Instrumente des Risikomanagements ist die Entstehung von Kosten. So entstehen z.B. Opportunitätskosten durch entgangene Spezialisierungsgewinne bei der Diversifizierung von Produktionsprogrammen. Die Bildung von Rücklagen im Rahmen der Selbsttragung von Schäden führt zu einem partiellen Zinsverzicht, wenn kurzfristig mobilisierbare Liquiditätsreserven vorgehalten werden (CAFIERO et al., 2005, S. 6). Beim Risikotransfer sind neben den bereits angeführten Versicherungsprämien Transaktionskosten bzw. niedrigere Vertragspreise zu nennen (HARDAKER et al., 2004, S. 280). Den Kosten und der damit einhergehenden Gewinnreduzierung steht die Risikominderung durch die Implementierung von risikopolitischen Maßnahmen gegenüber. Daraus folgt die grundsätzliche Problematik der Komparabilität dieser beiden Größen bei der Evaluierung von Instrumenten des Risikomanagements, die durch die Nutzenabwägung gelöst werden kann (HANF, 1986, S. 40). Neben den eingangs erwähnten Wechselwirkungen der Instrumente muss bei der Bewertung die Risikoeinstellung von Entscheidungsträgern Berücksichtigung finden. Allgemein wird Entscheidungsträgern risikoaverses Verhalten unterstellt (BERG, 2002, S. 111). Risikoaversion bekundet die Präferenzierung von Sicherheit gegenüber Risiko. Aus dieser Definition folgt, dass risikoaverse Entscheidungsträger über eine Zahlungsbereitschaft für die Risikoreduzierung verfügen (CHAMBERS und QUIGGIN, 2000, S. 87ff.). Basierend auf diesem Sachverhalt erfolgte die Entwicklung verschiedener Entscheidungskriterien für Risikosituationen. Als bedeutende Konzepte zur Risikobeurteilung nennt STARP (2006, S. 39):

- Erwartungsnutzenprinzip
- Stochastische Dominanz
- Risiko-Wert-Modelle

Die genannten Kriterien unterscheiden sich in ihren Ansprüchen zur Operationalisierung der Präferenzfunktion des Entscheidungsträgers. Mit fortschreitender Reduktion der Anforderungen ist ebenfalls eine nachlassende Trennschärfe zwischen den Handlungsalternativen verbunden (SCHNEEWEIß, 1967, S. 26).

2.3.1.4 Zielabweichungskontrolle

Nach der Auswahl und der Realisierung von Instrumenten zur Risikobewältigung folgt als letzte Phase des Risikomanagements die Zielabweichungskontrolle. Korrespondierend zur Sichtweise von Risikomanagement als Regelkreis gestaltet die Zielabweichungskontrolle zudem den Ausgangspunkt für die Neuaufnahme des Prozesses. Sie dient der Identifikation und Analyse der denkbaren Faktoren, die eine Abweichung zwischen Ist- und Sollzustand

einer Unternehmung ausgelöst haben (LIEBWEIN, 2000, S. 38). Ein wichtiger Schritt innerhalb der Zielabweichungskontrolle ist die Integration neu gewonnener Informationen. Dies bestärkt u.a. die verbesserte Einschätzung von subjektiven Wahrscheinlichkeitsverteilungen und die Anpassung der Instrumentenauswahl an sich wandelnde Umweltbedingungen (STARP, 2006, S. 37).

2.3.2 Krisenmanagement

Ursprünglich im politischen Bereich verwendet, ist sich der Begriff des Krisenmanagements heute in einer Vielzahl von Disziplinen anzutreffen (KRYSTEK, 1987, S. 89). Analog zum Krisenbegriff unterliegt auch der Terminus Krisenmanagement unterschiedlichen Definitionen. Dabei zeichnen sich enge Zusammenhänge zum Risikomanagement ab, wobei es oftmals zur Vermischung der beiden Begriffe kommt (ALLWÖRDEN, 2005, S. 55f.). Daher soll dieser Abschnitt neben der Begriffsbestimmung und Beschreibung des Krisenmanagements auch der Abgrenzung zum Risikomanagement dienen.

Im Allgemeinen umfasst Krisenmanagement Führungstätigkeiten zur Vorsorge und Bewältigung unplanmäßiger Ereignisse (ROSENTHAL et al., 2001, S. 15). Dazu ist die Anpassung von Systemen und Entscheidungsprozessen an die extremen Bedingungen einer Krise notwendig. Idealerweise gehen diesem Schritt übergreifende, strategische Planungen voraus (T HART und BOIN, 2001, S. 29). In den Wirtschaftswissenschaften etablieren Organe der Unternehmensführung als Träger des Krisenmanagements signifikante Untersuchungsgegenstände. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bezeichnet KRYSTEK (1987, S. 90) das Krisenmanagement als eine Form des Managements mit höchster Priorität, deren Aufgabe in der Vermeidung oder Bewältigung von Unternehmenskrisen besteht. Nach der in dieser Arbeit vorgenommenen Krisendefinition (vgl. Abschnitt 2.2.1), die die Vielzahl gleichzeitig betroffener Einheiten betont, erscheint eine Begrenzung der Institutionen des Krisenmanagements auf die Unternehmenssphäre als unzutreffend. GRABITZ (1984, S. 12) macht in diesem Zusammenhang auf die Managementrolle des Staates im Rahmen ökonomischer Krisen aufmerksam und erwähnt beispielsweise Anstrengungen eines EU-Mitgliedstaates zur Abwendung exorbitanter Marktstörungen.

Aus einzelwirtschaftlicher Perspektive können zudem verschiedene Konzepte zur Strukturierung des Krisenmanagements herangezogen werden. So kann zwischen aktivem und reaktivem Krisenmanagement differenziert werden. Das aktive Krisenmanagement beinhaltet alle Aktivitäten zum Umgang mit potenziellen und latenten Unternehmenskrisen in Form der Krisenvorsorge und -früherkennung. Zum reaktiven Krisenmanagement zählen einerseits

Maßnahmen zur Bewältigung bereits eingetretener Krisen. Andererseits dient es der Abmilderung der Krisenwirkungen, wenn diese als nicht mehr beherrschbar angesehen wird (KRYSTEK, 1987, S. 106.). BURTSCHER (1996, S. 70) ergänzt diesen Ansatz um das pro-reaktive Krisenmanagement, dessen Aufgabe in der Qualifizierung auf latent vorhandene, unabwendbare Krisen liegt. Ziele sind die Förderung und Beschleunigung der anstehenden Krisenbewältigung. So fungiert das pro-reaktive Krisenmanagement als Disziplin zwischen den aktiven und reaktiven Bereichen. Eine Einteilung des Krisenmanagements in fünf Phasen vollzieht TÖPFER (1999, S. 58).

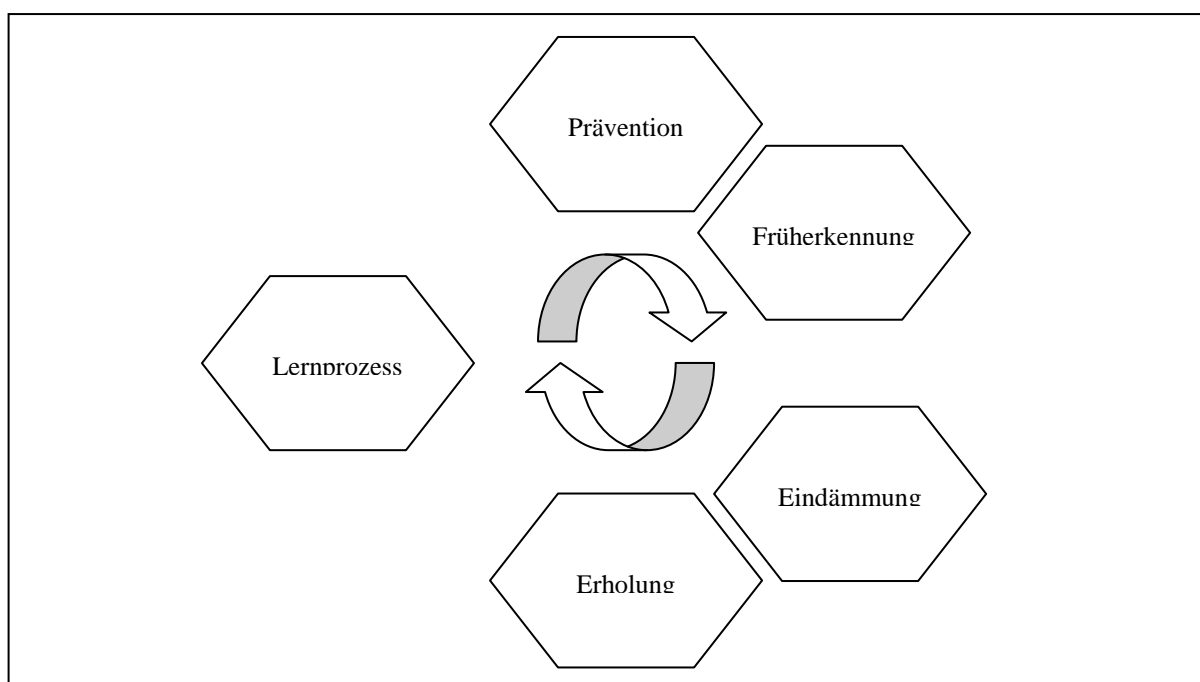


Abbildung 6: Phasenmodell des Krisenmanagements

Quelle: Eigene Darstellung nach TÖPFER, 1999, S. 59.

2.3.2.1 Phasen der Krisenvorsorge

Die Krisenprävention als erste Phase beruht auf der Sensibilisierung und dem Bewusstsein für Krisenpotenziale. Diese beiden Elemente begründen die Basis für das Reflektieren über potenzielle Krisensituationen. Szenariorechnungen dienen anschließend der Identifizierung von Gefährdungsbereichen, Ursachen von Krisen und der Bewertung von Einflussfaktoren. Darauf aufbauend erfolgt die Erstellung eines so genannten Krisenplans. Dieser beinhaltet, dass bei Kriseneintritt zu ergreifende Maßnahmenbündel und trägt somit zur Prävention bei (TÖPFER, 1999, S. 60ff.). Die Frühdiagnose bildet mit der Generierung von Kennzahlen bzw.

Indikatoren zu latenten Krisen ein informationsbasiertes System ab (KRYSTEK und MOLDENHAUER, 2007, S. 97ff.).

2.3.2.2 Phasen der Krisenbewältigung

Die dritte Phase im Krisenmanagement zielt auf eine Limitierung der Krisenwirkung ab. Dabei weisen Krisen unterschiedliche Abwendbarkeitsgrade auf. Als Maßnahmen zur Bewältigung abwendbarer Krisen sind einerseits Kooperationsstrategien zu nennen. Kooperationen mit anderen Unternehmen sollen eine Sanierungsbasis für das betroffene Unternehmens schaffen. Andererseits können Unternehmen auf finanzwirtschaftliche sowie leistungswirtschaftliche Maßnahmen zur Sanierung zurückgreifen. Finanzwirtschaftliche Maßnahmen haben u.a. die Auflösung von Rücklagen oder Aufnahme von Fremdkapital zum Inhalt. Leistungswirtschaftliche Instrumente stellen beispielsweise auf Umstellungen im Produktionsprogramm oder Umstrukturierungen hinsichtlich der Organisation ab. Unabwendbare Krisen erfordern Strategien zur Ausführung der Liquidation, z.B. in Form der Auflösung und Abwicklung von Unternehmen oder des Konkurses (KRYSTEK, 1987, S. 222ff.). CAFIERO et al. (2005, S. 5) betonen die öffentliche Solidarität im Falle von nicht abwendbaren Krisen, die für Einzelunternehmen oftmals die einzige Möglichkeit zur Fortführung ihres Geschäftsbetriebes bietet. Öffentliche Solidarität kann dabei unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Unter Einhaltung nationaler bzw. internationaler Regelungen schließen staatlich angeordnete Maßnahmen im Krisenfall u.a. folgende Aktivitäten ein (GRABITZ, 1984, S. 18):

- Strukturkartelle zur Preis- bzw. Mengenregulierung
- Ausbau des Außenschutzes
- Beihilfen an Unternehmen

Der Begrenzung der Krisenwirkung schließt sich unmittelbar die Phase zur Beseitigung der negativen Wirkungen und dem Wiederherstellen des Ausgangsniveaus an. Diese Phase des Neustarts folgt der wiederhergestellten Kontrolle über das Unternehmen mit der Zielsetzung, die Krise mittelfristig zu überwinden und die ursprüngliche Unternehmenssituation wiederherzustellen (TÖPFER, 1999, S. 76f.).

2.3.2.3 Lernprozess nach Krisen

TÖPFER (1999, S. 77) betont den Regelkreis im Prozess des Krisenmanagements. Der Perspektive einer „lernenden Organisation“ folgend, werden die in diesem Schritt gewonnenen

Informationen verarbeitet und fließen in alle vorangegangenen Phasen ein. Diese Rückkopplung dient der Verbesserung des gesamten Krisenmanagements und der Beseitigung dokumentierter Schwachstellen im Hinblick auf zukünftige potenzielle Krisen. Optimierungsansätze liegen dabei sowohl in der Analyse der Instrumentenselektion zur Vorsorge sowie Bewältigung als auch in der Untersuchung der personellen Kompetenzen im Rahmen des Krisenmanagements.

2.3.3 Abgrenzung zwischen Risiko- und Krisenmanagement

Die oben angeführte Vermischung von Risiko- und Krisenmanagement erfordert die Fixierung der beiden Begriffe (vgl. Abschnitt 2.3.2). Dazu existieren in der Literatur unterschiedliche Perspektiven. KRYSTEK (1987, S. 128) beurteilt das Risikomanagement als ein Instrument zur Absicherung gegen potenzielle Unternehmenskrisen. Risikomanagement ist seiner Meinung nach begrenzt auf den Umgang mit versicherbaren Risiken, die durch Fremd- oder Selbstversicherung getragen werden. Da Risikomanagement in dieser Arbeit eine weit erschöpfendere Interpretation erfährt, soll dieser Ansatz eines in das Krisenmanagement integrierten Risikomanagements nicht weiter verfolgt werden. TÖPFER (1999, S. 5) trennt beide Begriffe voneinander, wobei er aber Interdependenzen durchaus bejaht. Da Risikomanagement seiner Ansicht nach ausschließlich die Klassifizierung und Bewertung von Risiken einschließt und die Reduzierung von Risiken im Krisenmanagement angesiedelt ist, soll sich dieser Position nicht angeschlossen werden. Ausgehend vom Konnex zwischen Risiko und Krise bildet das Krisenmanagement damit eine Ausweitung oder einen Spezialfall des Risikomanagements ab (MAYER, 2002, S. 33). Krisen repräsentieren dabei extrem manifestierte Risiken. Eine ähnliche Ansicht von Krise vertreten CAFIERO et al. (2005, S. 5). Dabei steht die fehlende Kompetenz zur Beherrschung bzw. Abwendung von Krisen im Vordergrund. Die Intention des Krisenmanagements aus volkswirtschaftlicher bzw. gesellschaftlicher Perspektive verfolgt die Reduzierung der mit Krisen verbundenen Kosten. Dies ist einerseits durch die Fortentwicklung der Vorhersehbarkeit von Kriseneintritten möglich. Andererseits ist es Aufgabe des Krisenmanagements, das Ausmaß von Krisenfolgen zu dezimieren. Dies soll durch die Transformation von Krisenpotenzialen in tolerierbare Risiken geleistet werden. Dieser Positionierung wird sich in dieser Arbeit angeschlossen.

3 MKS als Risiko in der Landwirtschaft

Dieses Kapitel beschreibt die Maul- und Klauenseuche als Risiko in der Landwirtschaft. Einleitend hierzu wird das aus der MKS resultierende Risiko definiert. In der Folge werden die relevanten Faktoren vorgestellt, die das Eintreten und das Ausmaß der MKS prägen. Die Identifikation dieser Risikofaktoren generiert die Basis für die Risikoanalyse im Rahmen der Simulationsrechnungen. Den Abschluss dieses Kapitels bildet ein Aufriss über Zielabweichungen als Folge von MKS, wobei die Platzierung zweckmäßigerweise im Anschluss an die Erörterung der einzelnen Risikofaktoren erfolgt. Die MKS wird im Verlauf dieses Passus ausschließlich der Risikosphäre der landwirtschaftlichen Produktion zugeordnet. Die Bewältigung der Folgen als ein Kriterium zur Qualifizierung eines Risikos als Krise (vgl. Abschnitt 2.2.1) wird im nächsten Abschnitt untersucht.

3.1 Definition des Gewinnrisikos infolge MKS

3.1.1 Die direktkostenfreie Leistung

Die Definition des Risikos aus MKS setzt für die Taxierung der Risikowirkung die Auswahl einer Zielgröße voraus. LEIBER (1971, S. 52) verweist auf das breite Spektrum von Zielgrößen im Unternehmensbereich wie u.a. den Gewinn, den Umsatz oder die Liquidität, die einzeln oder kombiniert mit dem Risikobegriff in Verbindung stehen. Als Zielgröße dieser Arbeit wird die direktkostenfreie Leistung selektiert. Das Risiko aus MKS im Sinne dieser Arbeit spiegelt sich somit in einer Wahrscheinlichkeitsverteilung der direktkostenfreien Leistung infolge des Auftretens von MKS wider (vgl. Abschnitt 2.1.1). Dabei werden sowohl negative als auch positive Abweichungen in die Überlegung einbezogen, wobei der Fokus in der Betrachtung auf negativen Verfehlungen in Form von Schäden ausgerichtet ist. Die Einbindung von positiven Ergebnisabweichungen erfüllt die Anforderungen zur vollumfänglichen Abbildung der Zielverfehlungen.

3.1.2 Systematisierung der direktkostenfreien Leistung als Zielgröße

Ein Betriebszweig verkörpert ein Segment eines Betriebes, das auf die Herstellung eines Produktes oder einer Produktgruppe ausgerichtet ist. Die Summe aller Betriebszweige führt zum Produktionsprogramm (KUHLMANN, 2003, S. 151). Nachstehende Abbildung 7 illustriert den Berechnungsmodus zur direktkostenfreien Leistung.

Bezeichnung	Berechnung
Direktkostenfreie Leistung	Leistungen + innerbetriebliche Leistungsabgaben ± Bestandsveränderungen - Kostenblock „Direktkosten“

Abbildung 7: Vorgehensweise zur Ermittlung der direktkostenfreien Leistung

Quelle: Vereinfachte Darstellung nach FLOCK, 2000, S. 147.

Die Komponente „Direktkostenfreie Leistung“ subsumiert die Leistungen abzüglich aller Kosten, die einem Betriebszweig unmittelbar nach dem Verursachungsprinzip zugerechnet werden können. Die darüber hinausgehende Saldierung der Faktorkosten für Lohn, Pacht und Zins sowie der anteiligen Gemeinkosten liefert das kalkulatorische Betriebszweigergebnis (DLG, 2004, S. 24ff.).

In diesem Bezug ist die Präzisierung der Begriffe „Kosten“ und „Leistungen“ relevant. Die Positionen Kosten und Leistungen als Elemente der direktkostenfreien Leistung stellen die Aggregate differenter Untergrößen dar. KUHLMANN (2003, S. 306) beschreibt Kosten hierbei als die mit den jeweiligen Ankaufspreisen bewerteten Verbrauchsmengen von Produktionsfaktoren. Demgegenüber implizieren Leistungen „die bewerteten Ergebnisse von betrieblichen Produktionsprozessen“, wobei Verkaufspreise die Bewertungsbasis liefern. Das Auftreten von MKS verursacht Zielabweichungen dieser Größen und kann hierdurch zu Verfehlungen der direktkostenfreien Leistung führen. Die Wirkung der Risikofaktoren auf die Ausprägung der einzelnen Größen wird in Abschnitt 3.3 erläutert.

3.2 Risikofaktoren von MKS

Tierseuchen wie die MKS wirken in unterschiedlicher Weise auf die Tierhaltung ein. Grob systematisiert finden sich Konsequenzen für die Produktivität und die Sterblichkeit von Tieren sowie für die ergriffenen Politikmaßnahmen zur Seuchenkontrolle und -bekämpfung (SUMNER et al., 2006, S. 29). Hierauf basierend erfolgt die detaillierte Analyse dieser Risiko- und deren Einflussfaktoren unter Beachtung von Interdependenzen bzw. Regelkreisen (vgl. Abbildung 4).

Für die Analyse der Risikofaktoren ist die Verfügbarkeit der erforderlichen Daten von primärer Relevanz. So kann eine unzureichende Datengrundlage zu fehlerhaften Modellspezifikationen oder zu Fehlern bei der Parameterschätzung führen. Im Idealfall beruht die Risiko-

analyse auf historischen Datenreihen. Bedingt durch das seltene Auftreten von Tierseuchen stufen MEUWISSEN et al. (2000, S. 4) die Aussagekraft historischer Daten als limitiert ein. Diese Aussage trifft für die MKS in der EU in den letzten beiden Jahrzehnten zu (vgl. Tabelle 1). Zusätzlich schränkt die hohe Variabilität von natürlichen bzw. anthropogenen Einflussfaktoren die Nutzung historischer Daten ein (KEELING et al., 2001, S. 814). Exemplarisch gelten hierfür der Strukturwandel im Agrarbereich, die Reformen in der Seuchenpolitik und die Fortentwicklungen in der Tiermedizin. Perioden- und Ländervergleiche sind folglich nur bedingt möglich (ANDERSON, 2002, S. 25). Zudem erfolgt die Datengewinnung oftmals erst im Anschluss an die Seuchenentdeckung; ein Umstand, der aufgrund der damit verknüpften Verhaltensänderungen beteiligter Akteure zu Fehleinschätzungen von Parametern führen kann (STEGEMANN et al., 2002, S. 289).

Als alternative Methode zur Datenermittlung werden experimentelle Ansätze diskutiert, wobei das hohe Risiko der MKS Feldversuche ausschließt. Die Verwendung von Ergebnissen aus Laborversuchen ist nur reduziert möglich, da deren kleinräumliche Bedingungen die reale Umwelt nur rudimentär abbilden. Ferner verhindert der permanent praktizierte Methodenwechsel in Laborversuchen Vergleiche im Zeitablauf (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 19ff.).

3.2.1 Eigenschaften der MKS

Die Maul- und Klauenseuche ist eine hoch kontagiöse Viruskrankheit, deren Wirtsspektrum alle Klauentiere erfasst (TOMASSEN et al., 2002, S. 301). Insgesamt sind sieben unterschiedliche Serotypen des MKS-Virus bekannt: Typen O, A, C, die aus Südafrika stammenden Typen SAT 1-3 und der aus Asien stammende Typ ASIA 1. Jeder Serotyp setzt sich aus einer unterschiedlichen Anzahl an Virenstämmen zusammen (ANDERSON, 2002, S. 41f.).

Die MKS ist endemisch in Teilen von Afrika, Asien, dem Nahen Osten und in Teilen von Südafrika. Zudem tritt sie sporadisch auch in faktisch MKS-freien Gebieten wie der EU auf (OIE, 2008a, o.S.). Vorrangig in den hoch entwickelten Ländern Europas kann die MKS einen gravierenden und langfristigen Produktivitätseinfluss in der Tierhaltung ausüben (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 18). Tabelle 1 gibt einen Überblick über das Auftreten der MKS in Europa seit dem Jahr 1988.

Tabelle 1: Nachgewiesene MKS-Ausbrüche in der EU seit dem Jahr 1988

Land	Jahr	Anzahl der infizierten Betriebe
Vereinigtes Königreich	2007	8
Irland	2001	1
Frankreich	2001	2
Niederlande	2001	26
Vereinigtes Königreich	2001	2.030
Griechenland	2000	14
Griechenland	1996	39
Griechenland	1994	95
Italien	1993	57
Italien	1989	74
Deutschland	1988	4
Italien	1988	7

Quelle: ADNS, verschied. Jg., o.S.; OIE, 2008b, o.S.

Die MKS trat in Italien und Griechenland mit jeweils drei nachgewiesenen Ausbrüchen am häufigsten auf. Der größte Ausbruch seit 1988 beziffert durch die Zahl der infizierten Betriebe ist der Seuchenzug von 2001, der alleine im Vereinigten Königreich zu über 2.000 infizierten Betrieben führte. Zudem wurde das MKS-Virus im selben Jahr vom Vereinigten Königreich nach Nordirland, Frankreich und in die Niederlanden verschleppt. Deutlich zeigt sich in der dargestellten Stichprobe die Variabilität der MKS in der Anzahl infizierter Betriebe.

3.2.1.1 Ausprägung klinischer Symptome

Die Krankheitsfolgen der MKS werden beeinflusst durch die aufgenommene Infektionsdosis, durch den Immunitätsgrad des betroffenen Tieres, durch den auftretenden Virusstamm und durch die Tierart. Zudem zeigen sich abgestufte Krankheitsausprägungen zwischen Einzeltieren einer Tierart (DONALDSON, 2004, S. 93). Generell verursacht die MKS eine erhöhte Sterblichkeit sowie Rückgänge der tierischen Leistung. Die Minderung der tierischen Leistung bei allen Tierarten schätzt BROWN (2004, S. 2) auf bis zu 25 Prozent. Bei Rindern beträgt die Sterblichkeit infizierter adulter Tiere circa ein Prozent, während schätzungsweise bis zu 25 Prozent der Kälber infolge MKS verenden. Die Reduktion der Milchleistung beträgt bis zu 50 %. Weitere Folgen der MKS sind chronische Lahmheit oder die Ausbreitung von anderen, diversen Krankheiten wie z.B. Mastitis infolge der Schwächung von infizierten Tieren (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 19). Ursächlich für diesen Kräfteverfall von Rindern ist u.a. eine

Verweigerung der Futteraufnahme infolge Schmerzen im Maulbereich. Schweine sind bei einer Infektion durch Lahmheit, Fieber und Appetitlosigkeit gekennzeichnet. Bei tragenden Sauen kann MKS zu Aborten führen. Saugferkel können ohne äußerliche Krankheitsanzeichen plötzlich verenden (DONALDSON, 2004, S. 96ff.). Die Mortalität von Schweinen bzw. Ferkeln liegt bei circa sieben bzw. circa 50 %. Lämmer verzeichnen mit bis zu 90 % die höchste Sterblichkeit. Circa ein Prozent der erwachsenen Tiere verendet nach Infektion mit MKS (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 19). Typisch für infizierte Schaf- oder Ziegenherden sind aufkommende Lahmheit, Leistungsabfälle sowie der plötzliche Tod von Lämmern bzw. Kitzen (DONALDSON, 2004, S. 100).

Neben den genannten Einflüssen auf die tierische Leistung löst die MKS weitere Symptome bei infizierten Tieren aus, die u.a. das Erkennen von MKS beeinflussen (DONALDSON, 2004, S. 93). Die Inkubationszeit beträgt in der Regel zwei bis vierzehn Tage (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 20). DONALDSON (2004, S. 93) charakterisiert die Inkubationszeit von zwei bis acht Tagen als relativ kurz, akzentuiert aber auch die Symptomentwicklung nach längeren Zeiträumen. Die divergierenden Angaben sind eine Folge der Abhängigkeit der Inkubationszeit vom auftretenden Virusstamm, dem Infektionsweg und der aufgenommenen Virenmenge (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 20; DONALDSON, 2004, S. 93).

Bei Rindern stellt sich infolge der Infektion Fieber ein. In und um den Maulbereich, an Klauen und an Euter bilden sich Bläschen aus, wobei das Platzen von Bläschen Läsionen auf Zunge und an Klauen bewirkt. Weiteres Anzeichen ist eine übermäßige Speichelbildung. Falls Sekundärinfektionen ausbleiben, kann der Heilungsprozess der Läsionen innerhalb von fünf Tagen abgeschlossen sein (DONALDSON, 2004, S. 96). Rinder sind wegen ihrer hohen Empfänglichkeit und der deutlichen Manifestierung von Krankheitssymptomen relevant für die Seuchenentdeckung (ANDERSON, 2002, S. 49).

Die Regeneration von Schweinen verläuft analog. Es treten Bläschen an den Klauen und Gelenken auf, wobei die Verletzungsintensität primär durch Umwelteinflüsse begünstigt wird. So fördern harte Stallböden die Herausbildung von Läsionen (DONALDSON, 2004, S. 97). ANDERSON (2002, S. 20) weist in diesem Konnex auf die Verwechslungsgefahr zwischen MKS und Bläschenkrankheit hin.

Die Ausbildung von Symptomen bei Schafen und Ziegen –es treten Bläschen an Zehen und im Zwischenklauenspalt auf- ist vornehmlich durch den auftretenden Virusstamm und die Umweltbedingungen determiniert. So verursachen einige Virusstämme nur geringe Anzeichen an den Tieren, wobei Ziegen wiederum relativ geringfügigere Läsionen vorweisen. Dieses

Phänomen wird als mitverursachend für die Entfaltung des MKS-Seuchenzuges von 2001 im Vereinigten Königreich beurteilt (ANDERSON, 2002, S. 30).

3.2.1.2 Verbreitung der MKS

Das Risiko aus der MKS ist u.a. durch das rasche Expandieren in empfänglichen Populationen begründet (BROWN, 2004, S. 2). Zu den wichtigsten Einflussfaktoren der MKS-Ausdehnung zählen (KEELING et al., 2001, S. 813):

- Kontakte zwischen empfänglichen und infizierten Tieren
- Empfänglichkeit und Übertragung der MKS durch Tiere

Kontakte zwischen Tieren

Der Kontakt zwischen Tieren kann über eine Vielzahl unterschiedlicher Wege geschehen. Eine in der Literatur häufig anzutreffende Systematisierung dieser Kontaktwege ist die Differenzierung zwischen direkten und indirekten Kontakten über Intermediäre.

Direkte Kontakte bestehen einerseits zwischen Tieren eines Bestandes in Ställen oder auf Weiden. Andererseits ist ein direkter Kontakt zwischen Tieren unterschiedlicher Bestände auf angrenzenden Weiden, bei Tiertransporten oder Viehmärkten möglich. Zudem können infizierte Wildtiere das Virus zwischen isolierten Haustierbeständen transportieren. Die Virusübertragung realisiert sich beim direkten Tierkontakt über Nasenberührungen oder über Aerosole (THE ROYAL SOCIETY, 2004, S. 22).

Als indirekte Kontaktwege gelten die Verbreitung des MKS-Virus über kontaminierte tierische Produkte sowie über Vektoren wie Personen oder Fahrzeuge (KITCHING et al., 2006, S. 294). Der Besuch infizierter Betriebe kann Kontaminationen von Personen bzw. Fahrzeugen auslösen. Die Verbreitung erfolgt über anhaftendes infektiöses Material an den genannten Vektoren wie z.B. tierische Exkrememente. Bei Personen tritt zudem die Weitergabe des über die Atemwege aufgenommenen Virus als möglicher Infektionsweg auf (SANSON, 1994, S. 49f.). Personen- und Fahrzeugverkehr wird u.a. begründet durch Veterinäre, Besamungstechniker und Klauenpfleger sowie durch den Milchtransport oder Futterlieferungen (THE ROYAL SOCIETY, 2004, S. 24). Diese betrieblich bedingten Kontakte werden durch soziale Kontakte ergänzt (NIELEN et al., 1996, S. 143). Ein signifikanter indirekter Verbreitungsmechanismus ist die Expansion über Wind, die auch bei Entfernungen von mehreren hundert Kilometern realisierbar ist. Dieser Verbreitungsmechanismus setzt jedoch spezifische Wetterlagen voraus. So begünstigen konstant niedrige Windgeschwindigkeiten eine geringe

Durchmischung der Luftmassen und folglich höhere Viruskonzentrationen. Da diese Wetterbedingungen nur sporadisch eintreten und zudem an das simultane Auftreten bestimmter epidemiologischer Parameter gebunden sind, ist die Ausbreitung über Wind bei größeren Distanzen nur von peripherer Bedeutung (SÖRENSEN et al., 2000, S. 577). Hingegen wird die Expandierung über Aerosole als eine Hauptursache für die so genannte lokale Verbreitung diskutiert. Hierunter wird die Seuchenverschleppung in näherer Umgebung eines infizierten Betriebes verstanden, wobei die Mechanismen der lokalen Ausdehnung nur unzulänglich bekannt sind. Neben der Verbreitung über Aerosole stellen Kontaminationen in der Umgebung von infizierten Betrieben einen möglichen Auslöser dar. Diese Kontaminationen schaffen infektiöses Material auf Wegen sowie an gemeinsam genutzten Gebäuden (GIBBENS et al., 2001, S. 734). Auch Vögel gelten als Vektoren bei der lokalen Verbreitung, da das Virus im Gefieder oder im Verdauungstrakt verweilen kann (THE ROYAL SOCIETY, 2004, S. 25). Beim MKS-Ausbruch im Vereinigten Königreich im Jahr 2007 wurden als möglicher Ausdehnungsweg Fließgewässer in Erwägung gezogen (HSE, 2007, S. 31).

Die direkten und indirekten Kontakte zwischen Tieren aus unterschiedlichen Betrieben werden in der Literatur häufig als Netzwerke interpretiert, wobei die Betriebe Knoten in den Netzwerken verkörpern. Neben landwirtschaftlichen Betrieben sind auch Unternehmen außerhalb des der Landwirtschaft vor- und nachgelagerten Bereichs - wie beispielsweise Viehmärkte - Elemente dieser Netzwerke (SHIRLEY und RUSHTON, 2005, S. 1023). Die Kontaktstruktur zwischen tierhaltenden Betrieben ist gemeinhin durch eine große Heterogenität charakterisiert. So vollzieht oftmals ein kleines Segment der Betriebe den Großteil aller Kontakte (WOOLHOUSE et al., 2005, S. 350ff.). Eine relevante Kennzahl zur Beschreibung der Kontaktstruktur eines Betriebes ist die Kontaktrate definiert als Anzahl von Kontakten in einer Zeiteinheit. Für die Seuchenverbreitung sind zusätzlich die Anzahl unterschiedlicher Kontaktbetriebe eines infizierten Betriebes und die Distanz zwischen den verbundenen Betrieben von Belang. Abbildung 8 zeigt die essenziellen Determinanten des Kontaktnetzwerkes zwischen Betrieben in der landwirtschaftlichen Tierproduktion.

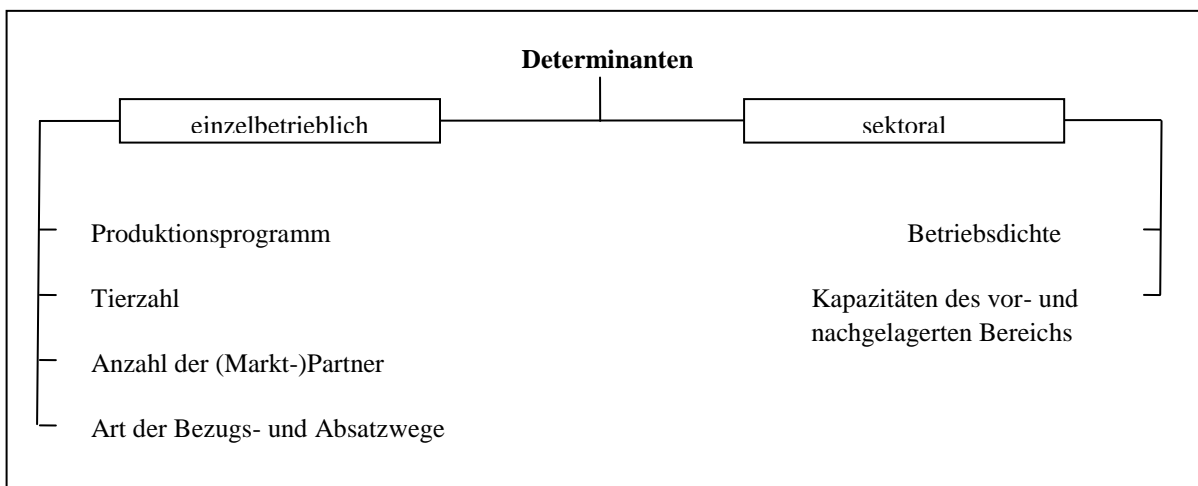


Abbildung 8: Determinanten des Kontaktnetzwerkes in der Tierproduktion

Quelle: Eigene Darstellung nach: GIBBENS et al., 2002, S 735ff.; GREEN et al., 2006, S. 2733; KOSTOVA., 2004, S. 10; TAYLOR, 2003, S. 24; THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 23ff. und S. 57.

Unterschiede in der Kontaktstruktur im zwischenbetrieblichen Vergleich ergeben sich durch heterogene Produktionsprogramme. So führt beispielsweise der genannte Milchtransport zu einem häufigen und regelmäßigen Kontakt bei Milchviehbetrieben (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 24). Rinder unterliegen gegenüber Schafen einer intensiveren Kontrolle durch die Halter, was folglich einen vermehrten Personenkontakt verursacht (GIBBENS et al., 2001, S. 740). Eine Stichprobe über 400 Betriebe der belgischen Schweineproduktion weist für Ferkelerzeuger durchschnittlich höhere Kontaktraten als in Mastbetrieben auf (RIBBENS et al., 2008, S. 1). Die Relativität der Kontaktstruktur vom Tiervolumen ist strittig. BATES et al. (2001, S. 1121ff.) testieren für kalifornische Betrieben eine zunehmendes Kontaktvolumen bei wachsenden Herdengrößen. In der oben aufgeführten Stichprobe besteht eine Korrelation zwischen Tierzahl und Fahrzeugkontakten von 0,7. Der Personenkontakt ist hingegen nur schwach korreliert mit der Herdengröße, was u.a. auf einzelbetriebliche Vorsorgemaßnahmen zurückzuführen ist (RIBBENS et al., 2008, S. 11). Die Analyse von Betrieben der niederländischen Schweineproduktion zeigt nur schwach ausgeprägte lineare Zusammenhänge zwischen Herdengröße und Kontaktzahl (NIELEN et al., 1996, S. 143). KARSTEN (2004, S. 46) verweist auf uneinheitliche Aussagen zur Interdependenz zwischen Betriebsgröße bzw. Betriebstyp und Kontaktrate in der Schweineproduktion und sieht diese Größen für deutsche Betriebe als autark an. Der Vergleich von Studien zum Kontaktverhalten ist somit nur eingeschränkt möglich, da Populationen, Regionen und Zeitpunkte der Untersuchung große Divergenzen aufweisen (RIBBENS et al., 2008, S. 11). Problematisch ist außerdem die oft undifferenzierte Evaluierung der Kontaktarten. So ist bei Besamungstechnikern ceteris paribus eine steigende

Kontaktzahl mit zunehmender Tierzahl anzunehmen, während sich die Kontaktrate mit dem Milchsammelwagen hingegen unabhängig von der Größe des Milchviehbestandes entwickelt.

Die Struktur des Kontaktnetzwerkes und somit auch das Verbreitungsausmaß werden beeinflusst durch die Anzahl der Marktpartner eines Betriebes sowie durch die Eigenheiten der Bezugs- und Absatzwege. Dies illustriert das Beispiel des Tierhandels. Der Tierabsatz über Viehmärkte kann zur Segmentierung von infizierten Handelspartien auf mehrere Absatzbetriebe führen. Bei Viehmärkten besteht aufgrund der räumlichen Nähe zudem die Möglichkeit der Übertragung durch direkten Kontakt und folglich der weiteren Verschleppung der MKS. Daher kommt Viehmärkten ein Multiplikatoreffekt bei der Seuchenverbreitung zu (GIBBENS et al., 2001, S. 735ff.). Konträr vollzieht sich der Direktabsatz von Tieren zur Mast wie z.B. in der Schweineproduktion. Hier geschieht der Absatz durch Ferkelerzeuger unmittelbar an Schweinemastbetriebe, was in der Regel auf langfristigen Lieferbeziehungen beruht (LLM, 2007, S. 171). Relevant für das Ausmaß eines Seuchenausbruches ist zudem, dass der Tierhandel mit Hilfe von Viehmärkten meist über größere Entfernungen erfolgt (ROBINSON und CHRISTLEY, 2007, S. 28). Daher spielen Viehmärkte eine wesentliche Rolle bei der MKS-Verschleppung in geografisch getrennte Regionen. Das Kontaktvolumen wird gesteigert durch den Zukauf von Produkten bzw. Dienstleistungen. Hierzu werden neben den aufgeführten Kontakten mit Veterinären und Besamungstechnikern u.a. Verbindungen mit Futtermittellieferanten, Klauenpflegern sowie mit Beratungsdiensten zugeordnet. Zudem sind Elemente des Kontaktnetzwerkes hergeleitet aus der kooperativen Maschinennutzung oder der Beschäftigung gemeinsamer Arbeitskräfte (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 24). Der erwähnte Zukauf von Produktionsfaktoren ist eine Folge der fortschreitenden Spezialisierung in der Tierproduktion und dadurch veranlasster Arbeitsteilung zwischen Betrieben. Exemplarisch hierfür kann die niederländische Schweineproduktion angeführt werden, die üblicherweise Züchtung, Vermehrung und Mast auf getrennten Betrieben verrichtet (MANGEN et al., 2003, S. 811). In der Rinderproduktion ist der Tierhandel zwischen landwirtschaftlichen Betrieben in der Regel die Folge von Kapazitätsengpässen auf Zuchtbetrieben (ROBINSON und CHRISTLEY, 2007, S. 22).

Arbeitsteilung und Spezialisierung entwickeln sich nicht nur auf betrieblichem Niveau, sondern sind auch im regionalen Vergleich lokalisierbar. So ist beispielsweise die deutsche Schweineproduktion durch regionspezifische Ferkeldefizite bzw. -überhänge charakterisiert. Deutschland benötigt zudem einen Import von über vier Mio. Ferkeln p.a., der durch Einfuhren aus Nachbarländern gedeckt wird (HONOLD, 2007, S. 41). Damit ist der Tierhandel- auch

durch die oft großen Distanzen- von enormer Tragweite für die Seuchenverbreitung (GIBBENS et al., 2001, S. 740).

Einflussfaktoren auf die Kontaktstruktur in der Tierproduktion zeigen sich auch in- der landwirtschaftlichen Produktion- vor- und nachgelagerten Sektoren. Die Intensität der Effekte wird hierbei maßgeblich durch die Kapazitäten und Marktanteile der Betriebe vor- und nachgelagerter Bereiche geprägt. BRENNAN et al. (2008, S. 249) zeigen Ursachen für die starke Fragmentierung des Netzwerkes von rinderhaltenden Betrieben und Transportunternehmen in England. Die Transporteure sind relativ zahlreich und bedienen jeweils nur eine kleine Gruppe von Betrieben. Konträr hierzu ist die veterinärmedizinische Versorgung organisiert, indem jeweils ein Veterinär eine große Betriebsanzahl betreut. Auch im vor- und nachgelagerten Sektor ist ein Strukturwandel zu konstatieren. So reduzierte Großbritannien beispielsweise die Schlachthöfe von 2.200 auf 360 Betriebe im Zeitraum von 1967 bis 2001 (ANDERSON, 2001, S. 26).

Für das Ausmaß der MKS-Verbreitung ist ebenfalls die Dichte tierhaltender Betriebe in der betroffenen Region bedeutsam. So begünstigt eine hohe Betriebsdichte die Ausbreitung über Wind bzw. über den Mechanismus der lokalen Verbreitung. Eine hohe Dichte an Weidetieren wiederum fördert den Kontakt zwischen den Herden und damit die Seuchenverbreitung (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 24 und S. 57).

Empfänglichkeit und Übertragung

Das Ausmaß der MKS-Übertragung wird erheblich durch die Kontaktart beeinflusst. Als Wege mit den höchsten Übertragungsraten gelten direkte Tierkontakte (BATES et al., 2001, S. 200f.). Bei der Infizierung durch indirekten Kontakt ist die räumliche Nähe der Intermediären zu Tieren ausschlaggebend. Veterinäre und Besamungstechniker stellen aufgrund des direkten Kontakts zu Tieren besonders risikoreiche Vektoren dar (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 24). DAWSON (1970, S. 543f.) verweist auf die gewöhnlich kurze Distanz zwischen Milchtank und Milchkühen, die die Fahrer der Milchsammelwagen in die Nähe zu den Tieren führt. Zudem erfordert der Milchtransport üblicherweise das Befahren der Hofflächen in Stallnähe.

Daneben sind für die MKS-Expansion die Ausscheide- und Aufnahmeart des Virus von Relevanz. Die Virusausscheidung ist geprägt durch den Virusstamm, die Tierart und das Krankheitsstadium. Dabei können Viren bereits vor der Entwicklung klinischer Symptome ausgeschieden werden (SÖRENSEN, 2003, S. 5; BROWN, 2004, S. 2). Tiere sekretieren das Virus in Tröpfchenform über den Atem (SÖRENSEN, 2003, S. 5). Des Weiteren weisen Bläschengewebe, Speichel, Milch, Urin und andere Sekrete das Virus auf (BROWN, 2004,

S. 2). Laut DONALDSON (1987, S. 327) entspricht die über den Atem abgesonderte Virenmenge eines Schweins vergleichsweise der Menge von 3.000 infizierten Rindern. Für den Virustyp C Noville werden bei Schweinen im Vergleich zu Rindern bis zu 1.000-fach höhere Konzentrationen quantifiziert (vgl. Abbildung 9). Die maximalen Virusausscheidungen haben ihren Ursprung in Bläschenflüssigkeiten, Speichel und Milch (THE ROYAL SOCIETY, 2004, S. 20).

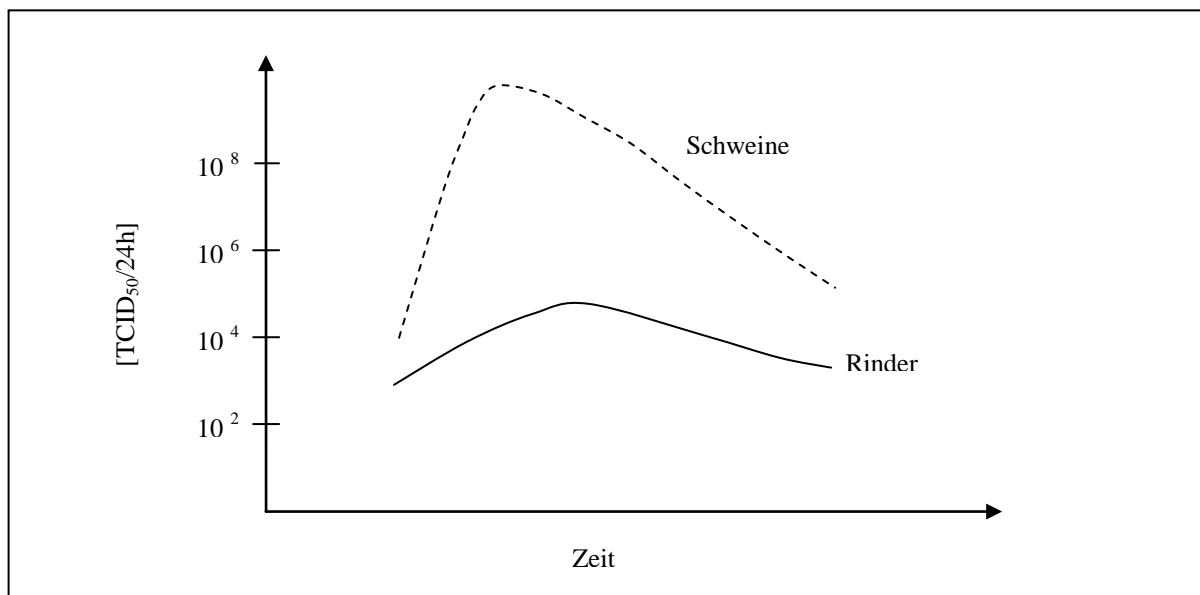


Abbildung 9: Konzentrationen der Virusausscheidung von Rindern und Schweinen.

Quelle: Vereinfacht nach SÖRENSEN, 2003, S. 5.

Das MKS-Virus zeichnet sich aus durch eine extreme Überlebensfähigkeit bei hoher Luftfeuchtigkeit und niedrigen Temperaturen. Sonnenlicht und Ultraviolettstrahlung mindern diese Eigenschaft des Virus nur geringfügig (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 20). PHARO (2002, S. 48) deutet auf die schnelle Inaktivierung des MKS-Virus in einem sauren Milieu oder bei Temperaturen oberhalb 50°C hin, wobei aber keine der genannten Umweltbedingungen die gänzliche Inaktivierung des MKS-Virus sicherstellt.

Die Virusaufnahme vollzieht sich über die Inhalation oder den Kontakt mit den Schleimhäuten, vorzugsweise im Maul und in der Nase (ANDERSON, 2002, S. 40). Rinder zeigen bei der Aufnahme über Atemluft eine hohe Sensibilität gegenüber geringen Virenkonzentrationen, während Schweine erst bei 20-fach höheren Konzentrationen infiziert werden (SÖRENSEN et al., 2000, S. 579). Kontaminiertes Futter begründet für Schweine eine zusätzliche Infektionsquelle (THE ROYAL SOCIETY, 2004, S. 20).

3.2.1.3 Einschleppung der MKS

Die Einschleppung kann prinzipiell über die oben genannten Verbreitungswege vonstattengehen. Bei der Evaluierung der Verbreitungswege als Einschleppungspfade ist es zwingend, die großen Entfernungen zu Ländern, in denen MKS endemisch ist (vgl. Abschnitt 3.2.1), zu berücksichtigen. Zu den relevanten Wegen der Einschleppung zählt PHARO (2002, S. 46):

- Import von lebenden Tieren
- Einfuhr von Fleisch- und Milchprodukten

Durch die steigende Nachfrage nach tierischen Erzeugnissen und die damit verbundene Expansion des weltweiten Tier- und Fleischhandels wird die MKS-Einschleppung begünstigt. Zusätzlich als risikofördernd kann das Volumen bzw. das Wachstum des Personenluftverkehrs eingeschätzt werden (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 43), denn hierdurch vervielfacht sich u.a. die Transportgelegenheit von tierischen Produkten im Gepäck- ob unwissentlich oder unter Missachtung der geltenden Regeln (PHARO, 2001, S. 50; FORBES et al., 1994, S. 85). Die Einschleppung des MKS-Virus in Tierbestände geschieht durch die Verfütterung kontaminierter Produkte im Anschluss an den Import. Dieser Einschleppungsweg wird als Auslöser des MKS-Ausbruches 2001 im Vereinigten Königreich angesehen (ANDERSON, 2002, S. 45). Weitere Wege zur Einschleppung stellen der Import von kontaminiertem genetischem Material wie z.B. Tiersamen oder Embryonen sowie die Einfuhr von Wolle dar. In Betracht gezogen wird auch eine Einschleppung über Wind, die beispielsweise zur Verschleppung der MKS aus der Bretagne auf die Isle of Wight führte (PHARO, 2001, S. 50ff.). Ein MKS-Ausbruch erfordert nicht zwingend den Kontakt mit Ländern, in denen die MKS endemisch auftritt, denn die Verschleppung ist durchaus auch über Laboratorien vorstellbar. Beispielsweise wird als Quelle des MKS-Ausbruches im Vereinigten Königreich in 2007 ein MKS-Referenzlabor angesehen (HSE, 2007, S. 19). In den Niederlanden führte im Jahr 1958 die Entweichung von MKS-Viren aus einem Impfstofflaboratorium zu einem Seuchenausbruch (BARTELING, 2004, S. 313). Daneben werden aufgrund des hohen Schadenpotenzials der MKS potenzielle terroristische Anschläge als Auslöser für Seuchenausbrüche in Erwägung gezogen (PHARO, 2001, S. 53).

3.2.2 Politikmaßnahmen zur Kontrolle und Bekämpfung der MKS

Die geschilderten Resultate der MKS für die tierische Leistung verdeutlichen die Notwendigkeit zur Kontrolle und Bekämpfung mit der Intention, die Anzahl infizierter Tiere zu minimieren. Im Rahmen der Schaffung des Gemeinsamen Binnenmarktes erfolgte bis 1993

eine Harmonisierung der Rechtsvorschriften zur Tierseuchenbekämpfung in den EU-Mitgliedstaaten (MANSITO CABALLERO, 1995, S. 30). Dieser Rechtsrahmen ist vor dem Hintergrund sich permanent ändernder Rahmenbedingungen einer fortlaufenden Revision und damit auch notwendigen Adaptionen zu unterziehen. Des Weiteren führt die Seuchenpolitik durch ihre Instrumente zu Marktabschottungen sowie zur Realisierung von Wettbewerbsvorteilen gegenüber Drittländern. Maßnahmen der Seuchenpolitik protegieren somit auch die Handelspolitik (ZWINGERMANN, 1995, S. 41).

Prinzipiell bieten sich zur Kontrolle und Bekämpfung von Tierseuchen zwei unterschiedliche Ansätze an (MATTHEWS et al., 2003, S. 1.659):

- Reduktion der Übertragung des Virus von infizierten Tieren zu empfänglichen Tieren durch Isolation
- Minderung der Anzahl empfänglicher Tiere durch Impfung

Der aktuelle Gesetzesrahmen der EU-Tierseuchenpolitik präferiert Maßnahmen aus der erstgenannten Strategie. Ferner ist zwischen Maßnahmen zur Vermeidung des Ausbruchs der MKS und zur Reduzierung ihres Ausmaßes zu differenzieren. FEITER (1995, S. 20) spricht in diesem Zusammenhang von der Seuchenprävention und der Bekämpfung von Seuchenausbrüchen.

3.2.2.1 Politikmaßnahmen zur Seuchenprävention

Alle Mitgliedstaaten der EU besitzen zum 01.08.2008 den Status „MKS-frei ohne Impfung“ (OIE, 2008a, o.S.). Dieser Status ist das Maximum des Bewertungsrahmens durch das Internationale Tierseuchenamt (OIE) und erlaubt den Export von Tieren bzw. deren Fleisch in alle Länder. Kriterien zur Statuierung dieses Status sind u.a., dass in den vergangenen zwölf Monaten kein Seuchenausbruch in dem entsprechenden Staat festgestellt sowie auf Impfungen in demselben Zeitraum verzichtet wurde (ANDERSON, 2002, S. 122f.).

Zur Seuchenprävention unterliegt die Einfuhr von Rindern, Schweinen, Schafen sowie Ziegen bzw. deren Fleisch aus Drittländern einem harmonisierten Regelwerk. Die Auswahl von Drittländern erfolgt nach diversen Attributen betreffend den Gesundheitsstatus, die Ausgestaltung seuchenrechtlicher Statuierungen und die Organisation der veterinärmedizinischen Dienste. Für den Import von Tieren verfügt die EU, dass das Ursprungsland MKS-frei ist und auf die Impfung von Tieren verzichtet. Zudem sehen die Regelungen die Kontrolle des Gesundheitszustandes und der Herkunft von Tieren beim Import aus Drittländern vor (ABL. EG, 1972, S. 3ff.).

Die Routineimpfung von MKS-empfindlichen Tieren wird in der Literatur sowohl der Seuchenprävention als auch der Seuchenbekämpfung zugeordnet. Ergo soll die Routineimpfung zusammen mit der Notimpfung im folgenden Abschnitt diskutiert werden. Eine hypothetische Erklärung für die heterogene Einordnung liegt darin, dass die Reduzierung der empfänglichen Population zur Ausrottung einer Seuche führen kann. Exemplarisch für den Einsatz der Routineimpfung zur Seuchenbekämpfung gilt das Ausmerzen der Pockenkrankheit bei Menschen (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 87).

3.2.2.2 Politikmaßnahmen zur Seuchenbekämpfung

Die Implementierung von Bekämpfungsmaßnahmen setzt die Identifizierung der MKS bzw. den Verdacht auf MKS voraus. Die bedeutendste Form der Kommunikation ist die Meldung von Verdachtsfällen durch Tierhalter oder Veterinäre. Das Aufspüren durch diese Personen ist beeinflusst durch die Ausprägung von Symptomen (vgl. Abschnitt 3.2.1.1) sowie durch das Bewusstsein für die Seuche generell (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 78). Zeitverzögernd bis zur Verdachtsmeldung können hierbei sowohl die mangelnde Erfahrung mit MKS von Tierhaltern und Veterinären als auch die fehlenden oder wenig attraktiv gestalteten Anreizinstrumente zur zeitnahen Verkündung von Verdachtsfällen wirken (ANDERSON, 2002, S. 56; vgl. Abschnitt 4.1.4).

Die gemeinschaftlichen Mindestanforderungen zur Bekämpfung von MKS-Ausbrüchen dokumentiert die Richtlinie 2003/ 85/ EG des Rates. Die im September 2003 in Kraft getretene Richtlinie 2003/ 85/ EG des Rates ersetzt die bis zu diesem Zeitpunkt geltende Richtlinie 85/ 511/ EWG. Die aktuelle Rechtsvorschrift stellt eine Reaktion auf den MKS-Ausbruch und dessen Bekämpfung im Vereinten Königreich im Jahr 2001 dar. Demnach wird der Notimpfung eine höhere Priorität in der Seuchenbekämpfung beigemessen und die implementierten Handelsbeschränkungen analog dem Regionalisierungsgrundsatz auf die vom Ausbruch betroffene Region begrenzt (BYRNE, 2003, o.S.).

Nachfolgend werden die relevanten Politikmaßnahmen zur Seuchenbekämpfung erläutert. Diese segmentieren sich in:

- Keulung von Tieren
- Impfungen
- Sperrung von Betrieben

Keulung von Tieren

Die Keulung von Beständen impliziert die Tötung der Tiere sowie die anschließende Kadaverbeseitigung. Die Keulung infizierter Bestände bezweckt durch das Ausmerzen der Virusträger primär eine schnelle Wiederherstellung gesunder Populationen. Ergänzend zu den infizierten Beständen kann der Einschluss weiterer Tiere in die Keulungsmaßnahmen verfügt werden. Die Ausdehnung der Kriterien geschieht dabei in Abhängigkeit zum Seuchenverlauf. Im Vereinigten Königreich wurden im Jahr 2001 über die Mindestanforderungen hinaus folgende Kategorien erfasst (ANDERSON, 2002, S. 76 und S. 97):

- Empfängliche Tiere in der Nachbarschaft infizierter Bestände
- Als risikobehaftet eingestufte Kontaktbetriebe
- Betriebe mit Verdacht auf MKS
- Tiere aus Gründen des Wohlergehens

Die Keulung von Nachbarbeständen geschieht zur effektiven Protektion vor einer fortdauernden Seuchenausbreitung. Im Vereinigten Königreich etablierten sich im Jahr 2001 circa 80 % aller Folgeinfektionen in weniger als drei km Radius um infizierte Betriebe. Bedingt durch eine fragmentarische Datenbasis und das breite Spektrum an Übertragungsmechanismen war es aber oftmals unmöglich, im Einzelfall den exakten Verbreitungsweg zu eruieren (GIBBENS et al., 2001, S. 741).

Die Keulung von Tieren auf Verdachtsbetrieben wurde aufgrund von Zeitverzögerungen bei Tests auf MKS-Infektion im späteren Verlauf des Seuchenzuges praktiziert. Der Zeitbedarf bis zur Vorlage der Testergebnisse belief sich zum Zeitpunkt des Seuchenzuges auf bis zu vier Tage, was im Hinblick auf eine eventuelle Infektion für zu risikoreich erachtet wurde. Die Validität von Schnelltests galt als gering und legitimierte hierdurch den Verzicht auf diese Alternative zur Keulung (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 95).

Das Verbot von Tiertransporten kann in Abhängigkeit der betrieblichen Rahmenbedingungen das Wohlergehen der Tiere deutlich mindern. Diese Konsequenz ist durch die zunehmende Tierdichte verursacht, die sich durch die Gewichtszunahme von Masttieren bzw. die Geburten im Sperrungszeitraum erklärt. Zur Vermeidung einer Überbelegung wird auch in solchen Fällen auf die Keulung zurückgegriffen (MANGEN und BURRELL, 2003, S. 127).

Impfung von empfänglichen Tieren

Impfungen gelten als prädestiniertes Instrument zur Abwehr zahlreicher Infektionskrankheiten im Human- und Veterinärbereich. Dabei wird die Entwicklung von Antikörpern angeregt, die Viren den Eintritt in Körperzellen verwehren (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 87ff.). Impfmotive werden systematisiert in die Präventiv- oder Routineimpfungen und Notimpfungen beim Auftreten einer Epidemie (ANDERSON, 2002, S. 120). BROWN (2004, S. 5) verweist auf den prägnanten Rückgang von MKS-Ausbrüchen seit Einführung der Routineimpfung in Frankreich, Deutschland und den Niederlanden zur Mitte des letzten Jahrhunderts. Mit Vollendung des Gemeinsamen Binnenmarktes vollzog sich eine Harmonisierung der Seuchenpolitiken in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten. Seit 1992 praktiziert die EU eine Nicht-Impfpolitik und verbietet die Routineimpfung von empfänglichen Tieren gegen MKS. Als Argumente hierfür werden die höheren Kosten der Routineimpfung im Vergleich zur Keulung sowie die dadurch ausgelösten Handelsrestriktionen angeführt (MANSITO CABALLERO, 1995, S. 30). Die Evaluierung der Konsequenzen des Seuchenausbruches im Vereinigten Königreich protegiert die fortwährende, strittige Diskussion über den Impfverzicht in der EU. Denn einerseits unterliegen Impfstoffe und –methoden stetigen Fortentwicklungen (BROWN, 2004, S. 13). Andererseits treffen der massive Keulungseinsatz sowie die anschließende Kadaververnichtung verstärkt auf Ablehnung in der Gesellschaft (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2002, S. 43). Erste Anzeichen signalisieren, dass die Notimpfung als primäre Maßnahme im Seuchenfall in den Fokus der Diskussion gerückt ist (vgl. Abschnitt 3.2.2), während die Wiedereinführung der Routineimpfung weiterhin nicht in Erwägung gezogen wird. Als zentrale Argumente gegen eine Routineimpfung gelten:

- Abbau der Immunisierung in der Zeit
- Selektive Immunisierung durch Impfstoffe

Im Idealfall führen Impfungen zur lebenslangen Immunität des geimpften Individuums. Die aktuell eingesetzten Impfstoffe garantieren indes im Regelfall nur Schutz für eine Einjahresperiode, was Wiederholungen der Impfmaßnahmen unverzichtbar macht. Dies gilt auch für Rinder, deren Immunität nach erfolgter Impfung länger als bei anderen Tierarten im MKS-Wirtsspektrum aktiv bleibt (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 92). So belegen REMOND et al. (2002, S. 83ff.) sechs Jahre nach der letzten Impfung von Rindern hohe Antikörperkonzentrationen. Durch den Zutritt nicht geimpfter Tiere zu Populationen sowie den Verlust der mütterlichen Immunität von Jungtieren entsteht ein zusätzlicher Bedarf für zyklische Impfungen (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 92f). Eine weitere Erschwernis im Kontext routinemäßig

vorgenommener Impfungen bedingt die Vielfalt heterogener Subtypen der MKS (vgl. Abschnitt 3.2.1). Geimpfte Tiere sind ausschließlich gegenüber dem verwendeten Virustyp immun (BARTELING, 2004, S. 305). Vor dem Hintergrund globaler Handelsströme und des ggfs. dadurch verursachten Imports unterschiedlichster Subtypen ist es aussichtslos, die erschöpfende Immunisierung in Tierbeständen zu erreichen (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2002, S. 40). Darüber hinaus entwickeln sich fortlaufend Mutationen des MKS-Virus, ein Aspekt, der die permanente Kontrolle und die zeitnahe Entwicklung neuer, adäquater Impfstoffe unverzichtbar macht (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 91).

Notimpfungen im Seuchenfall zielen darauf ab, die weiträumige Expansion der MKS in empfänglichen Populationen abzuwehren. Bei unzureichenden Ressourcen zur Ausführung andersartiger Bekämpfungsmaßnahmen wie z.B. die Keulung kann die Notimpfung alternativ eingesetzt und hierdurch Zeit gewonnen werden (DOEL et al., 1994, S. 593). Durch den zeitlich limitierten Einsatz entfällt die ansonsten unverzichtbare Revitalisierung der Schutzwirkung. Die schnelle Identifikation des auftretenden Virustyps schafft dabei die Voraussetzung für die Immunisierung notgeimpfter Tiere. Diskussionen mit dem Ergebnis der partiellen Ablehnung von Notimpfungen gründen sich im Wesentlichen auf drei Kernpunkte (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 97):

- Wirksamkeit der Notimpfung
- Auftreten von „carrier“-Tieren
- Diskriminierung zwischen geimpften und infizierten Tieren

Der Einsatz hochwirksamer Impfstoffe in Verbindung mit der Notimpfung bewirkt eine schnelle Immunisierung, die die Entfaltung von Symptomen und das Ausscheiden von Viren blockiert. Dabei werden ausschließlich aus inaktivierten Viren hergestellte Impfstoffe eingesetzt. Die Immunität ist bei Rindern, Schweinen und Schafen nach einem Zeitraum drei bis fünf Tagen nach Impfung ausgebildet (BARNETT und CARABIN, 2002, S. 1513). Die arrivierte Durchführung dieser Impfform beansprucht die ausreichende und schnelle Impfstoffversorgung. Nur hierdurch wird die Protektion großer Populationen gesichert (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 101).

Der „carrier“-Status beschreibt pauschal die Existenz von Individuen, die die Streuung einer Krankheit provozieren, ohne dabei selbst klinische Symptome auszubilden. In der Humanmedizin verfügen z.B. HIV-Träger über den „carrier“-Status (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 97). Auch bei der MKS bilden sich unter Wiederkäuern „carrier“-Tiere aus, die überdies MKS-Viren mit hoher Persistenz heranbilden. Dies gilt sowohl für genesene Tiere nach der Infekti-

on als auch für immunisierte Tiere, die im Anschluss an die Impfung dem Virus ausgesetzt sind. Allerdings wird das Infektionsrisiko ausgelöst durch „carrier“-Tiere als marginal eingestuft (ALEXANDERSEN et al., 2002, S. 1099ff.). BARTELING (2004, S. 327) schätzt das Risiko einer Seuchenausbreitung durch geimpfte Tiere als unerheblich ein und verweist in diesem Zusammenhang auf Länder, die Impfungen ausschließlich bei Rindern vornahmen und in denen keine Ausstrahlung zu anderen empfänglichen Tierarten konstatiert wurde. Hingegen gilt die Persistenz der MKS in geimpften, infizierten Tieren, bei denen die Ausprägung von Symptomen unterblieb, als eine Ursache für die weit reichenden Folgen des MKS-Ausbruches in Taiwan im Jahr 1997 (GRAMIG et al., 2006, S. 45).

Geimpfte und infizierte Tiere verfügen über Antikörper gegen das MKS-Virus. Für den Tierhandel ist es daher essenziell, zwischen infizierten und geimpften Tieren differenzieren zu können (ANDERSON, 2002, S. 123). Diese Aufgabe kann durch den Einsatz geeigneter Labortests mit dem Ergebnis eines differenzierten Antikörpertestates erfüllt werden. Geimpfte, nicht infizierte Tiere bilden durch die Verwendung eines entsprechend ausgereiften Impfstoffes keine Antikörper gegen so genannte Nichtstrukturproteine aus. Diese Antikörper zeigen eine vorausgegangene Infektion an und sind somit der Unterscheidung zwischen infizierten und geimpften Tieren förderlich (BARTELING, 2004, S. 306). Erschwerend in dem erläuterten prozeduralen Differenzierungsvorhaben wirkt, dass in Einzelfällen infizierte Tiere keine Antikörper gegen Nichtstrukturproteine in sich tragen und auch keine klinischen Symptome entfalten. Solche Tiere werden demzufolge in Testverfahren als geimpfte Tiere registriert. Dieses Ergebnis wird aber als unkritisch interpretiert (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2002, S. 44). Das OIE folgt dieser Evaluierung, indem Länder den Status „MKS-frei“ schon nach Ablauf von sechs Monaten im Anschluss an die praktizierte Notimpfung zurückerhalten (ANDERSON, 2002, S. 122).

Sperrung von Betrieben

Nach der Keulung unterliegen die Betriebe einem temporären Wiederaufstellungsverbot von mindestens 21 Tagen (ABL. EG, 2003, S. 2ff.). Die Annullierung der außerdem noch geltenden Restriktionen ist an die wirkungsvolle Reinigung und Desinfektion der Betriebe gebunden (ANDERSON, 2002, S. 115). Betrieben, die in Kontakt zu infizierten Tieren standen, ist nur ein eingeschränkter Tier- und Milchhandel gestattet. Zudem ist für diese Betriebe der Personen- und Fahrzeugverkehr mit Auflagen versehen. Um infizierte Betriebe werden zur Reduktion der Seuchenverbreitung so genannte Schutz bzw. Kontrollzonen von mindestens drei bzw. zehn Kilometer Radius errichtet. Innerhalb dieser Zonen wirken temporäre Bewe-

gungsverbote sowie Einschränkungen in der künstlichen Besamung von Tieren (ABL. EG, 2003, S. 2ff.). Auch bei Notimpfungen ist die Installation von Sperrzonen möglich, womit der Gefahr einer eventuellen Seuchenverbreitung durch „carrier“-Tiere Rechnung wird (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 98).

Die Sperrung von Betrieben reduziert die Wahrscheinlichkeit direkter Tierkontakte sowie die Gelegenheit zu indirektem Kontakt ausgelöst über den Fahrzeug- und Personenverkehr. Daneben existiert allerdings noch die lokale Verbreitungsmöglichkeit, zu deren unverzüglichem Konstatieren serologische Untersuchungen in den Sperrzonen realisiert werden (ANDERSON, 2002, S. 155).

3.3 Systematik der Zielabweichungen durch MKS

Die genannten Risikofaktoren wirken multipel auf die Zielgröße der direktkostenfreien Leistung. Daher ist es zwingend, die Zielabweichungen nach ihrer Wirkungsrichtung sowie nach den tangierten Teilkomponenten der direktkostenfreien Leistung differenziert zu analysieren.

Dabei umfasst die nachfolgend praktizierte Systematisierung ausschließlich jene Schaden- und Nutzentypen, die isoliert in der landwirtschaftlichen Tierproduktion durch realisierte Bekämpfungsmaßnahmen wirksam werden. Die Diskussion der ökonomischen Konsequenzen vernachlässigt dabei u.a. potenzielle Transferzahlungen des öffentlichen Sektors oder Leistungen aus Solidareinrichtungen, die das Schadenvolumen tangierter Betriebe reduzieren können.

Schäden, die sich aus einer Minderung der tierischen Leistung infolge einer MKS-Infektion manifestieren, wurden bereits in Abschnitt 3.2.1.1 diskutiert. Im Falle der lückenlosen Identifizierung aller infizierten Tiere sowie der zeitnahen Implementierung von Bekämpfungsmaßnahmen kann das hieraus resultierende Schadenausmaß vernachlässigt werden und erfährt daher keine weitere Erörterung. Ferner sind Effekte durch installierte Einfuhrkontrollen zu konstatieren. Hierzu zählen die durch Kontrollmaßnahmen ausgelösten Kosten, denen eine Nutzenmehrung durch eine Senkung des Risikos aus Importen gegenübersteht (OLSON und ROY, 2008, S. 1). Diese Effekte werden in dieser Arbeit jedoch nicht weiter analysiert.

Infolge von MKS entfalten sich auch in anderen Sektoren signifikante Zielabweichungen, die an dieser Stelle aber nur der Vollständigkeit halber aufgeführt werden. THOMPSON et al. (2002, S. 675) führen in diesem Kontext die Ernährungs- und die Tourismusindustrie an.

Konsequenzen in der Ernährungswirtschaft entwickeln sich hierbei durch die enge Verketzung mit der Landwirtschaft. Die Tourismusbetriebe sind hingegen unmittelbar durch die Sperrmaßnahmen negativ tangiert. Wie bereits artikuliert, kann durch die partielle Schadenübernahme und die Einleitung von Organisationsobliegenheiten der öffentliche Sektor von MKS betroffen sein. Ebenfalls sind Schäden und Nutzen in der Konsumentensphäre diagnostizierbar.

3.3.1 Schäden

Der wertgrößte Teil der Schäden wird durch die im Seuchenfall ergriffenen Bekämpfungsmaßnahmen ausgelöst. Die nachstehende Abbildung zeigt die Systematik dieser Schadenkategorie.

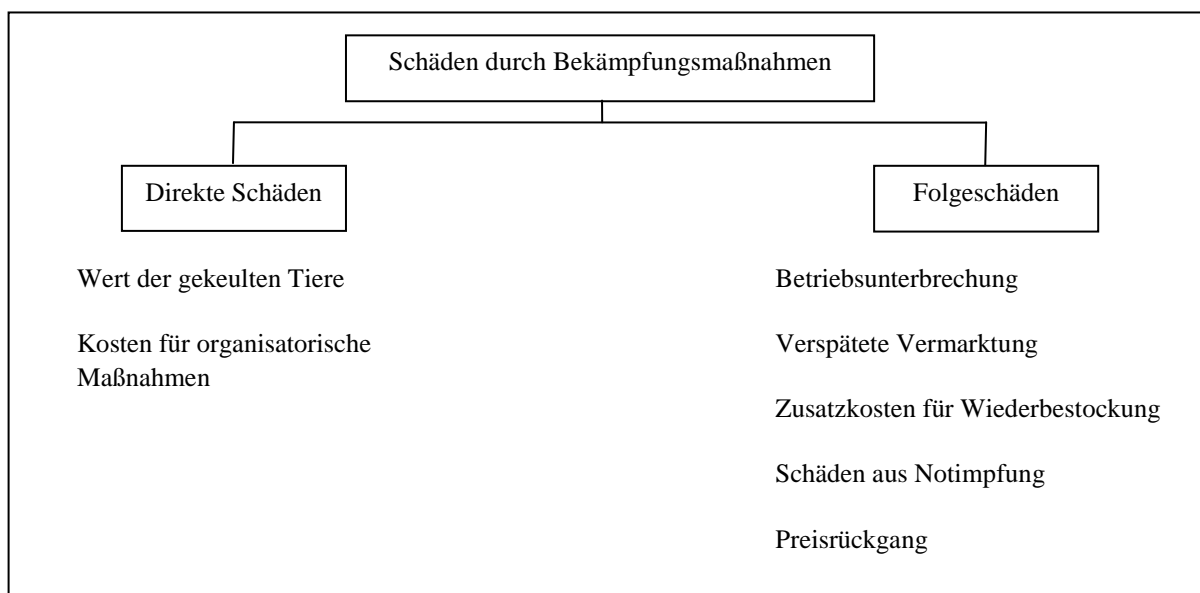


Abbildung 10: Systematik der Schäden durch Bekämpfungsmaßnahmen

Quelle: Eigene Abbildung nach: ASSELDONK et al., 2006, S. 116.

Die im Seuchenfall ergriffenen Maßnahmen führen in der Tierhaltung zu einer Reihe unterschiedlicher Schadentypen, wobei grob segmentiert zwischen den direkten Schäden und den damit korrespondierenden Folgeschäden differenziert wird.

Erstgenannter Schadentyp enthält den Marktwert der gekeulten Tiere zum Keulungszeitpunkt. Zusätzlich zur Keulung fallen durch die obligatorische Reinigung und Desinfektion Kosten auf gekeulten infizierten Betrieben an (MEUWISSEN et al., 2000, S. 3).

Betriebsunterbrechungsschäden entstehen primär in dem Zeitraum zwischen der Betriebssper- rung nach Keulung und der Wiederaufnahme der Produktion durch den Erlösausfall. Konträr hierzu verläuft die partielle Reduktion der produktionsabhängigen Kosten. Durch die tempo- räre Vermarktungsaussetzung und der dadurch bedingten Ausdehnung der Mastphase über das Optimum hinaus bilden sich aufgrund der minderwertigen Schlachtkörperzusammenset- zung Qualitätsverluste aus. Diese lösen in der Vermarktung Preisabschläge aus (NIEMI und PIETOLA, 2004, S. 6). Die Einstellung der Milchlogistik erzeugt Schäden in Höhe des ausblei- benden Erlöses aus dem Milchverkauf. Oftmals sind Betriebssperrungen auch ursächlich für steigende Futterkosten. Zusatzkosten können sich gleichermaßen durch die verlängerte Lagerung von Gülle oder Mist einstellen (ASSELDONK et al., 2006, S. 116).

Bei der Wiederaufstockung von gekeulten Betrieben bilden sich neben den Kosten des Tierzukaufes unter Umständen zusätzliche Kosten für die Tiergesundheit heraus. Denn die Wiederaufstockung erfordert in der Regel den Zukauf aus unterschiedlichen Herkunftsbetrie- ben und stellt somit spezielle Ansprüche an die Vermeidung von Krankheitsrisiken. Notimpfungen können dann zu Schadenbelastungen führen, wenn in der Folge für notgeimpf- te Tiere die Keulung oder die Verwertung außerhalb der Wertschöpfungskette auferlegt wird (ebenda).

Das Auftreten von Tierseuchen induziert oftmals Veränderungen auf Seiten der Nachfrager und Anbieter. So ist mit Seuchenausbrüchen wiederholt eine Nachfrageminderung verbunden (TURVEY, 2006, S. 95). Modifikationen der Angebotsmenge sind determiniert durch die Extension des Seuchenausbruches sowie dem Grad der Selbstversorgung. So können aufer- legte Exportrestriktionen einen Anstieg des inländischen Angebots anfachen und somit ceteris paribus preisreduzierend wirken. Langfristig kann dieser Prozess zu Marktanteilsverlusten führen und auch nach Ende der Vermarktungsrestriktionen ein im Vergleich zur Ausgangssi- tuation niedrigeres Preisniveau stabilisieren (ASSELDONK et al., 2006, S. 116).

3.3.2 Nutzen

Den genannten Schadenausprägungen stehen partiell Wohlfahrtsgewinne bei Produzenten außerhalb der Restriktionsgebiete gegenüber. Bekanntlich erfolgt in Abhängigkeit des Seu- chenausmaßes eine Angebotsreduzierung –gesperrte Betriebe können den Markt nicht bedienen- die ceteris paribus preissteigernd wirkt und damit zu Gewinnen bei Produzenten außerhalb der Restriktionsgebiete führt. Parallel ist für diese Konstellation eine langfristig wirkende Marktanteilssteigerung zu Lasten der gesperrten Betrieb vorstellbar (MANGEN und BURRELL, 2003, S. 144).

4 Darstellung von Instrumenten zur Bewältigung des Risikos aus Tierseuchen und deren Bewertung auf Anreizkompatibilität

Der Diskurs von Risikofaktoren und Schadentypen wirft zwangsweise die Fragestellung auf, welche Optionen existieren, um im Zuge der Prophylaxe den Eintritt und das Ausmaß von Schäden zu beeinflussen bzw. nach Schadeneintritt die Finanzierung der Aufwendungen sicherzustellen.

Der Ist-Zustand in der EU ist charakterisiert durch die Segmentierung auf drei unterschiedliche Ebenen bestehend aus EU, den Mitgliedstaaten und den Tierhaltern. Die Evaluierung der ebenenspezifisch praktizierten Maßnahmen löst augenfällig Kritik an deren Anreizwirkung aus. Durchgängig sichtbar ist die Instrumentalisierung bzw. Institutionalisierung von Fehlankreizen, wodurch risikokonformes Verhalten nicht gefördert sondern in Teilbereichen geradezu konterkariert wird. Das menschliche Agieren ist aber von erheblicher Relevanz für den potenziellen Seuchenverlauf. Infolgedessen werden auf EU-Ebene Vorhaben diskutiert, die eine Reorganisation der Instrumentenauswahl beabsichtigen mit der Zielsetzung eine eindeutige Präferenz für risikokonformes Verhalten zu installieren. Diese Pläne sind ein Teil der angestrebten Reform des Risiko- bzw. Krisenmanagements in der Landwirtschaft insgesamt.

Nachfolgend werden Instrumente zur Seuchenthematik vorgestellt und in ihrer Wirkungsweise bewertet, zu denen bereits Erfahrung von einzelnen Mitgliedstaaten oder Drittländern bestehen. Komplettiert werden diese Ausführungen durch theoretische Reflexionen zum Einsatz neuer Instrumente.

4.1 Darstellung der Ist-Situation in der EU

EU-weit operieren unterschiedliche Instanzen in der Bewältigung bzw. Abwehr der aus Tierseuchen resultierenden Konsequenzen, weshalb sich als Analyseweg eine Mehr-Ebenen-Betrachtung anbietet.

4.1.1 Staatliche Maßnahmen

Nationalstaatlich organisierte Aktionen unter Beteiligung der EU segmentieren sich in Maßnahmen zur Vorsorge und Bekämpfung (vgl. Abschnitt 3.2.2) sowie in die Bereitstellung finanzieller Ressourcen zur Kompensation direkter Schäden bzw. der Folgeschäden.

4.1.1.1 Durchführung der Seuchenbekämpfung/ Strukturpolitik

Die Ausführung der gemeinschaftlichen Maßnahmen zur Seuchenprävention und –bekämpfung (vgl. Abschnitt 3.2.2) obliegt den EU-Mitgliedstaaten. Zu den präventiv wirkenden Aktivitäten zählen die Einfuhrkontrollen von Tieren oder tierischen Erzeugnissen sowie nationale Direktiven zur Verwendung riskanter Futtermittel (EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2005, S. 3). Zudem reglementieren die Mitgliedstaaten spezielle Praktiken zur sicheren Behandlung von Viren bzw. Impfstoffen in adäquat ausgestatteten Laboratorien.

Zur Sicherstellung der effizienten Bekämpfung von Seuchenausbrüchen sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, der EU-Kommission entsprechende Notfallpläne vorzulegen und bei Bedarf Adaptionen hierzu einzuleiten. Nachstehende Abbildung illustriert die Anforderungen an diesbezügliche Notfallpläne der Mitgliedstaaten.

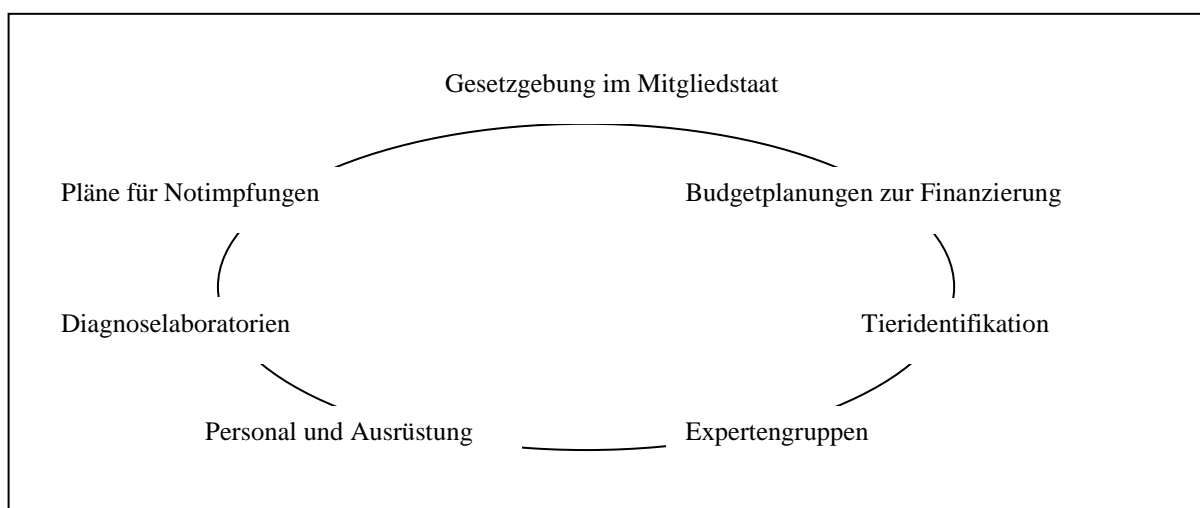


Abbildung 11: Anforderungen an Notfallplan zur Seuchenbekämpfung

Quelle: Eigene Darstellung nach: NAO, 2002; S. 28; EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2005, S. 3.

Neben der Formulierung der Notfallpläne ist das Organisieren von Notfallübungen essenziell für die rasche Seuchenbekämpfung (NAO, 2002, S. 28). Im Sinne des Lernprozesses aus Krisensituationen ist ggfs. eine Revision der Notfallpläne erforderlich um, beispielsweise die Optimierung der Ressourcenausstattung einzuleiten. Die Verfügbarkeit einer ausreichend dimensionierten Infrastruktur ist von erheblicher Relevanz, da sie die Intensität des Seuchenausbruches prägen kann. Im Vereinigten Königreich führte die jahrzehntelang praktizierte Reduzierung der Stellen im Amtsveterinärwesen zu einem Personalengpass während des

Seuchenausbruches. Dies bewirkte unzulängliche Kontrollen und verzögerte Meldungen von Verdachtsbetrieben (ANDERSON, 2002, S. 160 und S. 174). Unzureichende Kapazitäten zur Keulung und Kadaverbeseitigung sowie verspätete Labordiagnosen verursachten Verzögerungen bei der Seuchenbekämpfung und förderten die weitere Expansion. Zudem bewirkten oftmals verspätete oder ungenügende Reinigung von Betrieben die Verlängerung von Sperrzeiten (ANDERSON, 2002, S. 110ff.). Als erschwerend erwiesen sich in diesem Zusammenhang zusätzlich die mangelnde Registrierung von Schafen und die lediglich rudimentäre Dokumentation von Tierbewegungen vor und während des Seuchenzuges (EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2005, S. 15ff.).

Zudem kann durch die Gestaltung der Tierhaltungsstruktur das Seuchenausmaß begrenzt werden. So ist beispielsweise als Folge der verbindlichen Kontrollmaßnahmen c.p. ein Schadenanstieg mit zunehmender Viehdichte in einer Region zu erwarten (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 66f.).

4.1.1.2 Kompensationszahlungen bei Keulung

Zur effizienten und widerstandsfreien Abwicklung der EU-weit harmonisierten Kontrollstrategie bindet sich die EU durch ein finanzielles Engagement ein. Im Falle der MKS bestreitet die EU in der Regel einen Anteil von bis zu 60 % der nachfolgend skizzierten Ausgaben eines Mitgliedstaates (ABL. EG, 1990, S. 2 und S. 9). Konkret sind im Wesentlichen folgende Ausgaben beihilfefähig (ABL. EU, 2005; S. 1ff.):

- Kompensationszahlungen an Tierhalter nach realisierter obligatorischer Keulung. Es gelten Höchstwerte pro Tierart und Einzeltier. Der obligatorischen Keulung werden Tötungsmaßnahmen bei Infektion, nach Notimpfung oder präventiv motivierte Keulung nach Kontakt, Lage in Nachbarschaft zu infizierten Betrieben oder bei Verdacht zugeordnet.
- Ausgaben für die Vernichtung von Milch, Futtermitteln oder sonstigen Geräten
- Operativen Kosten für Personal, Transport und Gerätschaften zur Abwicklung der Keulung sowie für die Reinigung und Desinfektion von Betrieben.
- Kosten für Personal und Ausrüstung infolge der Realisierung von Impfaktionen sowie der Impfstoffkosten, falls die EU Impfstoffe nicht in ausreichender Menge bereitstellen kann.

Die Finanzierung dieser Aufgaben vollzieht sich im Rahmen des „Dringlichkeitsfonds für den Veterinärbereich“, der eine allgemeine Linie im Haushaltsplan abbildet (EUROPÄISCHER

RECHNUNGSHOF, 2000, S. 14). Diese Vorgehensweise bezieht somit keine MKS-risikospezifischen Merkmale des jeweiligen Mitgliedstaates bei der Beitragsfestsetzung ein. Aufgrund der technischen Modulierung dieser Finanzierungsbasis sind Fondseigenschaften nicht erkennbar (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 19).

Zur kompletten- bzw. teilweisen Kompensation der verbleibenden Kosten nach Abzug der EU-Erstattungen setzen die einzelnen EU-Staaten national arrangierte Lösungen ein. Sie schließen neben der proportionalen sowie der nicht-proportionalen Beteiligung auch die vollständige Kompensation ein (vgl. Abbildung 12).

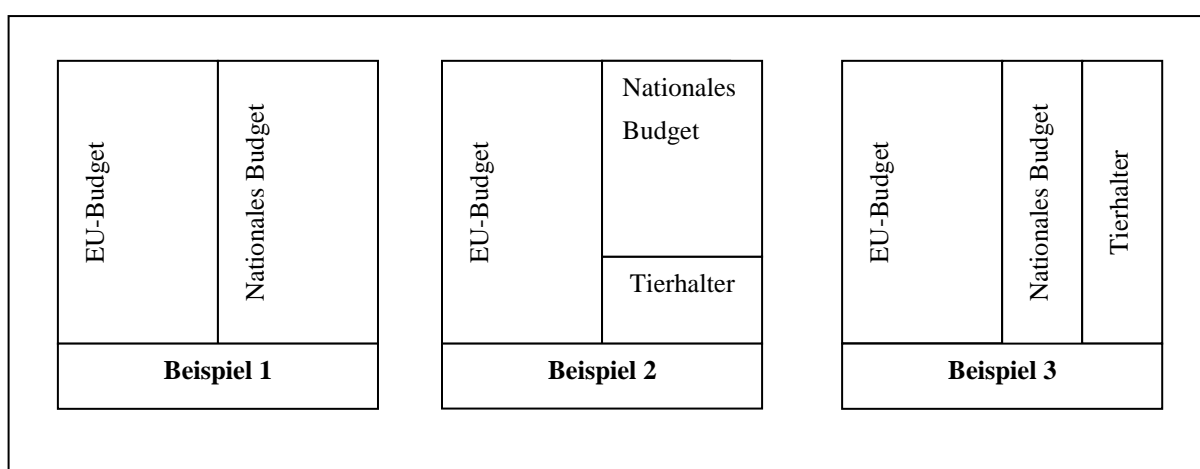


Abbildung 12: Optionen für EU-Finanzierungssystem von direkten Schäden durch Tierseuchen

Quelle: MEUWISSEN et al., 2006, S. 118.

Den kompletten Ausgleich der Restgröße, d.h. ohne Beteiligung der Tierhalter garantieren z.B. Dänemark, Finnland und das Vereinigte Königreich (Beispiel 1). Eine Beteiligung in der Variante der nicht-proportionalen Beteiligung praktizieren die Niederlande. Hierzu ist die öffentliche Hand ermächtigt über Kredite privater Banken die Finanzierung zu organisieren- auch ohne Votum des Agrarsektors und später inklusive des Zinsaufwandes der Landwirtschaft in Rechnung zu stellen (Meuwissen et al., 2006, S. 117ff.; Beispiel 2). Deutschland ist ein Beispiel für die proportionale Beteiligung der Tierhalter (Beispiel 3). Diese Entschädigungszahlungen hierzu werden ebenso wie das nationale Budget über Fondsleistungen so genannter Tierseuchenkassen realisiert. Die Fonds der auf Länderebene agierenden Tierseuchenkassen erheben für ihren Anteil nach Tierarten abgestufte Beiträge (BÄTZA, 2006, S. 141ff.). Die Entscheidung über die Prämienhöhe erfolgt in Abhängigkeit der geschätzten Kosten für den laufenden Geschäftsbetrieb sowie der Fondsdotierungen für die spezifische Tierart, wobei die Beitragsfestlegung der Genehmigung durch die jeweilige Länderregierung

bedarf (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 47). In Nordrhein-Westfalen verantwortet beispielsweise der Verwaltungsrat der Tierseuchenkasse diese Aufgabenstellung. Dieser vereint neun Mitglieder, die aus Landwirtschaftskammer und Landwirtschaftsverbänden entsandt werden (LWK NRW, 2008a, o.S.).

Tabelle 2: Beiträge verschiedener Tierseuchenkassen für das Jahr 2008

Bundesland	Beitragshöhe in € je Tier		
	Milchkühe	Sauen	Mastschweine
Brandenburg	5,70	1,10	1,10
Niedersachsen	9,50	0,35	0,35
Nordrhein-Westfalen	5,00	5,00	5,00
Sachsen-Anhalt	5,70	0,60	0,60

Quelle: Angaben verschied. TSK ohne Mindestbeiträge und Bestandsgrößen.

Neben der länderspezifischen Ausprägung kann in der Beitragsbemessung zudem der einzelbetrieblichen Risikosituation Rechnung getragen werden. So können Rabatte bei der Realisation spezieller Maßnahmen wie z.B. dem eingeschränkten Tierzukauf gewährt werden. In NRW beispielsweise wirkt die Reduzierung von Ferkelbezugsbetrieben in der Schweinemast beitragsmindernd (LWK NRW, 2008b, o.S.).

Bei der Bemessung der Kompensationszahlung der Tierseuchenkassen finden Höchstwerte je Tierart Berücksichtigung. Für Rinder beträgt der Höchstsatz z.B. 3.068 Euro, für ein Schwein werden maximal 1.278 Euro gewährt. Darüber hinaus können beim Nachweis von Verstößen gegen geltende Auflagen Kürzungen der Entschädigungszahlung erfolgen (BÄTZA, 2006, S. 141). Für den Fall, dass der einer Tierart zugeordnete Fonds durch hochvolumige Entschädigungszahlungen notleidend wird, gewährt das betroffene Bundesland einen temporären Zuschuss. Zur Refinanzierung dieser Zuschüsse wird bei der Prämienkalkulation für künftige Perioden zusätzlich ein Amortisationszuschlag –im Wege des Umlageverfahrens– von den Tierhaltern erhoben (MEUWISSEN et al., 2006, S. 117ff.).

4.1.1.3 Kompensation von Folgeschäden

Veterinärbehördlich diktierte Auflagen können zu beachtlichen Marktstörungen in den betroffenen Mitgliedstaaten führen. Zum Ausgleich hierfür können Marktunterstützungsmaßnahmen als Instrument des Krisenmanagements zugunsten jener Landwirte ergriffen werden, deren Produktion durch die Beschränkungen unmittelbar tangiert ist. Sowohl der Umfang als auch der Geltungszeitraum der Aktivitäten sind dabei auf das erforderliche Mindestmaß zu

begrenzen. Der EU-Anteil an diesen Sondermaßnahmen ist limitiert auf bis zu 60 % der nationalen Ausgaben (ABL. EU, 2007, S. 29). Dieses Instrument zählt zu den Ad-hoc-Maßnahmen, d.h. es gibt kein verbindlich definiertes Regelwerk, so dass die Tierhalter potenzielle Zuflüsse hieraus nicht kalkulieren können (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 33; MEUWISSEN et al., 2006, S. 120). Exemplarisch für diesen Instrumenteneinsatz kann der Ankauf von Schweinen anlässlich der Ausbrüche der KSP ab dem Jahr 1997 in den Niederlanden, Deutschland, Belgien und Spanien genannt werden. Mit der Wiederherstellung der Tiergesundheit in den jeweiligen Mitgliedstaaten endeten die Sondermaßnahmen (EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2000, S. 13).

Die EU-Kommission hält die finanzielle Beteiligung an Sondermaßnahmen grundsätzlich offen. Ein negatives Votum traf Frankreich in 2001, in dem Folgeschäden veranlasst durch die MKS nicht durch die EU refinanziert wurden (EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2005, S. 18). Vor diesem Hintergrund verfügen diverse Mitgliedstaaten über eigene –heterogen gestaltete– Finanzierungsmodelle, die autark Leistungen zur Absicherung von Folgeschäden erbringen. Deutschland verfügt über kein derartiges System, während Frankreich und Finnland betroffenen Landwirten durch derartige Ad-hoc-Maßnahmen entschädigen. In Frankreich erfolgt die Festsetzung der Entschädigungshöhe relativ zur Seuchenintensität und zur allgemeinen Haushaltslage. Somit ist diese Entschädigungsform wesentlich beeinflusst durch den aktuellen Finanzierungsrahmen. In Dänemark wiederum werden Folgeschäden unmittelbar durch einen Aufschlag von 20 % auf die Entschädigungsleistung für direkte Verluste abgegolten. Schweden besitzt ein formalisiertes System zur Entschädigung des Differenzbetrages zwischen ungestörter und aktueller Produktion (MEUWISSEN et al., 2006, S. 177ff.).

4.1.2 Betriebliche Maßnahmen

Die bisherigen Ausführungen haben verdeutlicht, dass in Abhängigkeit der ergriffenen staatlichen Maßnahmen ein Teil der Schäden –infolge der Unterkompensation von Tierwerten oder Folgeschäden– bei den Tierhaltern verbleibt. Somit besteht die Notwendigkeit zur Ergreifung von Maßnahmen des betrieblichen Risikomanagements. Diese Instrumente werden im Folgenden erörtert, wobei der Fokus der deutschen Situation zugeordnet ist.

4.1.2.1 Biosicherheit

Maßnahmen auf Ebene des Einzelbetriebes zur Abwehr der Einschleppung sowie Ausbreitung werden in der Literatur wiederholt unter dem Begriff Biosicherheit subsumiert (GUNN et al.,

2008, S. 311). Explizit verfolgen die einzelnen Aktionen – analog der Determinanten der Seuchenverbreitung - die folgenden Zielsetzungen:

- Verminderung der Übertragungswahrscheinlichkeit
- Reduzierung der Kontaktzahl

Der Biosicherheit werden die Reinigung und Desinfektion von Geräten sowie Fahrzeugen, die in Kontakt mit tierhaltenden Betrieben stehen, zugeordnet (ANDERSON, 2002, S. 148). Das Tragen betriebseigener Schutzkleidung reduziert die Übertragungswahrscheinlichkeit durch Personen. Derartige Vorsorgemittel sind vor allem für Kontakte essenziell, die zur Garantie des Betriebsablaufes unvermeidbar sind wie z.B. Visitationen von Veterinären (SCHAİK et al., 2001, S. 290). Auch die Gestaltung von Produktionsbereichen kann die Übertragungswahrscheinlichkeit wesentlich beeinflussen. In der Schweinehaltung ist beispielsweise die Aufbewahrung verendeter Tiere derart zu positionieren, dass das Befahren von Betriebsflächen durch Fahrzeuge der Tierkörperbeseitigung vermieden wird (SCHHALTHYGV, 1999, S. 7).

Eine Möglichkeit zur Verminderung der betrieblichen Kontakte wird mit dem Verzicht auf den Tierzukauf verfolgt. LEONARD et al. (2001, S. 455) erwähnen in diesem Bezug die ausschließliche Nutzung der eigenen weiblichen Nachzucht zur Remontierung in der Milchproduktion. Ähnlich ist die Vorgehensweise in der Schweineproduktion mit der exklusiven Mast eigener Ferkel zu beurteilen. Diese Vorgehensweisen stehen jedoch konträr zu den Anforderungen aus der fortschreitenden Arbeitsteilung in der Tierhaltung, die u.a. einen zwischenbetrieblichen Tierhandel erwarten. Unter dem Primat der Seuchenprävention bietet sich optional der Zukauf aus wenigen festen Zuchtbetrieben an (vgl. Abschnitt 3.2.1.2). In dem Kontext der lokalen Verbreitung ist die Organisation der Isolation von Belang, die beispielsweise durch die Tierhaltung in ausreichend geschlossenen Stallgebäuden vollzogen werden kann. Die Maxime der Isolation verfolgt auch die Quarantänehaltung zugekaufter Tiere. Durch die getrennte Haltung fremder Tiere für die Dauer der Inkubationszeit einer eventuellen Krankheit soll die Integration in die Bestände vor Ausbildung der Erkrankung unterbunden werden (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 52).

Für das zeitnahe Aufspüren der MKS sind u.a. intensive und regelmäßige Tierkontrollen notwendig. In diesem Zusammenhang weist ANDERSON (2002, S. 181) auf die gewichtige Rolle des Tierhalters hin, der in der kontrollintensiven Rinder- und Schweineproduktion die frühzeitige Registrierung in der Regel erfolversprechender als in der extensiven Schafhaltung realisieren kann (vgl. Abschnitt 3.2.1.2).

Die Entscheidung über die Implementierung von Maßnahmen, die die Biosicherheit garantieren, unterliegt der Abwägung der jeweiligen Kosten- und Nutzeneffekte durch den Tierhalter. Kostenrelevante Effekte resultieren aus der Reinigung, der Desinfektion und den Investitionen in zusätzliche Bauanlagen. Der restriktive Zukauf von Tieren mindert eventuell die betrieblichen Zuchtfortschritte und wirkt somit mittelfristig ertragsmindernd. Kostensteigerungen verursacht gegenüber dem Tierzukauf aus unterschiedlichen Betrieben im Übrigen der exklusive Bezug aus einem Herkunftsbetrieb. Exemplarisch kann hierfür die Preisgestaltung in der Ferkelvermarktung angeführt werden. Dort liegt der durchschnittliche Ferkelpreis für Großgruppen aus einheitlicher Herkunft deutlich über dem Preis bei Bezug von Gruppen aus unterschiedlichen Ferkelerzeugerbetrieben (LLM, 2007, S. 172). Demgegenüber stiftet Biosicherheit einen Nutzen in Form der Risikominderung, der dann realisiert ist, wenn die ergriffenen Maßnahmen die Einschleppungswahrscheinlichkeit reduzieren. Die landwirtschaftliche Tierproduktion verfügt über eine Expansion adäquater Maßnahmen zur Etablierung von Biosicherheit, wobei der Einsatz in der Schweinehaltung am stärksten manifestiert ist (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 52). Dieser Aspekt gestattet jedoch nur den bedingten Schluss auf die Effizienz der Biosicherheit. Bekanntlich begründet sich ein beträchtlicher Teil dieser Aktivitäten aus der Transformation staatlicher Verordnungen. Andere Maßnahmen wiederum sind das Ergebnis zwischenbetrieblicher Kontrakte. WELLS (2000, S. 2380) verweist auf die sich ausweitende Relevanz der Qualitätssicherung in Wertschöpfungsketten, die zum Schutz vor Kontamination tierischer Produkte diverse Maßnahmen der Biosicherheit beansprucht. Auch im Rahmen von Versicherungsverträgen können spezifische Maßnahmenkataloge in Form von Obliegenheiten formuliert werden (MEUWISSEN et al., 2006, S. 127). Des Weiteren stiftet Biosicherheit neben der Risikominderung Nutzen in der Gestalt von Produktionsvorteilen. So kann der Tierzukauf aus wenigen festen Beständen durch die genetische Homogenität solcher Tiergruppen eine einheitliche Mastdauer in Verbindung mit einer marginalen Varianz der Schlachtparametern gewähren (LLM, 2007, S. 172).

4.1.2.2 Selbsttragung

Die Selbsttragung von Risiken beruht auf dem Prinzip des Schadenausgleichs durch den Einsatz von Eigenmitteln³. Bilanztechnisch bildet dieser Fall eine Verkürzung des Eigenkapi-

³ Zur Übersicht über Entwicklungen im Bereich der Selbsttragung sei auf EICKSTÄDT, 2001, S. 59ff. und die dort angegebene Literatur verwiesen.

tals in Höhe des geschädigten Aktivpostens ab. Die Selbsttragung ist das ursprünglichste Instrument der Risikofinanzierung, da jegliches Auslassen von Entscheidungen über den Einsatz alternativer Instrumente zwangsläufig die Selbsttragung impliziert. Darüber hinaus steuern Effizienzgründe oder der Mangel an Alternativen den Einsatz dieses Instrumentes (EICKSTÄDT, 2001, S. 58ff.). Die kostenmäßigen Effekte ergeben sich durch die anfallenden Opportunitätskosten der Finanzreserven einerseits und den Einsparungen aus nicht realisierten Risikotransfers –insbesondere der Transaktionskosten- andererseits (CAFIERO et al., 2005, S. 6).

Die Skizzierung der Selbsttragung stellt automatisch die Frage nach deren Optimum zur Diskussion. EICKSTÄDT (2001, S. 63ff.) komplettiert diese Fragestellung mit der Anforderung zur Herleitung des optimalen Verhältnisses zwischen Selbsttragung und Risikotransfer. Hierbei sind vier Faktoren von besonderer Bedeutung:

- Der tatsächliche Tradeoff zwischen dem verringerten Risikotransfer und den dadurch eingesparten Kosten. Dieser Effekt wird hauptsächlich durch die aktuellen Bedingungen des Versicherungsmarktes beeinflusst.
- Die Prognostizierbarkeit der Anzahl und Höhe der Schäden.
- Die Grenzen der Finanzkraft der Unternehmung zur Selbsttragung von Schäden
- Die Risikoaversion von Unternehmensführung und Eigentümern.

Die steigende Substituierung des Risikotransfers durch die Selbsttragung induziert in der Regel eine Reduzierung der Gesamtkosten für den Schadenausgleich bis zum Erreichen eines Minimums. Hierbei ist die Finanzkraft von Unternehmen in die Beurteilung einzubeziehen, die einer Ausdehnung der Selbsttragung und somit der Realisierung der kostenminimalen Instrumentenkombination entgegenstehen kann. Die Selbsttragung isoliert betrachtet beeinflusst die Schwankungen des Ergebnisses wie z.B. der Unternehmensgewinn nicht, so dass die Ausweitung der Selbsttragung zu Lasten des Risikotransfers die Ergebnisvolatilität ansteigen lässt. Somit bestimmt auch die Risikoaversion von Entscheidungsträgern die Intensität des Einsatzes der Selbsttragung.

Relevant für die Finanzkraft eines Unternehmens ist das vorhandene Eigenkapital. Deutsche Haupterwerbsbetriebe verfügen generell über eine hohe Eigenkapitalquote; gemessen am gesamten Bilanzvermögen betrug der Anteil des Eigenkapitals im Wirtschaftsjahr 2006/ 2007 ca. 80 %. Hingegen belegen juristische Personen in den neuen Bundesländern Verbindlichkeiten in Höhe von ca. 34 % des bilanziellen Vermögens.

Die Eigenkapitalquote dokumentiert eine prägnante Dynamik und eine hohe Variabilität im horizontalen Betriebsvergleich. Nahezu die Hälfte aller Betriebe verbucht im Wirtschaftsjahr 2006/ 2007 gegenüber der Vorjahresperiode eine Reduzierung des Eigenkapitals. Die Eigenkapitalbildung selbst ist primär beeinflusst durch die Betriebsform und –größe. So verfügen Futterbaubetriebe durchschnittlich über eine geringere Eigenkapitalbildung im Vergleich zu Ackerbaubetrieben, während Kleinbetriebe gegenüber mittleren und großen Betrieben durch eine deutlich schwächere Eigenkapitalmehrung gekennzeichnet sind (BMELV, 2007b, S. 16ff.).

Neben Gewinn und Verlust sind Einlagen bzw. Entnahmen ausschlaggebend für die Entwicklung des Eigenkapitals. In diesem Kontext ist die bereits erwähnte Verflechtung zwischen Haushalt und Unternehmen in Familienbetrieben von Relevanz. So ist der Haushalt in der Lage, durch Konsumverzicht und Einlagen die betrieblichen Finanzierungsreserven auszubauen.

In diesem Zusammenhang prägen HARDAKER et al. (2004, S. 274) das Konzept der Flexibilität als Gradmesser für die Anpassungsfähigkeit an modifizierte Umweltbedingungen. Größere Flexibilität versetzt die Betriebe in die Lage unverzüglich und erfolgversprechend auf Schadenereignisse zu reagieren. Dabei verlangt die Schadenkompensation die vorbehaltlose Verfügbarkeit ausreichend liquider Mittel. Schritte zur Steigerung des Liquiditätsgrades im Vermögen der landwirtschaftlichen Betriebe skizzieren (BRANDES und ODENING, 1992, S. 243) durch:

- Bildung von Geldreserven
- Flexible Gestaltung von Finanzanlagen hinsichtlich der Kündigungsfristen
- Verringerung des Fremdkapitalanteils zur Aufrechterhaltung von Kreditspielräumen
- Outsourcing von Tätigkeiten anstatt der Anschaffung langlebiger Investitionsgüter

Die Relevanz der Selbsttragung als Risikomanagementinstrument im Seuchenfall ist nach Wissen des Autors für die deutsche Landwirtschaft nicht empirisch belegt. Auch die gelegentliche Artikulation der Forderung nach einer so genannten Risikoausgleichsrücklage zur Stärkung der Selbsttragung von Witterungs-, Markt- und Seuchenrisiken lässt ein systematisches Agieren in diesem Themenbereich bislang nicht erkennen. MEUWISSEN et al. (2000, S. 2) verweisen auf den enormen Stellenwert der Selbsttragung für Schäden aus Betriebsunterbrechung anlässlich des KSP-Ausbruches in 1997/ 1998 in den Niederlanden.

4.1.2.3 Diversifikation

Die Diversifikation zielt durch die Selektion von Aktivitäten, die nicht oder negativ korreliert sind, auf die Reduktion des Gesamtrisikos ab. Modelle zur Bestimmung der optimalen Diversifikation von Unternehmen finden Anwendung im Rahmen der Erwartungswert-Varianz Analyse sowie der Portefeuille-Theorie (HARDAKER et al., 2004, S. 273). Das Resultat der Risikoreduzierung wird im Folgenden in Anlehnung an BERG und KRÄMER (2008, S. 150) formal dargestellt. Ausgangspunkt ist ein Portefeuille mit n Aktivitäten mit dem jeweiligen Umfang q_i , die alle identischen Gewinn erzielen. Damit beschränkt sich die weitere Betrachtung auf die Varianz, die durch (1) dargestellt wird:

$$\text{Var}(y) = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 q_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n q_i q_j \text{cov}_{ij} \quad (1)$$

mit σ_i^2 als Gewinnvarianz des Verfahrens i sowie cov_{ij} als Kovarianz zwischen den Aktivitäten i und j . Bei Annahme von gleichen Umfängen für alle Aktivitäten folgt:

$$\text{Var}(y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \frac{2}{n^2} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{cov}_{ij} \quad (2)$$

Da ein Portefeuille mit n Aktivitäten durch $n(n-1)/2$ gekennzeichnet ist, so lässt sich die durchschnittliche Kovarianz \overline{COV} durch folgende Gleichung definieren:

$$\overline{COV} = \frac{2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{cov}_{ij}}{n(n-1)} \quad (3)$$

Durch den Ersatz des zweiten Terms aus Gleichung (2) durch (3) wird die Varianz des Portefeuilles vereinfacht zu:

$$\text{Var}(y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \frac{n-1}{n} \overline{COV} \quad (4)$$

Die Einführung der durchschnittlichen Varianz $\bar{\sigma}^2$ führt von (4) weiter zu:

$$\text{Var}(y) = \frac{1}{n} \bar{\sigma}^2 + \frac{n-1}{n} \overline{COV} \quad (5)$$

Durch die Unterstellung von identisch verteilten Gewinnen für alle n Aktivitäten ist ein Ersatz der Kovarianz durch den Term $\overline{COV} = \bar{\sigma}^2 \bar{\rho}$ mit $\bar{\rho}$ als durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten möglich. Die vorangegangene Gleichung wird somit zu:

$$\text{Var}(y) = \frac{1}{n} \bar{\sigma}^2 + \frac{n-1}{n} \bar{\sigma}^2 \bar{\rho} = \frac{\bar{\sigma}^2}{n} (1 + (n-1)\bar{\rho}) \quad (6)$$

Diese Gleichung veranschaulicht, dass mit zunehmender Anzahl an Aktivitäten die Varianz abnimmt, wobei der degressive Verlauf der Reduktion zu beachten ist. Die Varianz des Portefeuilles nähert sich mit zunehmenden n der durchschnittlichen Kovarianz, die nicht diversifizierbar ist. Bei Korrelationskoeffizienten von +1 ist keine Risikoreduktion durch Diversifizierung möglich, während Korrelationskoeffizienten von -1 bereits bei zwei Aktivitäten zu einem vollständigen Verschwinden der Varianz führen.

In der Landwirtschaft vollzieht sich die Diversifikation sowohl durch Kombination unterschiedlicher Produktionsverfahren als auch durch die Aufnahme außerlandwirtschaftlicher Aktivitäten. Darüber hinaus ist eine geographische Diversifikation durch Aufteilung der Produktion auf räumlich getrennte Standorte möglich, die allerdings durch die damit verbundenen hohen Organisationskosten nur für größere Betriebe sinnvoll erscheint (HARDAKER et al., 2004, S. 274).

Informationen über den Umfang und die Effizienz der Diversifizierung als Instrument des betrieblichen Risikomanagements manifestieren stark divergierende Effekte: Verursachend hierfür sind u.a. Diskrepanzen in den Datenbasen, der Aggregationsgrad der Daten sowie die angewandte Messmethode. CAFIERO et al. (2005, S. 6) stufen die Diversifikation –auch mit dem Hinweis auf die weitläufige Verbreitung– als effizient ein. Dabei betonen die Autoren diverse Optionen zur Kombination unkorrelierter Produktionsverfahren, wobei sie explizit außerlandwirtschaftliche Aktivitäten einbeziehen. Diese Feststellung schränken HARDAKER et al. (2004, S. 273) zumindest für die Diversifikation des landwirtschaftlichen Produktionsprogramms ein und belegen dies mit oftmals stark positiven Korrelationen zwischen diversen Verfahren. Die Diversifikation ist dabei nach Ansicht der Autoren nicht ausschließlich aus dem Instrumentenkatalog der betrieblichen Risikopolitik hergeleitet, sondern folgt der Zielsetzung unterschiedlicher Vorhaben. Beispielsweise garantiert sie durch die Gestaltung nachhaltiger Fruchtfolgen sowie durch die kontinuierliche Auslastung von Maschinen eine effizientere Ressourcennutzung. Außerlandwirtschaftliche Aktivitäten sind partiell durch die unzureichende Einkommensentwicklung in der Landwirtschaft begründet (EUROSTAT, 2007, S. 161). Der Nebenerwerb tritt ferner als Übergangsphase zwischen Haupterwerb und kompletter Betriebsaufgabe in Erscheinung (BMELV, 2007a, S. 10).

In der EU zeigt sich jedoch durch die zunehmende Spezialisierung in den Produktionsprogrammen die gegenläufige Tendenz. Im Zeitraum von 1975 bis 1997 stieg die Quote

spezialisierte Betriebe in neun ausgewählten Mitgliedstaaten von 68 % auf 83 % (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2001, S. 16). Infolge der Entkopplung von Prämien, die definitionsgemäß unabhängig von der Ausgestaltung des aktuellen Produktionsprogramms, der einzelbetrieblichen Ertragssituation und dem allgemeinen Marktgeschehen gewährt werden, wird dieser Effekt voraussichtlich noch verstärkt (ROCHE und MCQUINN, 2004, S. 120). Hingegen wächst die Relevanz diversifizierter Einkommensquellen. Beweis hierfür ist der Anteil der Nebenerwerbsbetriebe in der Landwirtschaft, der sich in Deutschland für 2005 auf ca. 55 % belief (BMELV, 2007a, S. 23).

Das Potenzial zur Risikoreduzierung der einzelnen Diversifikationsmaßnahmen ist abhängig von der Größe und der Richtung der Korrelationen zwischen den jeweiligen ergriffenen Aktivitäten. Da im Seuchenfall ergriffene Maßnahmen alle MKS-empfindlichen Tiere erfassen, liegen zwischen diesen Aktivitäten positive Interkorrelationen vor, so dass eine Risikoreduktion nach (6) nicht realisierbar ist. Analoge Konsequenzen zeigen darüber hinaus Restriktionen, die zu anderen Produktionsverfahren unter dem Primat der Seucheneindämmung erhoben werden. So kann ein MKS-Ausbruch regional mit einem generellen Vermarktungsverbot für lagernde Ackerfrüchte, der Vernichtung von Futtermitteln oder dem Vermarktungsstopp von Geflügel oder anderen nicht MKS-empfindlichen Tieren kombiniert sein. Eine geographische Streuung in Form der weiträumigen Trennung von Produktionseinheiten ist dann wirkungslos, wenn durch den Nachweis der MKS sämtliche Betriebsstätten der Keulung bzw. Sperrung unterliegen.

Darüber hinaus besteht durch die Limitierung der Risikobetrachtung auf die landwirtschaftliche Produktion die Gefahr zur Missachtung der engen Verflechtung von Unternehmen und Haushalt in Familienbetrieben. So finanziert der Konsumverzicht in der Privatsphäre die Kapitalaufstockung im Betrieb (STEFFEN und BORN, 1987, S. 112). Durch diesen Effekt trägt ein unkorreliertes außerlandwirtschaftliches Einkommen zur Reduktion des MKS-Risikos bei.

4.1.2.4 Privatwirtschaftliche Versicherungen

Versicherungen gelten gemeinhin als das klassische Instrument im Risikomanagement (EICKSTÄDT, 2001, S. 61). Auch bezogen auf die Landwirtschaft schaffen sie die Basis zum Transfer unterschiedlicher Risikoarten. Grob klassifiziert finden sich personen- und sachbezogene Kategorien, wobei das erstgenannte Segment vorzugsweise Todes- und Krankheitsrisiken enthält, während den sachorientierten Kategorien u.a. Feuer- und Diebstahlrisiken zugeordnet sind (HARDAKER et al., 2004, S. 277).

In der Beurteilung der Eignung von Versicherungslösungen zum Transfer von Tierseuchenrisiken ist die Meinungsbildung in der Literatur mit einem inhomogenen Ergebnis verbunden. Vielfach werden diese Risiken als nicht versicherbar klassifiziert. Die Objektivierung der Meinungsbildung zu diesem Sachverhalt verlangt die Darstellung der Wirkungsweise von Versicherungen und im Kontext hierzu die Erläuterung des Bedingungsrahmens für die Versicherbarkeit von Risiken.

FARNY (2000, S. 8) definiert Versicherung als „Deckung eines im Einzelnen ungewissen, insgesamt geschätzten Mittelbedarfs auf der Grundlage des Risikoausgleichs im Kollektiv und in der Zeit“. Daneben werden Versicherungen auch als Risikotransfer von einem Versicherungsnehmer auf einen Versicherer gegen Zahlung einer Prämie interpretiert. Versicherung als Risikotransfer vollzieht sich dabei in Form der Übertragung des Einzelrisikos eines Versicherungsnehmers auf einen Versicherer. Ein Einzelrisiko wird hierbei durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von Schäden repräsentiert, die durch den Erwartungswert der Schäden und die Streuung der Schäden um diesen Erwartungswert parametrisiert ist. Aus einer großen Zahl unabhängiger, gleicher oder ungleicher Schadenverteilungen formt der Versicherer ein Kollektiv. In diesem Kollektiv bilden sich in einer Periode für jedes aufgenommene Einzelrisiko Schäden, deren faktische Ausprägung als Effektivwert des Schadens bezeichnet wird. Die Unterschreitung der erwarteten Schadenhöhe eines Einzelrisikos durch den dazugehörigen Effektivwert begründet einen Unterschaden, bei Überschreitung dementsprechend einen Überschaden. Der Risikoausgleich im Kollektiv basiert auf dem Aspekt, dass sich in einer Periode die Unter- und Überschäden aller Einzelrisiken ganz oder teilweise egalisieren (FARNY, 2000, S. 45ff.). Die Versicherer verfügen durch das diversifizierte Risikoportefeuille und den dadurch vorteilhafteren Ausgleich über erhebliche Vorteile gegenüber der exklusiv für die eigenen Risiken etablierten Selbsttragung (EICKSTÄDT, 2001, S. 60, vgl. Abschnitt 4.1.2.3).

Der Transfer des Einzelrisikos an den Versicherer ist für den Versicherungsnehmer mit der Prämienzahlung verknüpft. Die Prämiensumme des Kollektivs finanziert die Schadenzahlungen, die operativen Kosten des Geschäftsbetriebes sowie einen Gewinnanspruch des Versicherers. Folglich übersteigt die Prämienhöhe in der Regel den erwarteten Schaden; u.a. ein Indiz für die Typisierung der Versicherungsnehmer als risikoaverse Entscheidungsträger (HARDAKER et al., 2004, S. 278).

Bedingungen der Versicherbarkeit

Eine präzise und allgemeingültige Definition für die Versicherbarkeit von Risiken existiert nicht. EICKSTÄDT (2001, S. 33) verweist auf jene pragmatische Sichtweise, nach der sämtliche Risiken dann als versicherbar gelten, zu denen ein Arrangement zwischen Versicherer und Versicherungsnehmer über den Transfer erreicht wird. Diese Definition von Versicherbarkeit ist jedoch unzulänglich, da sie als Momentaufnahme die Dynamik der Grenzen der Versicherbarkeit außer Acht lässt. So wirken Informationsgewinne sowie Modifikationen der Kapazitäten seitens der Versicherer auf diese Limitierungen (GOBNER, 2001, S. 6). Im Zuge der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Phänomen „Versicherbarkeit von Risiken“ werden kontinuierlich Prämissen diskutiert, die den Bedingungsrahmen für die Versicherbarkeit konkretisieren sollen. Als bedeutsamste nennen SHAIK et al. (2006, S. 56ff.) folgende Attribute:

- Bestimmbarkeit und Messbarkeit des Schadens
- Zufälligkeit und Unbeeinflussbarkeit der Schäden
- Informationen zur Risikotarifizierung
- Kalkulierbarkeit des Risikos
- Große Zahl homogener, voneinander unabhängiger Versicherungseinheiten
- Wirtschaftlich tragbare Prämien

Die erstgenannte Voraussetzung umschreibt die notwendige Festlegung zum Schadeneintritt und Schadensmaß (BERG, 2005, S. 4). Hierzu bedarf es der vertraglichen Vereinbarung von Merkmalen, die sowohl den Eintritt des Versicherungsfalls als auch den versicherten Schaden definieren (FARNY, 2000, S. 38).

Idealerweise bilden Schäden die Folgen von naturbedingten oder zufällig eintretenden Ereignissen ab (BERG, 2005, S. 4). Das Kriterium der Zufälligkeit artikuliert die Ungewissheit über Größe, Entstehung und Zeitpunkt von Schäden. Auch sollen Schäden autark vom Verhalten und Willen der Versicherungsnehmer sein. In der Versicherungspraxis zeigen sich jedoch partielle Verfehlungen zu der beanspruchten Zufälligkeit. Dies illustriert der oftmals gewährte Versicherungsschutz für Schäden veranlasst durch menschliche Fahrlässigkeit sowie für vorsätzlich ausgelöste Versicherungsfälle wie z.B. Suizide (FARNY, 2000, S. 38). Versicherungsmärkte sind grundsätzlich durch eine ungleiche Verteilung der Information charakterisiert. Dabei liegen die Informationsvorteile auf Seiten des Versicherungsnehmers, der seinen spezifischen Risikotyp und sein zukünftiges Verhalten besser einzuschätzen weiß

als das Versicherungsunternehmen (ZWEIFEL und EISEN, 2003, S. 293f.). Das Moralische Risiko im Bereich der Versicherungswirtschaft involviert die Anpassungen im Verhalten des Versicherungsnehmers nach Abschluss des Versicherungsvertrages. Als Auslöser für diese Anpassungen kann beispielsweise der vollständige Risikotransfer an einen Versicherer gewertet werden, da hierdurch für den Versicherungsnehmer die Anreize zur Schadenverhütung und –minderung entfallen (FAURE und HARTLIEF, 2003, S. 107).

Die Festsetzung risikoadäquater Versicherungsprämien setzt die Ableitung der Schadeneintrittswahrscheinlichkeiten und der Schadenhöhen voraus (SKEES und BARNETT, 1999, S. 426). Als Quellen hierzu werden überbetriebliche Statistiken, Ergebnisse des internen Rechnungswesens oder spezielle Risikoanalysen betrachtet (FARNY, 2000, S. 38). Problematisch kann sich die Tarifierung neuer Risiken gestalten, die sich z.B. durch technologische Entwicklungen oder Gesetzesänderungen herausgebildet haben (EICKSTÄDT, 2001, S. 34). Eine weitere Anforderung zielt auf die ausreichende Datengrundlage zur Einschätzung der Einzelrisiken ab, um adäquate Prämien festsetzen zu können. Bekanntlich tritt als Folge der unzulänglichen Risikotarifierung die Gefahr der so genannten *adversen Selektion* auf. Diese bildet sich dann heraus, wenn ein Versicherer über keine oder nur rudimentäre Informationen zum individuellen Risiko von Versicherungsnehmern verfügt und daher ersatzweise eine Mischprämie – kalkuliert auf der Basis der durchschnittlichen Risikoausprägung – für alle Bestandsrisiken erhebt. Diese Durchschnittsprämie stufen Versicherungsnehmer mit relativ niedrigem Risiko als zu hoch ein und verzichten in der Folge auf die weitere Nachfrage (PAULY, 1974, S. 55ff.). Als Konsequenz dieses Ausscheidungsprozesses von Versicherungsnehmern mit relativ niedrigem Risiko ist der Versicherer gezwungen, eine Prämienerrhöhung vorzunehmen und forciert hierdurch den Prozess, dass weitere niedrige Einzelrisiken das Portefeuille verlassen (ZWEIFEL und EISEN, 2003, S. 295).

Ein Versicherungsbestand schließt im Idealfall eine Vielzahl unabhängiger Schadenverteilungen ein, um das Eintreten von systemischen Risiken bzw. Kumulrisiken auszuschließen (BERG, 2005, S. 4). Es darf somit keine systematische Beziehung existieren, bei der ein Ereignis bei vielen oder allen Versicherungsnehmern Schäden auslöst. Die Abhängigkeit zwischen Risiken kann daher die Solvenz eines Versicherers bedrohen (SKEES und BARNETT, 1999, S. 426). Vielfach wird in der Literatur die Forderung nach einer großen Anzahl unabhängiger Versicherungseinheiten formuliert, um die Wirkung des Gesetzes der Großen Zahlen zu garantieren. Das Gesetz der Großen Zahlen beruht auf der Annahme einer großen Anzahl von identisch verteilten und unabhängigen Zufallsvariablen. Mit zunehmender Anzahl der Zufallsvariablen konvergiert der Mittelwert an den gemeinsamen Erwartungswert (HARTUNG,

1998, S. 121). Übertragen auf die Versicherungssphäre bedeutet eine zunehmende Zahl von Einzelrisiken, dass sich der Mittelwert des Schadens immer mehr um den gemeinsamen Erwartungswert des Schadens konzentriert. Daher erkennt FARNY (2000, S. 48f.) in dem Gesetz der Großen Zahlen keine Relevanz für den Risikoausgleich, sondern lediglich eine Verfeinerung bei der Ermittlung der erwarteten Schadenwerte.

Die Grenzen der Versicherbarkeit werden gleichfalls durch die Nachfrage diktiert. Der Versicherungsnehmer muss die geforderte Prämie als risikoadäquat und damit akzeptabel empfinden. Dies gilt vor allem für solche Risiken, die durch seltenen Schadeneintritt und hohes Schadenausmaß charakterisiert sind (BERG, 2005, S. 4). Demgegenüber schließen Versicherungen nahezu deterministische Schäden aus, da es sich um eine Art „Geldwechsellgeschäft“ handelt, das mit hohen Transaktionskosten verbunden ist (FARNY, 2000, S. 40).

MKS als versicherbares Risiko

Zur Bewältigung der Ursachen aus der asymmetrischen Informationsverteilung hat die Versicherungswirtschaft diverse Lösungswege erarbeitet. Ausgerichtet auf die Minderung des moralischen Risikos vereinbaren die Versicherer in Form von vertraglichen Obliegenheiten schadenverhütende und schadeneindämmende Maßnahmen. Daneben existieren vertragliche Arrangements zu Selbstbehalten im Schadenfall oder Bonuszahlungen bei Schadenfreiheit (CAFIERO et al., 2005, S. 7). Die Vereitelung der adversen Selektion verlangt einen institutionalisierten und perspektivisch ausgerichteten Lernprozess, der mit Hilfe der so genannten Erfahrungstarifizierung die Festlegung adäquater Prämien für individuelle Risikoklassen garantiert (ZWEIFEL und EISEN, 2003, S. 332).

Exemplarisch für die Landwirtschaft beschreibt der Verzicht auf Biosicherheit durch Tierhalter –nach Abschluss des Versicherungsvertrages- ein verändertes moralisches Risiko und löst damit eine Steigerung des Seuchenrisikos aus. Vertraglich fixierte Verpflichtungen der Tierhalter zur Garantie der Biosicherheit z.B. in Form von Obliegenheiten können stabilisierend auf die Komponente des moralischen Risikos und somit auf das Seuchenrisiko einwirken. Probleme bereitet in diesem Zusammenhang die Durchführung effizienter Kontrollen, die u.U. erhebliche Transaktionskosten auslöst (MEUWISSEN et al., 2006, S. 128).

Eine substantielle Voraussetzung für die Bewältigung von Risikosituationen durch Versicherungskonzepte liegt in der Ableitung von aktuariell zuverlässigen Datenmaterial zur Bestimmung von Schadeneintrittswahrscheinlichkeiten und Schadenausmaß. Die Erfüllung dieser Prämisse ist entscheidend für die Wahrung der Äquivalenz von Prämien und Schäden (SEITZ, 2001, S. 36). Das Seuchenrisiko ist im Gegensatz hierzu durch ein sporadisches

Auftreten und eine hohe Variabilität im Schadenumfang charakterisiert, was die Ableitung statistisch fundierter Aussagen unmöglich macht. Als geeignetes Instrument zur Lösung dieses Problems empfiehlt sich der Einsatz der Monte-Carlo-Simulation, um mit Hilfe der Variation von Eingabeparametern Wirkungen zu generieren und nachfolgend zu analysieren (MEUWISSEN et al., 2000, S. 5). Zudem können Modelle durch die Evaluierung historischer Seuchenverläufe und deren Extrapolation auf den aktuellen Status zur Abschätzung von Schadenvolumina genutzt werden (GDV, 2008, S. 11).

Infolge der Politikmaßnahmen ist ein Großteil der Betriebe durch den Seuchenausbruch betroffen, womit Tierseuchen das Kriterium des Kumulrisikos erfüllen. Dieser Tatbestand löst teilweise die Vermutung der Nicht-Versicherbarkeit aus. Konträr positionieren sich Versicherungslösungen aus anderen Sektoren, die risikotechnisch vergleichbare Sachverhalte –also auch Kumule- dokumentieren. Konkret handelt es sich um Naturereignisse wie Hurrikane und Erdbeben sowie um die Folgen terroristischer Anschläge (KLEINDORFER, 2001, S. 11). Daneben existieren derartige Risikokonstellationen in Bereichen der Chemie und Biologie sowie in den Sektoren der Kommunikations- und Informationstechnologie (BLANKENBURG und FARNY, 2001, S. 2).

Zur versicherungstechnischen Aufarbeitung dieser Risikoausprägungen bietet sich die Einbindung von Rückversicherungen an. Zielsetzung ist dabei die Teilung und Reduzierung des versicherungstechnischen Risikos der Erstversicherer. So können spezifische Vertragsgestaltungen zwischen Erst- und Rückversicherer die existenzielle Gefährdung des Erstversicherers durch das Eintreten von Kumulen oder Katastrophen abwehren. Andersartige vertragliche Vereinbarungen zielen darauf ab, den Geschäftsverlauf des Erstversicherers zu stabilisieren (LIEBWEIN, 2000, S. 51). Hierbei garantiert der Rückversicherer dem Erstversicherer über die Bereitstellung von Kapazitäten den erforderlichen Schwankungsausgleich. Dabei zeichnet der Rückversicherer prinzipiell voluminösere Risiken und strebt hierzu den Ausgleich über die geographische Streuung, den Spartenmix und die Glättung in der Zeit an (SEITZ, 2001, S. 36). Im Kontext des Risikotransfers werden neben der Versicherungswirtschaft auch der Kapitalmarkt und staatliche Institutionen als Partner –mit der Qualität des Risikozeichners- in Erwägung gezogen (BLANKENBURG und FARNY, 2001, S. 2).

Der Transfer an den Kapitalmarkt kann mit Hilfe der so genannten Securitisation organisiert werden. In der Konzeption des Basismodells der Securitisation zediert der Versicherer Risiken an ein so genanntes Special Purpose Vehicle (SPV), das die Funktion des Rückversicherers wahrnimmt. Über die zeitgleiche Emission von Anleihen realisiert das SPV die Finanzierung. Dieser Kapitalzufluss wird in risikolose, kurzlaufende Wertpapiere investiert,

die jederzeit liquidierbar und somit unmittelbar zur Finanzierung potenzieller Entschädigungsleistungen herangezogen werden können. Im Falle einer Schadenzahlung erübrigen sich die den Investoren in Aussicht gestellte Zinszahlungen sowie die partielle oder vollständige Tilgung des eingesetzten Kapitals. Bei schadenfreier Entwicklung erhalten die Investoren zum Laufzeitende das investierte Kapital inklusive Zinszahlungen aus den kurzlaufenden Papieren und anteilig das vom Versicherer an das SVP abgeführte Prämienvolumen (EICKSTÄDT, 2001, S. 181ff.). Die Einbindung der öffentlichen Hand in Form einer Risikopartnerschaft gestaltet eine Option innerhalb der Neuausrichtung des Risiko- und Krisenmanagements und wird zweckmäßigerweise in diesem Kontext erörtert. Derzeit existieren keine Varianten mit finanziellem Engagement des Staates innerhalb privatwirtschaftlicher Versicherungsangebote in Deutschland.

Europaweit werden nur in wenigen Ländern privatwirtschaftliche Versicherungsangebote zur Kompensation der Folgeschäden von Tierseuchen bereitgestellt. Neben Deutschland verfügen u.a. Italien, die Niederlande und das Vereinigte Königreich über Versicherungsangebote mit solchen Leistungsspektren (MEUWISSEN et al., 2006, S. 121). Die Marktführerschaft in Deutschland innerhalb des Segmentes der so genannten „Ertragsschadenversicherung“ repräsentiert die Vereinigte Tierversicherung (VTV). Das maximale Leistungsspektrum der Versicherungsprodukte bietet Schutz für Schäden aus (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 50):

- Betriebsunterbrechung
- Rückgang der tierischen Produktion
- Qualitätsminderung tierischer Produkte
- Liefer- oder Verkaufsbeschränkung

Darüber hinaus können Schäden aus Tierverlusten mit versichert werden, wobei die Leistungen aus der Tierseuchenkasse auf die Entschädigungshöhe angerechnet werden (GDV, 2008, S. 13). Als Schadenursachen können neben den anzeigepflichtigen Tierseuchen auch andere übertragbare Tierkrankheiten wie z.B. Mastitis versichert werden. Bei der Festsetzung der Entschädigungshöhe werden Selbstbehalte der Tierhalter angerechnet. Diese können beispielsweise prozentual zur Versicherungssumme, absolut pro versichertes Tier, als vertraglich fixierter Maximalschaden oder als limitierter entschädigungspflichtiger Zeitraum statuiert werden (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 50). BÄTZA (2006, S. 144) betont in diesem Zusammenhang den Ausschluss diverser Schadenursachen in den

Offerten der Versicherer im Falle des akuten Seuchenausbruches, wie exemplarisch bei Auftreten der MKS 2001 in Europa.

Die deutsche Tierhaltung ist gekennzeichnet durch eine geringe und stark variierende Versicherungsdichte bei den Ertragsschadenversicherungen. Ursächlich hierfür ist zum einen das Ausmaß der subjektiven Risikosensibilität von Tierhaltern (vgl. Abschnitt 4.1.3) sowie die betriebliche Kostensituation. Zum anderen begründen Anreize infolge von Politikmaßnahmen wie die Ad-hoc-Maßnahmen zur Marktstützung die Nachfragelimitierung (GDV, 2008, S. 10). Tabelle 3 zeigt den Versicherungsbestand der VTV für ausgewählte Bundesländer und Produktionsverfahren.

Tabelle 3: Versicherungsbestand der Vereinigten Tierversicherung im Segment der Ertragsschadenversicherung in Deutschland (2007)

Bundesland	Anteil versicherter Tiere (in % des Gesamtbestandes)		
	Milchkühe	Sauen	Mastschweine
Bayern	8,8	6,7	8,9
Brandenburg	53,9	31,2	22,3
Mecklenburg-Vorpommern	77,8	44,1	28,2
Niedersachsen	33,9	24,5	13,9
Nordrhein-Westfalen	29,8	16,7	11,4
Sachsen-Anhalt	75,9	29,0	20,6
Schleswig-Holstein	49,7	27,8	21,0
Deutschland	34,9	20,8	14,4

Quelle: ZSCHIESCHE, 2008, o.S.

Die dargestellten Zahlen belegen, dass bundesweit und in der Mehrzahl der Bundesländer die Milchproduktion die höchste Versicherungsdichte dokumentiert. Mit deutlichem Abstand folgt die Ferkelproduktion vor der Schweinemast. Der horizontale Vergleich innerhalb der Bundesländer zeigt, dass die östlichen Bundesländer über eine höhere Penetration verfügen, was u.U. durch den höheren Fremdkapitalanteil dortiger Großbetriebe und den damit begrenzten Einsatz der Selbsttragung motiviert ist.

4.1.2.5 Verträge

Der Abschluss von Verträgen zwischen Handelspartnern im Agrarsektor erfährt als Instrument des Risikomanagements einen vielfältigen Einsatz. CAFIERO et al. (2005, S. 7f.) beurteilen adäquate Vertragsgestaltungen als effizientes Instrument zur Reduzierung des

Preisrisikos, insbesondere vor dem Hintergrund, dass Preisentwicklungen durch oftmals hoch manifestierte Korrelation als nicht versicherbar gelten. Infolge der gegenläufigen Risikopositionen von Käufern und Verkäufern bei Preismodifizierungen bildet sich das Potenzial zum Risikotransfer durch vertragliche Absprachen heraus.

Über die ex-ante Determinierung von Preisen hinaus können gleichermaßen Vertragsvereinbarungen zu Qualität und Quantität des gehandelten Produkts getroffen werden. Die vertragliche Fixierung führt konsequenterweise zu einer weiteren Risikokomponente, die gemeinhin als Mengenrisiko charakterisiert wird. Dieses Mengenrisiko konkretisiert sich gegebenenfalls durch die Verfehlung der Mengenanforderungen mit der Konsequenz, dass Lieferanten der Zukauf von Fehlmengen oder Strafzahlungen drohen (HARDAKER et al., 2004, S. 280).

Im Hinblick auf das durch Seuchenausbrüche induzierte Preisrisiko ist erwähnen, dass hierzu eine vor Seuchenausbruch vereinbarte Preisabsprache reduzierend wirken kann. Allerdings konterkariert das Mengenrisiko ausgelöst durch Betriebssperrungen oder Keulung diesen Effekt der Preisreduzierung, so dass je nach Tragweite der Politikmaßnahmen das Mengenrisiko die Preissicherheit überkompensiert.

4.1.3 Risikowahrnehmung von Landwirten

Untersuchungen zur Risikowahrnehmung im Kreise von Landwirten thematisieren meist das Segment der Tierseuchen unspezifisch, d.h. ohne die notwendige Differenzierung nach speziellen Seuchenarten vorzunehmen. Aus diesem Grunde sind spezifische Befunde zur Registrierung des MKS-Risikos nur selten anzutreffen.

MEUWISSEN et al. (2000, S. 24ff.) analysierten die Risikowahrnehmung von niederländischen Tierhaltern. Im Rahmen einer Studie benannten die befragten Tierhalter ansteckende Tierseuchen als eine der bedrohlichsten Risikoquellen für ihre Betriebe. Bei der Evaluierung der Ergebnisse ist anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Erhebung die KSP in den Niederlanden akut ausgebrochen war und somit möglicherweise die Sensibilität der Befragten beeinflusste und Verzerrungen bei den Einstufungen auslöste. Der Ausbruch der KSP verlangt gleichartige Bekämpfungsmaßnahmen wie im Falle von MKS und bewirkt analoge Schadenvolumen in der Schweineproduktion. Als Resultat einer jüngeren Studie unter deutschen Milchhaltern schlussfolgern WOCKEN et al. (2008, S. 12) auf eine relativ schwach manifestierte Wahrnehmung des Tierseuchenrisikos. Dabei werden sowohl die Eintrittswahrscheinlichkeit als auch die Schadenwirkungen durchschnittlich als relativ moderat bewertet. Die Autoren führen

diese Bewertung teilweise auf das zeitlich weit zurückliegende Auftreten von Tierseuchen in der Milchviehhaltung zurück. Dieser empirische Befund kann die geringe Marktpenetration privatwirtschaftlicher Versicherungsangebote in Deutschland erklären (vgl. Abschnitt 4.1.2.4). Im Gegensatz zu der Untersuchung in Deutschland kommen MORALES et al. (2008, S. 7) bei einer Erhebung unter europäischen Landwirten- darunter auch deutsche Tierhalter- zu dem Fazit, dass Tierseuchen als gewichtiges Risiko in der Landwirtschaft taxiert werden.

4.1.4 Bewertung der Ist-Situation auf Anreizkompatibilität

Die bisherige Konstellation in der EU ist durch eine Fülle von Fehlanreizen sowohl auf Stufe der Mitgliedstaaten als auch auf Tierhalterstufe charakterisiert. HIRSCH und NELL (2007, S. 11ff.) systematisieren diesen Sachverhalt folgendermaßen:

1. Die Subventionierung der Risikokosten ist positiv korreliert mit den originären Risikokosten und liefert daher keinen Anreiz zur Schadenverhütung bzw. Schadeneindämmung.
2. Die Unterkompensation von Verlusten generiert Fehlanreize, Seuchenverdachtsmomente nicht oder nur retardiert zu melden.
3. Die exklusive Kompensation von Tierverlusten führt zu einem risikoerhöhenden Verhalten der Tierhalter, das durch erhöhte Tierbewegungen oder durch absichtliches Infizieren ausgelöst werden kann.

4.1.4.1 Subventionierung von Hochrisiko-Einheiten

Die Subventionierungshöhe der EU-Instrumente dokumentiert eine positive Korrelation mit den Risikokosten sowohl auf Ebene der Mitgliedstaaten als auch Tierhalterebene. Dies erzeugt eine Anreizminderung zur Realisierung qualifizierter Aktivitäten zur Schadenverhütung bzw. Schadeneindämmung und fördert langfristig die Organisation ineffizienter Produktionsstrukturen mit hohem Seuchenrisiko.

Auf Ebene der Mitgliedstaaten wird auf diese Weise die Intensivierung der Tierhaltung regional begünstigt. In diesen Regionen werden durch Skaleneffekte relative Vorteile in allen Kostenarten außer den Risikokosten erzielt, während dem potenzierten Tierseuchenrisiko in solchen Gebieten keine adäquaten –verursachungsgerecht bemessenen- Risikokosten gegenüberstehen. Zudem werden über die Mindestanforderungen zur Seuchenbekämpfung hinaus ergriffene Maßnahmen eines Mitgliedstaates nicht bei der Finanzierung der EU-Maßnahmen

berücksichtigt. Demgegenüber ist festzuhalten, dass ein Teil der Kompensationszahlungen an Tierhalter durch den tangierten Mitgliedstaat selbst getragen werden muss.

Auf Stufe der Tierhalter verleitet der angesprochene Fehlanreiz der EU-Entschädigungspraxis zu einem Verzicht auf Biosicherheit und damit zur Steigerung des Tierseuchenrisikos. Sofern keine oder nur partiell risikoadäquate Kosten erhoben werden, erfolgt die Ausweitung riskanter Produktionsstrukturen (HIRSCH und NELL, 2007, S. 11f.; GRAMIG et al., 2006, S. 41). Limitierend wirkt hierauf in einigen Mitgliedstaaten, dass Tierseuchenfolgen (teilweise) durch die Tierhalter selbst finanziert werden müssen.

Hochkontagiöse Tierseuchen wie die MKS tangieren infolge der Politikmaßnahmen gravierend die Marktsituation in den betroffenen Ländern. Durch Handelsbeschränkungen und hiermit einhergehende Preisrückgänge erleiden alle Marktteilnehmer rückläufige Ergebnisse. Analog fließt der Nutzen aus der Seuchenprävention allen Marktteilnehmern zu (GRAMIG et al., 2006, S. 40). Individuell praktizierte und finanzierte Aktivitäten der Schadenverhütung bzw. –eindämmung stiften somit Nutzen für eine Vielzahl von Betrieben. Infolgedessen existiert der Anspruch, einen Internalisierungsmechanismus zur Lösung dieses Sachverhaltes zu installieren. HIRSCH und NELL (2008, S. 17ff.) schlagen hierzu die Etablierung eines öffentlichen Pflichtversicherers zur Entschädigung von Tierverlusten sowie Folgeschäden vor. Anreize zur Biosicherheit sollen dabei durch die Gewährung von Prämiennachlässen geschaffen werden. Diese Intention deckt sich mit politischen Forderungen nach einem Pflichtversicherer zur umfassenden Deckung der Tierseuchenschäden (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2002, S. 39f.). In Deutschland zeigen sich bereits durch die regional und z.T. betriebsspezifisch gestaltete Staffelung der Tierseuchenkassenbeiträge erste Ansätze eines Internalisierungsmechanismus.

Mit der Integration der Tierhalter in eine Pflichtversicherung entsteht möglicherweise erhöhtes moralisches Risiko, das sich in nachlassender Biosicherheit konkretisieren kann (vgl. Abschnitt 4.1.2.4). Zur Reduzierung des moralischen Risikos bietet sich die Kontrolle der Obliegenheiten –soweit unter vertretbarem Aufwand realisierbar- oder die Vereinbarung von Selbsthalten an (HIRSCH und NELL, 2007, S. 21).

4.1.4.2 Unterkompensation von Schäden

Der in vielen Mitgliedstaaten anzutreffende rudimentäre Ausgleich von Tierverlusten bzw. Folgeschäden einer Tierseuche bewirkt eine verringerte Motivation zur zeitnahen Meldung von Verdachtsfällen. Gemessen an der spezifischen betrieblichen Situation kann sich die

unterlassene Verdachtsmeldung als vorteilhaft gegenüber der unverzüglichen Bekanntgabe herausstellen (HIRSCH und NELL, 2007, S. 13). Als Resultat der verzögerten Mitteilung ist hingegen die Minderung der tierischen Leistung einzukalkulieren (vgl. Abschnitt 3.2.1.1). Des Weiteren müssen Tierhalter beachten, dass durch die MKS-Expansion Folgeinfektionen auf anderen Betrieben ausgelöst und gemeldet werden können, die dann infolge der implementierten Politikmaßnahmen zur Seuchenidentifizierung auf dem Ursprungsbetrieb führen können.

Die Stimulans zur zeitnahen Meldung geschieht in Belgien und in den Niederlanden durch reduzierte Ausgleichszahlungen für infizierte oder verendete Tiere (HORST et al., 1999, S. 369f.). Es bestehen jedoch Zweifel an der Wirksamkeit dieser Sanktionen, da in der Vergangenheit wiederholt Verdachtsfälle verspätet den Veterinärbehörden gemeldet wurden. Darüber hinaus ist es fraglich, inwieweit dieser Sachverhalt mit strafrechtlichen Konsequenzen belegbar ist (EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2005, S. 16; EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2000, S. 15).

Die Motivation der Tierhalter zur unverzüglichen Meldung von Verdachtsfällen kann dadurch gesteigert werden, dass für diesen Sachverhalt Folgeschäden in die Entschädigungszahlung einbezogen werden⁴. Dabei ist aus anreiztheoretischer Perspektive die Schadenkalkulation auf Basis aktueller Marktpreise vorzunehmen (HIRSCH und NELL, 2007, S. 19). Durch die Anforderungen der weitgehenden Neutralisierung erwächst ein Zielkonflikt zwischen der Aufrechterhaltung der Biosicherheit und der zeitnahen Meldung von Verdachtsfällen, dessen Lösung die Schlüsselrolle bei der zielführenden Implementierung anreizkompatibler Kompensationssysteme zufällt (GRAMIG et al., 2006, S. 45).

4.1.4.3 Fehlanreize für Tierhalter in Sperrgebieten

Das fehlende Äquivalent für Folgeschäden verursacht neben der unterlassenen zeitnahen Meldung von Verdachtsfällen weitere Ausprägungen des nicht-risikokonformen Verhaltens von Tierhaltern:

- Handel von Tieren vor Erreichen des optimalen Verkaufsgewichts
- Absichtliches Infizieren von Tierbeständen

⁴ Die Entschädigung von Preisverlusten infolge von Seuchenausbrüchen ist aufgrund des Kumuls nicht anzustreben.

Bei nicht vorhandenen Ausgleichszahlungen für Folgeschäden kann es beeinflusst durch die Sperrdauer bzw. durch die damit verbundenen Preisreduktionen für Tierhalter opportun sein, Tiere vor dem Erreichen des optimalen Verkaufsgewichtes zu veräußern. Die hierdurch ausgelösten Erlösschmälerungen werden günstiger bewertet als die Konsequenzen aus einer späteren Vermarktung (NIEMI und PIETOLA, 2005, S. 1ff.; vgl. Abschnitt 3.3.1). Der Tierhandel wird weiterhin beeinflusst durch eine die Tierhalter begünstigende Informationsasymmetrie zum Seuchenverlauf; hervorgerufen u.a. durch den Austausch privater Informationen. Analoges Verhalten kann die Antizipation von Sperrungen auslösen oder durch die behördlich veranlasste zeitverzögerte Errichtung von Restriktionsgebieten begünstigt sein (NIEMI und PIETOLA, 2005, S. 6; EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, 2005, S. 15). Der Handel frühreifer Tiere steigert das Transportvolumen, was aus den bereits angeführten Argumenten zu einer Vergrößerung des Verbreitungsrisikos führen kann, wenn infizierte Tiere vor dem Ausbilden klinischer Symptome zwischen Betrieben verbracht werden.

Die Konsequenzen aus einer Betriebsperrung verbunden mit dem Ausgleich für Tierverluste können beeinflusst durch die betrieblichen Produktionsverfahren z.B. in der Schweinemast dazu führen, dass Betriebe nach Keulung besser gestellt sind als vergleichbare produzierende Einheiten mit anschließender Vermarktung (NIEMI und PIETOLA, 2005, S. 1ff.; vgl. Abschnitt 3.3.1). Durch diese Fehlanreize werden Halter gesunder Herden zur Keulung ihrer Bestände motiviert. Verstärkend wirkt auf diesen Effekt die Durchführung von Sondermaßnahmen zur Marktstützung. Diese werden behördlich unter der Voraussetzung aktiviert, dass das Seuchenausmaß einen Grenzwert überschreitet. Um dieses Volumen vorsätzlich zu erreichen, sind jedoch Absprachen unter einer Vielzahl von Betrieben erforderlich (HIRSCH und NELL, 2007, S. 15).

4.2 Neue Optionen im Risiko- und Krisenmanagement

Vor dem Hintergrund der Anreizproblematik und den Erfahrungen aus historischen Seuchenausbrüchen bestehen in der EU Erwägungen zur Reorganisation des Risiko- und Krisenmanagements in der Seuchenpolitik. Im Folgenden werden ausschließlich Instrumente vorgestellt und diskutiert, die die Finanzierung der Seuchenschäden garantieren sollen. Die Darstellung der Aktivitäten, die aktuell und zukünftig zur Seuchenbekämpfung herangezogen werden können, erfolgte bereits in Abschnitt 3.2.2.

Angestrebt wird die Substitution bisheriger Ad-hoc-Maßnahmen im Instrumentarium des Krisenmanagements mit der Zielsetzung, die Transformation von Krisen in tragbare Risiken

zu vollziehen. Zu bemerken ist in diesem Zusammenhang, dass die Entwicklung dieser Instrumente eventuell durch die Charakteristika des unvorhersehbaren Eintritts bzw. des Ausmaßes solcher Ereignisse gehemmt werden (CAFIERO et al., 2005, S. 25).

4.2.1 Versicherung mit öffentlicher Beteiligung

Die KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005a, S. 7) skizziert alternativ zur ex-post Entschädigung im Falle von Naturkatastrophen oder Seuchen die Beteiligung der öffentlichen Hand an einer Versicherungslösung. Konstruktiv müssen solche Versicherungsprodukte sowohl den EU-Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen als auch den Anforderungen der WTO-Green-Box entsprechen. Als Auslöser der Leistungspflicht wird neben dem Seucheneintritt die Unterschreitung eines historischen Referenzergebnisses –z.B. in Form des durchschnittlichen Betriebsgewinnes der vorangegangenen Dreijahresperiode– um mehr als 30 % postuliert. Die Kompensation der erlittenen Verluste soll dabei nicht vollständig geschehen.

Die Etablierung einer Versicherungslösung mit öffentlicher Beteiligung ist durch die Prämiensubventionierung umsetzbar. Die genannte EU-Skizze beabsichtigt einen maximalen Zuschuss in Höhe von 50 % der Prämienkosten. Die Prämiensubventionierung durch die öffentliche Hand im Rahmen einer umfassenden Versicherungslösung für das Tierseuchenrisiko wird u.a. vom GDV (2008, S. 8) präferiert. Die Gestaltung als Pflichtversicherung ist umstritten und wird teilweise negiert mit dem Hinweis auf die eingeschränkte Entscheidungsfreiheit für Tierhalter und Versicherer (ZSCHIESCHE, 2005, S. 3).

Vor dem Hintergrund des systemischen Risikos und damit verbundenen hohen Rückversicherungskosten kann der vertraglich geregelte Verbund aus Privatwirtschaft und öffentlicher Hand die Bewältigung des Tierseuchenrisikos garantieren. Modelle dieser Art –so genannte Public-Private-Partnership (PPP) Lösungen– können durch die Risikopartnerschaft gebildet aus Tierhaltern, Versicherern und öffentlicher Hand die Basis hierfür schaffen (MEUWISSEN et al., 2006, S. 124). Die erforderlichen Ressourcen wie z.B. Finanz- und Betriebsmittel sowie Fachwissen werden von den beteiligten Instanzen abgeleitet aus ihrer spezifischen Kompetenz in den Verbund eingebracht. Die Rolle der öffentlichen Hand besteht in der Bereitstellung von Kapazitäten. Den beteiligten Erst- und Rückversicherern werden neben einer Kapazitätsbewilligung die Funktionen aus Organisation und geschäftsplanmäßiger Abwicklung zufallen. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um die Disziplinen Prämienkalkulation und Schadenabwicklung. Zur Einbindung des Staates als Rückversicherer existieren folgende Optionen (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005a, S. 8):

- Vollständige Rückversicherung zu reduzierten Preisen
- Kostenlose Bereitstellung eines Teils der erforderlichen Rückversicherungskapazitäten
- Beteiligung an der Rückversicherung in Form von „stop loss“ Vereinbarungen

Als Beispiel für eine solche PPP-Lösung führt BANKS (2005, S. 14) die Extremus AG an. Im Anschluss an die Terroranschläge vom 11. September 2001 konnten deutsche Erstversicherer ihrer Industrieklientel nur noch einen reduzierten Schutz für das Risiko aus Terroranschlägen anbieten. Erst die Etablierung dieser Risikopartnerschaft in Form einer PPP schaffte die neue Plattform zur weiteren Versicherbarkeit und wurde u.a. durch den Hinweis legitimiert, dass eine Bewältigung dieser Aufgabe nur durch den Staat und die Wirtschaft gemeinsam möglich ist. Circa 50 Erst- und Rückversicherer stellen hierzu eine Rückversicherungskapazität von zwei Mrd. Euro zur Verfügung. Bei Überschreitung dieser Schadensumme haftet die öffentliche Hand mit zusätzlichen acht Mrd. Euro.

Kritik an der Subventionierung von Versicherungslösungen begründet sich vorrangig auf dem Vorwurf der mangelnden Transfereffizienz öffentlicher Finanzmittel. Die Ineffizienz kann dabei durch erhöhte Transaktionskosten zum Abschluss sowie in der laufenden Kontrolle von Versicherungsverträgen veranlasst sein. Des Weiteren kann der öffentliche Zuschuss Umverteilungseffekte zugunsten der Versicherer auslösen, wobei die Höhe durch die Strukturen und die Wettbewerbssituation des Versicherungsmarktes beeinflusst ist. Ein weiteres unerwünschtes Resultat der Prämiensubventionierung offenbart sich möglicherweise in der Expandierung ertragreicher Produktionsverfahren, die aber mit erhöhtem Seuchenrisiko verbunden sind (CAFIERO et al., 2005, S. 30ff.).

4.2.2 Unterstützung eines Risikofonds auf Gegenseitigkeit

Eine weitere Alternative zu bisherigen Ad-Hoc-Entscheidungszahlungen verkörpern die so genannten Risikofonds auf Gegenseitigkeit. Mit Hilfe solcher Konstrukte können spezifische Risiken innerhalb von Erzeugergruppen getragen werden. Die öffentliche Unterstützung erfolgt dabei durch zeitlich limitierte und degressiv gestaltete Zuschüssen zur Finanzierung der Transaktionskosten wie z.B. des Verwaltungsaufwandes. Das im Fonds akkumulierte Kapital gewährleistet die Entschädigungszahlungen an Mitglieder bei ernsthaften Einkommensverlusten (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005a, S. 8). In der Tierhaltung wird die freiwillige Einrichtung solcher Fonds zur partiellen Neutralisierung der Verluste infolge von Tierseuchen durch politische Entscheidungsträger favorisiert (BMELV, 2008a, S. 9).

Ihrer Funktionsweise nach stellen die Tierseuchenkassen mit ihrer Kapitalakkumulation durch Pflichtbeiträge von Haltern einer Tierart somit Risikofonds auf Gegenseitigkeit dar (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2006b, S. 54). Jedoch geht die finanzielle Beteiligung des Staates bei den Tierseuchenkassen über die Bezuschussung von Verwaltungskosten hinaus. CAFIERO et al. (2005, S. 32f.) sehen in Genossenschaften und Erzeugergemeinschaften Beispiele für die kollektive Durchführung von Risikomanagementinstrumenten zur Reduzierung von Preisrisiken in der Landwirtschaft. Prinzipiell folgen die vorgeschlagenen Risikofonds der Funktionsweise von Versicherungen. Neben dem Ausgleich im Kollektiv bewirkt die Kapitalakkumulation der Fonds eine Glättung der Einkommen in der Zeit. Als vorteilhaft gegenüber konventionellen Versicherungslösungen erweisen sich die Risikofonds durch die enge Verflechtung sowie die direkten Beziehungen der Mitglieder, die geringe Überwachungskosten zu Präventivmaßnahmen und einen Rückgang der Informationssymmetrie verursachen (MEUWISSEN et al., 2006, S. 128).

In Deutschland trifft die Förderung der Risikofonds auf politischen Widerstand. So wird eine Umwidmung von Direktzahlungen zur Subventionierung der Fonds mit dem Hinweis abgelehnt, dass die Direktzahlungen selbst zur Risikoreduzierung beitragen (BMELV, 2008a, S. 10). Ein Problem bei der Installation der Fonds resultiert aus dem eventuellen Eintritt eines Kumulereignisses in der Anfangsphase der Kapitalakkumulation. Für dieses Phänomen bedarf es exakter Absprachen zur Schadenregulierung unter den Mitgliedern (CAFIERO et al., 2005, S. 32f.). Darüber hinaus sind u.a. Fragestellungen zur fiskalischen Bewertung des aufgebauten Vermögens sowie zur Gestaltung des Anspruches auf Entschädigungsleistungen zu klären (ZSCHIESCHE, 2005, S. 5). Angesichts des systemischen Risikos und der sektoralen bzw. geographischen Begrenzung von Risikofonds interpretieren CAFIERO et al. (2005, S. 33) deren Leistungspotenzial zur Tragung von Kumulrisiken als limitiert. Ein denkbarer Einsatz dieser Konstrukte besteht darin, Einzelrisiken von Tierhaltern zu bündeln und an einen konventionellen Versicherer zu transferieren. Hierdurch fungieren die Risikofonds als Intermediär zwischen Landwirten und Versicherer.

4.2.3 Gewährung einer allgemeinen Unterstützung bei Einkommenskrisen

Diese Alternative impliziert einen generellen Ansatz zur Lösung von Einkommenskrisen in der Landwirtschaft. Geplant sind hierzu die Entflechtung existierender Direktiven zum Sicherheitsnetz in spezifischen Sektoren sowie die Einrichtung normierter Bedingungen für sämtliche Bereiche. Konkret sollen bei Liquiditätsengpässen oder gravierenden Einkommens-

verlusten äquivalente Entschädigungszahlungen an betroffene Landwirte bestritten werden (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005a, S. 9).

Diese Option wird wiederholt als kritisch und impraktikabel angesehen, da Erweiterungen der Sicherheitsnetze risikoreiche Produktionsverfahren wie z.B. den Obst- und Gemüseanbau oder die Schweinemast protegieren. Langfristig werden hierdurch Fehlallokationen von Produktionsfaktoren, Umweltschäden und die Verschwendung öffentlicher Finanzen prophezeit. Die Bewilligung der weit reichenden Einkommensunterstützung beansprucht die Einstellung hoher Finanzreserven in den Haushalt der EU bzw. der einzelnen Mitgliedstaaten. Eine beabsichtigte Kofinanzierung kann durch die unterschiedlich dotierten Finanzrahmen in den Mitgliedstaaten zusätzliche Wettbewerbsverzerrungen auslösen (CAFIERO et al., 2005, S. 36).

Die Umsetzung dieser Option verlangt zudem die Normierung des Einkommensbegriffes und des Procedere zur Einkommensermittlung in den Mitgliedstaaten (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2005, S. 9). Des Weiteren ist eine stringente Aufteilung in langfristig wirkende Einkommenseffekte (z.B. durch fortwährende Energiekostensteigerungen) und kurzfristig wirksame, unvorhersehbare Ereignisse (z.B. Missernten nach Dürre) notwendig (CAFIERO et al., 2005, S. 36). Nur die letztgenannte Kategorie verkörpert die Anforderungen einer Krise und rechtfertigt somit Kompensationszahlungen. Abschließend ist anzumerken, dass dieses Instrument keine Anreize zur Installation von Risikomanagement ausübt und damit nicht dem Anspruch der Transformation von Krisen in individuell tragbare Risiken Rechnung trägt.

5 Modellbeschreibung

Die nachfolgenden Ausführungen dienen der Vorstellung des eigenen stochastischen Simulationsmodells zur Quantifizierung von MKS-Schäden in spezifischen Regionen. Beachtung finden hierbei unterschiedliche Risikofaktoren, wobei ein Akzent auf der Berücksichtigung menschlichen Verhaltens und dessen Konsequenzen für die Seuchenausbreitung liegt. Aufgrund der Vielzahl existierender Modelle ist einleitend ein Aufriss des allgemeinen Modellbildungsprozesses angebracht. Anschließend erfolgen die Beschreibung epidemiologischer Modelle sowie die Abbildung des eigenen Modellansatzes.

5.1 Grundlagen der Modellierung

Modelle stellen prinzipiell Abstraktionen von realen Prozessen oder Systemen dar. Diese Vereinfachung setzt einerseits Interaktionen im Modell voraus. Andererseits müssen Raten zur Ausführung dieser Interaktionen durch Parameter vorgegeben werden (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 66). Die Notwendigkeit zur Vereinfachung begründet sich vor allem durch (TAYLOR, 2003, S. 9ff.):

- die hohe Variabilität realer Größen
- den hohen Einfluss des Zufalls auf Prozessergebnisse
- die komplexen Verkettungen einzelner Ereignisse
- die Verhaltensänderungen in der Zeit

Eine hohe Variabilität zeigt sich beispielsweise in seuchenspezifischen Parametern wie den Inkubationszeiten oder der Empfänglichkeit von Tieren (vgl. Abschnitt 3.2.1). Eine weitere variable Größe stellt die Höhe der tierischen Leistung dar, bei der zwischen einzelnen Tieren bzw. Betrieben starke Schwankungen auftreten können. In der Realität können dieselben Stimuli abweichende Reaktionen von Systemen auslösen. So kann eine spezifische Virendosis zu einer Infektion eines Tieres führen, während ein anderes Tier bei Exposition zu derselben Menge gesund bleibt. Das Beispiel der Infektion illustriert zudem die Verkettung von Ereignissen. Die Infektion eines Tieres kann durch Kontakte die Infektion weiterer Tiere bewirken: das Eintreten konkreter Ereignisse ist somit abhängig vom Ergebnis vorangegangener Ereignissen, was zufällige Einflüsse in einer hohen Varianz der Prozessergebnisse reflektiert. Darüber hinaus ist es erforderlich, Verhaltensänderungen spezifischer Systemkomponenten Rechnung zu tragen. Bei Tierseuchen sind z.B. Änderungen im menschlichen Verhalten

denkbar, die sich in einer schnelleren Meldung von Verdachtsfällen durch Tierhalter mit zunehmender Epidemiedauer einstellen.

Inwieweit die genannten Aspekte bei der Modellierung Berücksichtigung finden, hängt u.a. von der jeweiligen Zielsetzung ab. BERG und KUHLMANN (1993, S. 8f.) unterscheiden zwischen der Erklärung von Zusammenhängen und der Prognose endogener Größen als Hauptziele. Erstgenannte Zielsetzung setzt die strukturelle Übereinstimmung des Modells mit der Realität voraus, während die Prognose von Systemoutputs allein die verhaltensmäßige Übereinstimmung erfordert.

Der Einsatz epidemiologischer Modelle verfolgt u.a. folgende Zielsetzungen (DANGL, 2003, S. 5):

- Strukturierung des existierenden Wissens
- Förderung des Verständnis der Seuchendynamik
- Prognose des Seuchenausmaßes
- Überprüfung und Optimierung von Kontrollmaßnahmen
- Entscheidungsunterstützung z.B. von Behörden

Von zentraler Relevanz für die Modellbildung sind die Datenverfügbarkeit sowie das Verständnis der realen Prozesse. In Tabelle 4 ist die Systematisierung von Modellen in Abhängigkeit dieser beiden Größen dargestellt.

Tabelle 4: Modellklassifikation nach Datenverfügbarkeit und Prozessverständnis

		Qualität/ Quantität der Daten	
		Gering	Hoch
Prozessverständnis	Gering	Einsatz zur Hypothesenbildung	Überprüfung von Hypothesen
	Hoch	Vereinfachte Reproduktion historischer Ereignisse, Durchführung von Szenarienrechnungen, aber geprägt von Unsicherheiten bezüglich der Modellaussagen	Hochwertige Abbildung von Ereignissen, Einsatz zur Prognose zukünftiger Ereignisse

Quelle: Eigene Darstellung nach: KITCHING et al., 2006, S. 299.

Die Eingliederung von epidemiologischen Modellen in die obige Klassifizierung wird in der Literatur kontrovers diskutiert. So verweist TAYLOR (2003, S. 13) auf ein hoch ausgeprägtes Verständnis der Seuchendynamik; auch im Fall der MKS. Infolge des seltenen Auftretens

ergeben sich allerdings Probleme aufgrund der rudimentären Datenbasis sowie der hohen Variabilität einzelner Größen wie z.B. der Vielzahl unterschiedlicher Subtypen des MKS-Virus. Andere Autoren hingegen stufen sowohl das Prozessverständnis als auch die Datenbasis in vielen Bereichen als gering ein. KITCHING et al. (2006, S. 299f.) verweisen auf Erfahrungen aus dem MKS-Seuchenzug in 2001. Unmittelbar nach der Seuchenentdeckung wurden Modelle zur Prognose des Seuchenverlaufes bzw. zur Effizienzbeurteilung verschiedener Kontrollmaßnahmen eingesetzt. Allerdings lagen für diese Modelle zum Zeitpunkt der Erstellung nur eingeschränkt Daten zu infizierten Betrieben in der Initialphase der Epidemie sowie zur Virulenz und Übertragung des auftretenden Virustyps vor. Der Einsatz zur Prognose scheint somit nicht gerechtfertigt.

Im Laufe der Zeit wurde eine Vielzahl differenter Modelltypen entwickelt, wobei sich in der Literatur keine allgemein gültige Systematisierung behaupten konnte. Für das weitere Procedere erscheint die von TAYLOR (2003, S. 13ff.) vorgenommene Klassifizierung sinnvoll. Darin werden epidemiologische Modelle differenziert aufgrund der Behandlung von:

- Variabilität, Zufall und Datenunsicherheiten
- Zeit
- Raum

Die Negierung zufälliger Größen geschieht in deterministischen Modellen. Dabei werden Durchschnittswerte für die Modellparameter verwendet. Deterministische Modelle produzieren für gegebene Inputgrößen genau ein einziges Ergebnis. Ihr Vorteil liegt in der Realisierung von Sensitivitätsanalysen, um den Einfluss spezifischer Inputgrößen bzw. deren Variation auf die Modellergebnisse zu quantifizieren (DANGL, 2003, S. 8). Im Gegensatz dazu involvieren stochastische Modelle Zufallselemente. Durch die Einbindung von Varianzen bzw. Zufall in Form der Randomisierung einzelner Parameter und den wiederholten Modelldurchlauf generieren stochastische Modelle Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Ergebnissen (TAYLOR, 2003, S. 14).

Die unterschiedliche Berücksichtigung der Zeit trennt Modelle in diskrete und kontinuierliche Modelle. Diskrete Modelle segmentieren die Zeit in gleichgroße Einheiten z.B. Tage. Als vorteilhaft erweisen sich diskrete Modelle durch die Verwendung von Differenzgleichungen und die Möglichkeit zu einfachen Abbildung von saisonalen Effekten. Kontinuierliche Modelle hingegen basieren auf Differentialgleichungen und charakterisieren die Zeit als kontinuierliche Größe (DANGL, 2003, S. 8; TAYLOR, 2003, S. 16).

Epidemiologische Modelle repräsentieren die Seuchenausbreitung in Populationen. In der Realität folgen die Individuen einer Population einer bestimmten Anordnung im Raum. Somit nimmt die räumliche Dimension eine relevante Größe in der Modellierung von Seuchen ein (KOSTOVA, 2004, S. 7). In einigen Modellen wird der räumlichen Verteilung keine Rechnung getragen; diese Modelle folgen der These einer homogen verteilten Population.

Der prinzipielle Ablauf der Modellbildung ist in Abbildung 13 schematisch dargestellt.

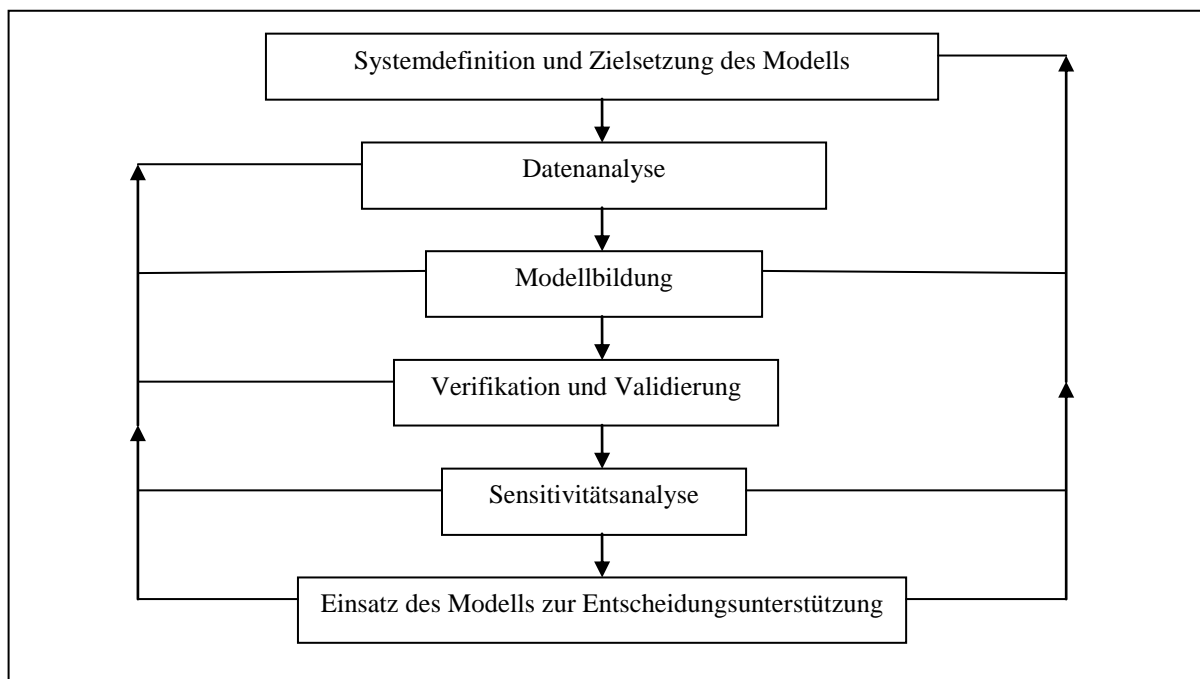


Abbildung 13: Phasen im Modellbildungsprozess

Quelle: Eigene Darstellung nach: TAYLOR, 2003, S. 17.

Ausgangspunkt der Modellbildung ist die eindeutige Definition eines Ziels verbunden mit der Abgrenzung des zu modellierenden Systems. Anschließend bedarf es der detaillierten Analyse der Systemkomponenten und der benötigten Daten, um die Modellstruktur zu statuieren. Verifikation bzw. Validierung repräsentieren unverzichtbare Schritte zur Revision der Modellergebnisse durch interne Kontrollen bzw. durch Vergleiche mit realen Resultaten. Sensitivitätsanalysen werden genutzt, um die Sensitivität der Modellergebnisse bei unsicheren Daten oder Daten mit hoher Variabilität zu ergründen. Der abschließende Schritt der Modellbildung besteht in der Präsentation der Resultate an die Entscheidungsträger. Bei der Interpretation sind die jeweiligen Limitierungen der Modelle zu berücksichtigen, die den

Transfer von Modellergebnissen auf das zugrunde liegende System stark einschränken können.⁵

5.2 Modellüberblick

Aufgrund der oftmals verheerenden Konsequenzen stellen hochinfektiöse Seuchen bzw. Krankheiten bedeutende Forschungsobjekte in der Human- und Veterinärmedizin dar. Infolge der gesteigerten Sachkenntnisse und der Schaffung technischer Systeme, die den Einschluss zusätzlicher Einflussfaktoren erlauben, erfolgte die Entwicklung einer Vielzahl unterschiedlicher Modelle zur Abbildung von Seuchenverläufen in Populationen. Vor dem Hintergrund des großen Modellspektrums skizzieren die folgenden Ausführungen ausschließlich relevante Modelle bzw. Konstrukte, deren Elemente partiell in das eigene konzipierte Modell einfließen.

5.2.1 Das SIR-Modell

Als Standardmodell in der Epidemiologie wird das so genannte SIR-Modell eingestuft, das für eine Modellvielfalt die Basis gestaltet. Das SIR-Modell segmentiert die Individuen einer Population in drei Zustände (DANGL, 2003, S. 19):

- *S* (susceptible): empfänglich
- *I* (infected): infiziert
- *R* (recovered, removed): genesen, immun, gekeult

Im Zustand *S* befinden sich alle gesunden Individuen, die empfänglich für den Infektionserreger sind ohne bisher in Kontakt mit diesem gestanden zu haben. Den Zustand *I* besitzen sämtliche infizierten Individuen der Population, während die genesenen bzw. gekeulten Individuen im Zustand *R* verweilen. Individuen folgen bei Zustandsmodifikationen folgendem Schema:

$$S \rightarrow I \rightarrow R$$

Zur Modellierung der Übergänge von einem Zustand in den anderen bieten sich in diskreten Modellen Differenzgleichungen bzw. Markov-Ketten zur Abbildung der Übergangsmatrix

⁵ KITCHING et al. (2006, S. 202ff.) führen in diesem Kontext die Fehlschlüsse aus Prognosen und Empfehlungen zur Ausgestaltung der Bekämpfungsstrategie für den MKS-Ausbruch 2001 im Vereinigten Königreich an, die aus ungenügend validierten Modellen resultierten.

an. In kontinuierlichen Modellen werden die Übergänge mittels Differentialgleichungen abgebildet. Im einfachen Fall der geschlossenen Population, d.h. ohne Zu- oder Abgang von Individuen, und der Vernachlässigung von Geburten sowie nicht krankheitsbedingten Todesfällen wird die Population N durch nachstehende Gleichung repräsentiert:

$$N(t) = S(t) + I(t) + R(t) \quad (7)$$

wobei $S(t)$ die Anzahl der empfänglichen, $I(t)$ die Anzahl der infizierten und $R(t)$ die Anzahl aller genesen bzw. gekeulten Individuen zum Zeitpunkt t wiedergeben. Mit Hilfe der Verbreitungsrate β und der Genesungsrate σ folgen:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta I(t) S(t) \quad (8)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta I(t) S(t) - \sigma I(t) \quad (9)$$

$$\frac{dR}{dt} = \sigma I(t) \quad (10)$$

In diesem Kontext ist die Basis-Reproduktionszahl R_0 anzuführen, die durch $R_0 = \beta/\sigma$ definiert ist. Die Basis-Reproduktionszahl gibt die Anzahl von Folgeinfektionen eines infizierten Individuums wieder und liefert eine Aussage zur Seuchenentwicklung: Wenn R_0 Werte < 1 annimmt, so sinkt die Anzahl infizierter Individuen in der Population. Im umgekehrten Fall findet eine weitere Seuchenausbreitung statt.

Das SIR-Modell bietet eine große Spezifikationsvielfalt. So ist die Erweiterung der möglichen Zustände oder die Modellierung offener Populationen realisierbar. Parameter können zur Aufnahme weiterer Kontrollmaßnahmen wie z.B. die präventive Keulung komplettiert werden. In diskreten Modellansätzen ist zudem die zeitabhängige Formulierung von Parametern umsetzbar (vgl. z.B. MATTHEWS et al., 2003, S: 1659ff.; DURAND und MAHUL, 2000, S. 121ff.).

BATES et al. (2003, S. 196) stufen SIR-Modelle bzw. darauf basierende Erweiterungen als geeignete Konstrukte zur Seuchenabbildung auf Makroebene z.B. im Rahmen von Prognose der Dauer bzw. des Ausmaßes nationaler Epidemien ein. Hingegen liefern sie keine Information zur räumlichen Verteilung der infizierten Individuen. Weitere Kritikpunkte sind zum einen die Missachtung heterogener Populationen bzw. Populationsdichten sowie zum anderen die starke Vereinfachung der realen Übertragungswege.

5.2.2 Räumliche Modelle mit einfacher Abbildung von Kontakten

Während des MKS-Ausbruches 2001 erfolgte die Entwicklung einer Vielzahl unterschiedlicher Modelle zur Prognose der Epidemiedauer und des –ausmaßes sowie der Effizienz unterschiedlicher Kontrollstrategien (vgl. z.B. KEELING et al., 2001, S. 813ff.; FERGUSON et al., 2001, S. 413ff.). Im Anschluss an den Seuchenzug wurde der Fokus aufgrund der verbesserten Datenkonstellationen auf die statistische Analyse der Ausbreitung gelegt. An dieser Stelle wird der Ansatz von STER und FERGUSON (2007, S. 1ff.) vorgestellt, deren Vorgehensweise an den Ansatz von KEELING et al. (2001) angelehnt ist.

Die Autoren schätzen in ihrem Modell spezifische Übertragungsparameter der MKS unter Verwendung von Markov-Kette Monte-Carlo (MCMC) Verfahren. Die Analyse bindet über 130.000 Betriebe ein, die durch Positionierung im Raum sowie die jeweilige Tierzahl getrennt nach Tierarten gekennzeichnet sind. Diese Datengrundlage wird ergänzt um Informationen aus der Epidemie 2001. Darin sind die Lage infizierter Betriebe, die jeweiligen (geschätzten) Infektionszeitpunkte und die Zeitpunkte der Seuchenentdeckung bzw. der Keulung enthalten. Das Schätzmodell ist hinsichtlich der Tierarten auf Rinder und Schafe limitiert; Schweine bleiben wegen ihrer geringen Relevanz am Seuchenverlauf adäquat der Anzahl betroffener Tiere unberücksichtigt. Somit ist ein Betrieb i durch die Anzahl von Rindern n_i^c sowie die Zahl von Schafen n_i^s gekennzeichnet. S_c bzw. S_s repräsentieren die Empfänglichkeit je Rind bzw. Schaf, während Übertragungsraten je Rind bzw. Schaf im Modell durch I_c bzw. I_s wiedergegeben sind. Die Zeitabhängigkeit besteht im Modell durch die Berücksichtigung des Zeitpunktes T_{Cut} , ab dem ein nationales Bewegungsverbot von Tieren sowie rigidere Kontrollmaßnahmen bestehen. Damit einhergehen Veränderungen der Kontaktwahrscheinlichkeit sowie der Übertragungs- bzw. Empfänglichkeitsparameter. Der Parameter ρ dient der Modellvariation hinsichtlich der zufälligen bzw. geordneten Durchmischung von Tierarten beim Infektionsprozess. Die Abbildung des Kontaktverhaltens zwischen tierhaltenden Betrieben geschieht im Modell vereinfacht über $k(d_{ij})$ als Funktion der euklidischen Distanz zwischen den Betrieben. Diese Funktion wird anhand der realen Seuchenausbreitung parametrisiert.

Die Infektionswahrscheinlichkeit β_{ij} eines Betriebes i bei Kontakt mit einem infizierten Betrieb j ist definiert als:

$$\beta_{ij}(t) = \underbrace{\begin{pmatrix} n_i^c & n_i^s \end{pmatrix}}_{\text{empfänglicher Betrieb } i} \underbrace{\begin{pmatrix} S_c I_c(t) & \rho S_c I_s(t) \\ \rho S_s I_c(t) & S_s I_s(t) \end{pmatrix}}_{\beta} \underbrace{\begin{pmatrix} n_j^c \\ n_j^s \end{pmatrix}}_{\text{infizierter Betrieb } j} * k(d_{ij}, t) \quad (11)$$

mit:

$$I_c(t) = \begin{cases} I_c^{pre}, & \text{falls } t \leq T_{Cut} \\ I_c^{post}, & \text{sonst} \end{cases} \quad \text{und} \quad I_s(t) = \begin{cases} I_s^{pre}, & \text{falls } t \leq T_{Cut} \\ I_s^{post}, & \text{sonst} \end{cases} \quad (12)$$

sowie

$$k(d_{ij}, t) = \left(1 + \frac{d_{ij}}{a(t)}\right)^{-\gamma(t)} = \begin{cases} \left(1 + \frac{d_{ij}}{a^{pre}}\right)^{-\gamma^{pre}}, & \text{falls } t \leq T_{Cut} \\ \left(1 + \frac{d_{ij}}{a^{post}}\right)^{-\gamma^{post}}, & \text{sonst} \end{cases} \quad (13)$$

Der gewählte Modellansatz erlaubt eine gute Anpassung an den realen Verlauf des MKS-Seuchenzuges 2001. Dies gilt sowohl für die Anzahl von infizierten Betrieben im Zeitverlauf als auch für deren räumliche Verteilung. Zudem spiegelt sich in den geschätzten Modellparametern die höhere Infektiosität von Rindern gegenüber Schafen wider (vgl. Abschnitt 3.2.1).

Positiv zu bewerten ist die Berücksichtigung von Heterogenitäten hinsichtlich der räumlichen Verteilung von Betrieben sowie der Betriebsgröße. Zudem trägt dieser Modellansatz der Empfänglichkeit bzw. der Übertragung von MKS durch unterschiedliche Tierarten Rechnung. Dem gegenüber steht die simplifizierte Darstellung der Kontakte zwischen Betrieben als Funktion der Distanz. Darüber hinaus ist fraglich, inwieweit das Modell Parametervariationen wie z.B. Änderungen des Seuchenursprungs oder die Einbindung von Schweinen erlaubt.

5.2.3 Modelle mit Kontaktnetzwerk

Die Kritik an der vereinfachten Abbildung des betrieblichen Kontaktverhaltens hat zur Entwicklung von Modellen geführt, in denen dieser Sachverhalt eine detaillierte Modellierung erfährt. Zu dieser Modellgruppe zählt beispielsweise „InterSpread“, das zur Prognose des Seuchenzuges von 2001 im Vereinigten Königreich (vgl. MORRIS et al., 2001, S. 137ff.) und zur Simulation eines MKS-Ausbruches in Neuseeland angewendet wurde. Basierend auf den Zuständen des SIR-Modells erlaubt „InterSpread“ die stochastische Simulation der Übertragung über vielfältige Kontakte zwischen Betrieben, die direkt über Tierhandel oder indirekt über Intermediäre wie z.B. Personen erfolgen können. Der Einsatz setzt entsprechende Angaben zur Kontakthäufigkeit, zurückgelegte Distanzen sowie zu denkbaren Zielbetrieben voraus. Neben dem Kontaktnetzwerk bezieht „InterSpread“ die lokale Verbreitung sowie die Verbreitung über größere Entfernungen durch Wind in die Ausbreitung ein. Voraussetzung sind ausführliche Informationen zur Positionierung von Betrieben bzw. Viehmärkten und zur

Betriebsgröße bzw. -typ. Neben der Seuchenexpansion berücksichtigt das Modell unterschiedliche Kontrollstrategien (SANSON et al., 2006, S. 1ff.). „InterSpread“ bildet die Basis für das Modell InterCSF, dessen Entwicklung durch den KSP-Ausbruch in den Jahren 1997/ 1998 in den Niederlanden initiiert wurde. In diesem Modell erfolgt die Simulation der KSP-Verbreitung über Tier-, Personen- und Fahrzeugkontakte zwischen schweinehaltenden Betrieben (MANGEN et al., 2002, S. 142).

BATES et al. (2003, S. 195ff.) nutzen ein Simulationsmodell zur Evaluierung verschiedener MKS-Bekämpfungsstrategien. Die untersuchte Region bilden verschiedene Bezirke in Kalifornien. Zur Simulation der Seuchenausbreitung parametrisieren die Autoren spezifische Kontaktraten für den paarweisen Kontakt zwischen Betrieben. Als Grundlage hierzu dienen u.a empirische Erhebungen unter Tierhaltern. Die Übertragungswahrscheinlichkeiten werden in Abhängigkeit vom Kontakttyp anhand von Expertenmeinungen vorgegeben.

Anwendungen des beschriebenen Modellansatzes für Deutschland finden sich selten. Das von WILLMS (2006) entwickelte Modell dient zur Simulation der MKS-Verbreitung ausgehend von einem Ferkelerzeugerbetrieb. Zur Abbildung des Kontaktnetzwerkes werden empirisch erhobene Kontaktraten des untersuchten Ferkelerzeugerbetriebes genutzt. Dabei ist die Untersuchung auf den Landkreis Osnabrück beschränkt. KARSTEN (2004) simuliert die Kontakte zwischen schweinehaltenden Betrieben zur Darstellung der KSP-Ausbreitung in deutschen Regionen. Die Expansion erfolgt ausgehend von zufällig ausgewählten Betrieben über verschiedene Kontakte, wobei die Kontaktraten unabhängig von Betriebstyp und -größe formuliert sind.

Anlass zu Kritik gibt bei der Abbildung des Kontaktnetzwerkes die hohe Anzahl obligatorischer Modellparameter, die einer Quantifizierung auf Basis von empirischen Erhebungen bzw. Annahmen bedürfen. Zudem entsteht durch die oftmals hohe Komplexität des realen Netzwerkes ein entsprechend hoher Modellierungs- bzw. Rechenaufwand. Hingegen erlaubt dieser Ansatz eine geeignete Realitätsanpassung (KEELING, 2005, S. 1197). So ist eine Variation des Kontaktverhaltens hinsichtlich verschiedener Betriebstypen oder -größen realisierbar. Darüber hinaus können die Übertragungswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit des zugrunde liegenden Kontakttyps formuliert werden.

5.2.4 Agentenbasierte Simulationsmodelle

BERGER (2000, S. 35f.) zählt agentenbasierte Simulationsmodelle zu Modellansätzen des Forschungsbereichs „Artificial-Life“. Kennzeichnend für diese Computermodelle sind

Interaktionen zwischen künstlichen Agenten. Die Agenten zeichnen sich durch adaptives Verhalten aus und streben nach der Erhöhung eines Zielwertes – z.B. Nutzen oder Gewinn – im Zeitablauf. Weiter stellen die Agenten autonome Einheiten dar und stehen in einem Informationsaustausch zu anderen Agenten in ihrem System. Je nach Komplexitätsgrad der Simulationsmodelle kann Verhalten der Agenten heterogen ausgestaltet werden, so dass unterschiedliche Agenten nach abweichenden Regeln agieren. Die Modellierung menschenähnlicher Agenten dient vornehmlich der Untersuchung, wie der Zusammenschluss von Individuen zu komplexen Ergebnissen auf der Makroebene eines Systems führt (BERGER, 2001, S. 245ff.).

Beispiele für die Anwendung agentenbasierter Modelle in der agrarökonomischen Forschung finden sich bei BALMANN (1995), der hiermit die räumliche Anordnung von landwirtschaftlichen Betrieben und somit lokale Konkurrenzen auf dem Pachtmarkt abbildet. Als Agenten fungieren solche Betriebe, die autonom und begrenzt rational Entscheidungsprobleme hinsichtlich der Pacht zusätzlicher Flächen oder deren Aufgabe lösen. Somit dient dieser Ansatz der Abbildung eines regionalen Strukturwandels. BERGER (2000) nutzt einen agentenbasierten Simulationsansatz zur Erforschung von Innovationsprozessen, Wettbewerbssituationen sowie Ressourceneinsatz in der Landwirtschaft. HAPPE und BALMANN (2003) analysieren mit Hilfe eines agentenbasierten Modells die Auswirkungen unterschiedlicher Formen der Direktzahlungen auf den Strukturwandel und die Wettbewerbsfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe in ausgewählten Regionen.

5.3 Aufbau des Simulationsmodells

Nach der Vorstellung relevanter epidemiologischer Modelle wird im Folgenden das eigene Modell zur Quantifizierung von Schäden infolge eines MKS-Ausbruches erläutert. Der gewählte Ansatz stellt ein agentenbasiertes räumliches Simulationsmodell dar. Dieses ist in zwei aufeinander aufbauende Submodule zur

- Simulation der Seuchenausbreitung und -bekämpfung
- Schadenkalkulation

segmentiert.

5.3.1 Simulation von Seuchenausbreitung und –bekämpfung

Ausgehend von den eingangs skizzierten Modellen ist das in dieser Arbeit entwickelte Simulationsmodell durch zwei wesentliche Erweiterungen gekennzeichnet. Zum einen

beinhaltet das Modell die realitätsnahe Abbildung von Netzwerken zwischen tierhaltenden Betrieben durch die Anwendung von Tourenplanungs-Verfahren. Zum anderen finden die Entscheidungen von Tierhaltern bezüglich des Tierverkaufes bei Ankündigung einer Betriebsperrung Berücksichtigung, da diese Einfluss auf den Seuchenverlauf nehmen. Dieses Entscheidungsverhalten wird dabei in Abhängigkeit zur Entschädigungspraxis abgebildet. Zur Abbildung dieser Interaktionen fällt die Wahl auf ein agentenbasiertes räumliches Simulationsmodell, wobei Heterogenitäten im Verhalten unterschiedlicher Tierhalter berücksichtigt werden. Neben den Tierhaltern stellen in dem Modellansatz die Betriebe des vor- und nachgelagerten Bereichs Agenten dar, deren Zielfunktion in der Minimierung der Gesamtstrecke von Touren zwischen tierhaltenden Betrieben besteht.

Die kleinste betrachtete Einheit auf landwirtschaftlicher Ebene stellen die Betriebe bzw. Tierherden dar. Die Möglichkeit örtlich getrennter Herden eines Betriebes wird im Modell vernachlässigt. Alle landwirtschaftlichen Betriebe sind mit ihren Eigenschaften in einer Betriebsmatrix zusammengefasst. Als Agenten sind die Betriebe neben der Zielfunktion durch folgende Attribute charakterisiert:

- Positionierung im Raum
- Anzahl der Tiere in den verschiedenen Betriebszweigen
- Biologische Kennziffern der Betriebszweige
- Gesundheitszustand
- Restriktionszustand
- Position in Netzwerken, die mindestens einen infizierten Betrieb aufweisen
- Geschäftsbeziehungen zu den Betrieben des vor- und nachgelagerten Bereichs

Die Betriebe des vor- und nachgelagerten Bereichs sind neben der Zielfunktion durch ihre Lage im Raum sowie durch eine maximale Transport- bzw. Kundenkapazität gekennzeichnet.

Auf Grundlage der Betriebsmatrix erfolgt in diesem Submodul die Simulation der Seuchenverbreitung ausgehend von infizierten Betrieben. Zur Berücksichtigung der Zeit wird ein diskreter Ansatz gewählt, in dem der Tag t die Zeiteinheit bildet. Auf Basis der simulierten Kontakte und Bekämpfungsmaßnahmen wird zu jedem Tag t der Zustandsvektor jedes Betriebes neu berechnet, der den Gesundheits- bzw. Restriktionszustand sowie die Positionen in Netzwerken beinhaltet.

Ausgangspunkt der Seuchenverbreitung verkörpern die zum Simulationsbeginn im Zeitpunkt t_0 infizierten Betriebe. Da die MKS in Deutschland nicht endemisch auftritt, setzt ein MKS-Ausbruch folglich die Einschleppung in einen oder mehrere Tierbestände voraus (vgl. Abschnitt 3.2.1.3). Die detaillierte Abbildung unterschiedlicher Einschleppungswege unterbleibt im Modell. Eine Beachtung unterschiedlicher Einschleppungswahrscheinlichkeiten bietet sich durch die Selektion von infizierten Betrieben nach Typ, Größe bzw. Region an.

Die kleinste betrachtete Einheit im Krankheitsprozess ist die Herde. Diese Vereinfachung ist durch einen geringeren Modellierungsaufwand und die schnelle Verbreitung von MKS in einer Herde begründet (KEELING et al., 2001, S. 813). Die Zustände des SIR-Modells werden um zwei Gesundheitszustände erweitert:

- L (latent) Infizierte Herden, die noch nicht infizierend sind
- IN : Infizierte Herden, die nicht mehr als Infektionsträger wirken

Somit ergibt sich für den Krankheitsprozess folgendes Schema:

$$S \rightarrow L \rightarrow I \rightarrow IN \rightarrow R$$

Die Verweilzeiten (in Tagen) in den Gesundheitszuständen L und I werden stochastisch festgelegt, um den unterschiedlich langen Krankheitsverläufen verschiedener Herden Rechnung zu tragen (vgl. Abschnitt 3.2.1.1). Als Grundlage zur Ermittlung der jeweiligen Verweilzeiten dienen diskrete Verteilungen. Im Modell fällt die Auswahl dazu auf eine binomialverteilte Zufallsvariable ($X \sim B(n, p)$), die eine gute Abbildung der unterschiedlichen Verweildauern in den einzelnen Gesundheitszuständen erlaubt.

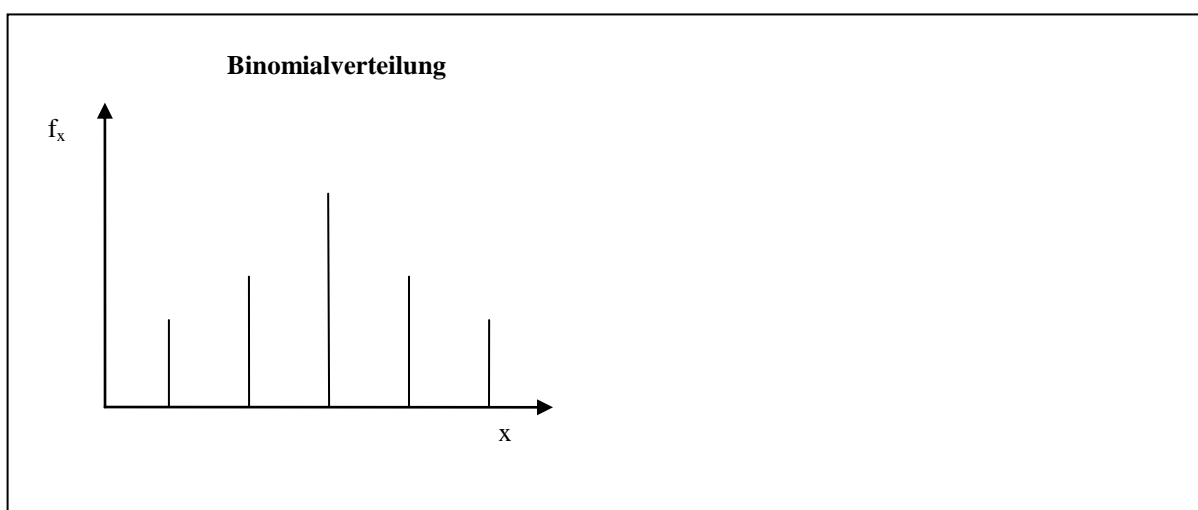


Abbildung 14: Dichtefunktion der Binomialverteilung

Quelle: HARTUNG et al., 1998, S. 199.

Abbildung 14 zeigt die Dichtefunktion der Binomialverteilung. Bei Keulung wechselt eine Herde entsprechend unmittelbar in den Zustand R .

Ausgehend von der Erörterung relevanter Risikofaktoren zur MKS-Verbreitung (vgl. Abschnitt 3.2.1.2) und deren formaler Darstellung in Abschnitt 5.2.2 determinieren die Kontaktwahrscheinlichkeit $k_{i,j}$ eines empfänglichen Betriebes i mit einem infizierten Betrieb j sowie die Übertragungswahrscheinlichkeit $\lambda_{i,j}$ bei Kontakt die Infektionswahrscheinlichkeit $\beta_{i,j}$. Als Gleichung für die Infektionswahrscheinlichkeit folgt:

$$\beta_{i,j} = k_{i,j} \cdot \lambda_{i,j} \quad (14)$$

Im Folgenden werden die jeweiligen Ansätze zur Bestimmung von $k_{i,j}$ sowie $\lambda_{i,j}$ erläutert.

5.3.1.1 Simulation der Kontakte zwischen Betrieben

Die wesentliche Vorgehensweise zur Bestimmung der Kontaktwahrscheinlichkeit $k_{i,j}$ stellt die Abbildung von Netzwerken zwischen tierhaltenden Betrieben dar, in denen mindestens ein Knoten durch eine infizierte Herde repräsentiert wird. Zur Umsetzung dieses Ansatzes dient ein mehrstufiger Prozess. Im ersten Schritt wird in jedem Zeitpunkt t über die Integration eines infizierten Betriebes j in ein Netzwerk entschieden. Bei Erfüllung dieser Bedingung schließt sich die Ermittlung aller sonstigen Betriebe in diesem Netzwerk an. Da eine Infektion den Kontakt ausgehend von einem infizierten Betrieb verlangt, ist zudem die Festlegung der Reihenfolge der Kontaktbetriebe unabdingbar. Solche Informationen liegen u.a. in gerichteten Graphen vor. Diese stellen Strukturen aus einer Menge an Knoten N sowie einer Menge an gerichteten Kanten bzw. Pfeile A dar. Dabei wird eine gerichtete Kante von Knoten a zu Knoten b als Paar (a, b) wiedergegeben (SUHL und MELLOULI, 2006, S. 167).

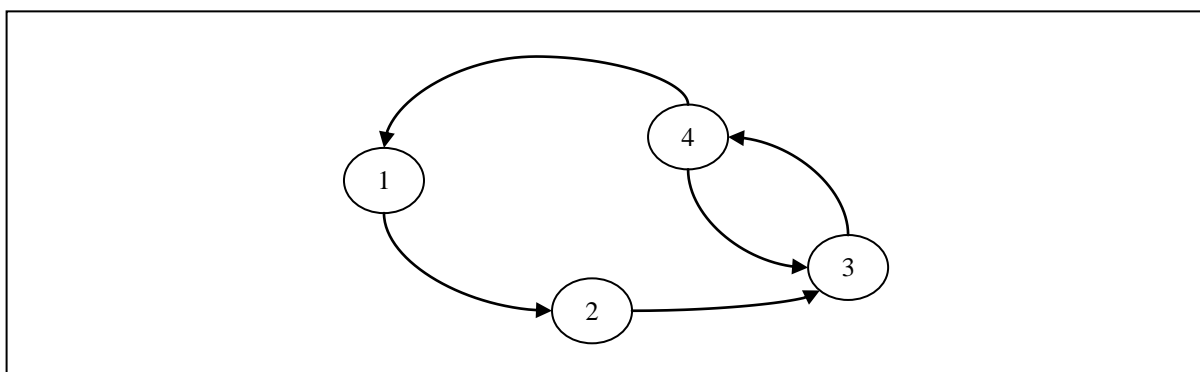


Abbildung 15: Darstellung eines gerichteten Graphen

Quelle: SUHL und MELLOULI, 2006, S. 167.

Abbildung 15 illustriert einen gerichteten Graphen mit der Knotenmenge $N = \{1, 2, 3, 4\}$ und der Menge gerichteter Pfeile $A = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 3), (4, 1)\}$.

Aus dem oftmals heterogenen Kontaktverhalten resultiert ein hoher Datenbedarf zur Abbildung der einzelbetrieblichen Kontaktstrukturen. Die empirische Erhebung dieser Daten (vgl. z.B. WILLMS, 2006, S. 131) für eine Vielzahl unterschiedlicher Betriebe erfordert einen sehr hohen Aufwand. Deshalb ist die Modellierung auf jene Netzwerke beschränkt, die durch leicht zugängliche Angaben determiniert werden (vgl. Abbildung 8). Als Informationsquellen hierzu dienen aggregierte Daten zu Produktionsprozessen bzw. Bezugs- und Absatzmärkten, wobei fragmentarische Angaben durch Expertenaussagen komplettiert werden.

Direkte Kontakte zwischen Tieren ergeben sich durch den Ferkelhandel zwischen Erzeugern und Schweinemastbetrieben sowie den Absatz von Bullenkälbern an Bullenmastbetriebe. Zu den indirekten Kontakten verursacht durch Personen oder Fahrzeuge aus vor- und nachgelagerten Unternehmen als Vektoren der Seuchenübertragung zählen im Modell die Kontakte der Betriebe durch:

- Besamungstechniker in der Rinderproduktion
- Transportfahrzeuge zur Lieferung von Handelsfuttermitteln
- Tankwagen zur Rohmilcherfassung
- Fahrzeuge der Tierkörperbeseitigungsanstalten
- Veterinäre

Darüber hinaus wird bei den indirekten Kontakten die lokale MKS-Verbreitung über unbekannte Vektoren berücksichtigt.

Unberücksichtigt bleiben somit u.a. soziale Kontakte, der Zuchttierhandel, der Absatz von Masttieren sowie die weiträumige Verbreitung über Wind. Die Modellierung dieser Kontakte ist durch die erwähnten Determinanten nicht möglich bzw. mit einem umfangreichen Datenbedarf verbunden. So verlangt die modellhafte Darstellung der MKS-Verbreitung über Wind detaillierte Angaben zu meteorologischen Parametern sowie zum Relief der analysierten Region (vgl. z.B. SÖRENSEN, 2003).

Direkte Kontakte durch den Tierhandel

Die Zuordnung der betriebsindividuellen Tierzahlen verlangt den Verkauf aller masttauglichen Jungtiere, sofern keine eigenen Mastkapazitäten genutzt werden. Andernfalls erfolgt die komplette Eigenmast, wodurch die ansonsten notwendigen tierspezifischen Entscheidungen

über Verkauf oder Eigenmast entfallen. Die Reihenfolge der Betriebe ist determiniert durch die Prozesskette, in der Kontakte ausgehend von den Aufzuchtbetrieben zu den Mastbetrieben erfolgen.

Ferkelabsatz

Die Ferkelerzeugung ist allgemein durch eine rhythmische Produktion charakterisiert. Der Produktionsrhythmus ist dabei durch das Zeitintervall zwischen zwei wiederkehrenden biologischen oder technologischen Ereignissen gekennzeichnet. Diese Ausrichtung bedingt die Segmentierung der Herde in Tiergruppen mit identischem Produktionsstatus. Erreicht werden hierdurch die Rationalisierung der Arbeitsabläufe und eine exakte Planung. Darüber hinaus eröffnet sich die Gelegenheit zur Intervention in Infektionsketten sowie zur Bereitstellung größerer, ausgeglichener Ferkelpartien mit höheren Verkaufspreisen (PRANGE und KÖRÜGEL, 2004, S. 42f.; LLM, 2007, S. 172).

Der Produktionsrhythmus führt zu einem rhythmischen Ferkelabsatz FA (in Tagen) eines Ferkelerzeugers. Somit beträgt die Wahrscheinlichkeit des Ferkelabsatzes eines infizierten Ferkelerzeugers für einen gegebenen Tag:

$$P_{FA} = \frac{1}{FA} \quad (15)$$

Bei bestehender Ferkelabsatzmöglichkeit an Tag t wird zur Berücksichtigung kleiner Zuchtsauenbestände in einem Zwischenschritt die Wahrscheinlichkeit ermittelt, dass an Tag t eine Ferkelpartie zum Absatz bereit steht.

$$P_{Lit} = \frac{FA \cdot n_{ZS} \cdot FW}{365} \quad (16)$$

Dabei repräsentiert n_{ZS} die Anzahl der Zuchtsauen im Betrieb, während FW die durchschnittliche Anzahl von Ferkelwürfen je Sau und Jahr wiedergibt. Bei vorhandener Ferkelpartie folgt für die Ferkelzahl n_F aus (16):

$$n_F = \frac{FA \cdot n_{ZS} \cdot FW \cdot \varpi_{FW}}{365} \quad (17)$$

wobei der Parameter ϖ_{FW} die durchschnittliche Anzahl aufgezogener Ferkel je Wurf kennzeichnet.

Im Anschluss vollzieht sich die Selektion eines Ferkelabsatzweges. In der deutschen Schweineproduktion dominieren neben dem Direktabsatz (vgl. Abschnitt 4.1.2.1) folgende Handelswege zwischen Ferkelerzeugern und Schweinemastbetrieben:

- Händler, Genossenschaften bzw. Erzeugergemeinschaften
- Ferkelmärkte

Die Aufgabe der erstgenannten Zwischenstufe liegt in der Erfassung, Sortierung und Bündelung von Ferkelpartien, die anschließend vermarktet werden. Ferkelmärkte stellen die traditionelle Vertriebsmethode dar, die jedoch nur noch regionale Relevanz besitzen (LLM, 2007, S. 170f.). Die Zuordnung des Absatzweges geschieht zufällig, wobei für die jeweiligen Absatzkanäle in Abhängigkeit von der Größenklasse der Zuchtsauen- bzw. Ferkelzahl entsprechende Wahrscheinlichkeiten vorgegeben werden. Als Grundlage zur Ermittlung dieser Wahrscheinlichkeiten bieten sich z.B. empirische Daten zum Ferkelhandel an. Der gewählte Ansatz schließt darüber hinaus regionale Unterschiede in der Ferkelvermarktung ein. Im Modell wird ferner die Aufteilung großer Ferkelpartien bzw. die Zusammenstellung mehrerer Ferkelpartien aus verschiedenen Erzeugerbetrieben abgebildet. Handelsorganisationen sowie Ferkelmärkte stellen annahmegemäß keine Knoten in Netzwerken dar. Eine denkbare Seuchenverbreitung durch Tierkontakt auf Märkten bzw. in Ställen von Händlern bleibt somit unberücksichtigt.

Durch die Informationen über den Vermarktungsweg und das Volumen der gehandelten Ferkelpartie ist die Ermittlung der Absatzregion und des Mastbetriebes bzw. der Mastbetriebe der Ferkelpartie realisierbar. Als Basis für die Bestimmung der Absatzregion dienen Informationen zur regionalen Vermarktungssituation von Ferkeln. Bei der Zuordnung einer Absatzregion, die nicht als Modellregion fungiert, unterbleibt die weitere Reflexion der Ferkelpartie des infizierten Betriebes. Falls die ermittelte Absatzregion im Modell abgebildet ist, erfolgt abschließend die stochastische Ermittlung eines aufnehmenden Schweinemastbetriebes. Dabei werden in Abhängigkeit von Absatzweg und Partigröße Wahrscheinlichkeiten durch Expertenangaben für die Größenklasse des Mastbetriebes formuliert. Ermittelte Bezug- bzw. Absatzwege bleiben für Betriebe in der jeweiligen Iteration bestehen. Beim Direktabsatz sind ferner Bezugs- und Absatzweg konstant.

Kälberabsatz

Durch die Vernachlässigung einer möglichen saisonalen Blockabkalbung kennzeichnet die Milchproduktion eine gleichmäßige Verteilung der Kalbgeburten über das Jahr. Optional bietet das Modell die Berücksichtigung eines betrieblichen Absatzrhythmus für Bullenkälber KA (in Tagen). Dies gewährleistet die Abbildung des gemeinsamen Verkaufs von Bullenkälbern einer Altersklasse; z.B. zur Senkung der Transaktionskosten. Die Wahrscheinlichkeit eines möglichen Kälberverkaufs P_{KA} an Tag t ist entsprechend:

$$P_{KA} = \frac{1}{KA} \quad (18)$$

Bei gegebener Absatzmöglichkeit folgt für die durchschnittliche Anzahl von Bullenkälbern μ_{BK} in t :

$$\mu_{BK} = \frac{n_{MK} \cdot \omega_{BK} \cdot KA}{365} \quad (19)$$

mit der Anzahl von Milchkühen n_{MK} und der Anzahl aufgezogener Bullenkälber je Kuh und Jahr ω_{BK} . Zur Vereinfachung wird unterstellt, dass die Zahl von Tieren in der ersten Laktation identisch mit der Zahl der nicht mehr gedeckten Tiere im Bestand ist. Anhand der durchschnittlichen Kälberzahl μ_{BK} erfolgt die Ermittlung der an t zu verkaufenden Kälbern. Für Werte von $\mu_{BK} \leq 1$ repräsentiert μ_{BK} die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kalb verkauft wird. Bei $\mu_{BK} > 1$ gibt der dezimale Teil von μ_{BK} die Wahrscheinlichkeit wieder, dass $n_{BK} + 1$ Kälber abgesetzt werden, wobei n_{BK} den ganzzahligen Teil von μ_{BK} bezeichnet.

Die Entscheidung über den Absatzweg erfolgt nach vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Vermarktungskanäle, die in Abhängigkeit zur Kuhanzahl des Verkaufsbetriebes formuliert werden. Als mögliche Absatzwege zu Bullenmastbetrieben werden Direktabsatz, Vermarktungsorganisationen und Kälbermärkte berücksichtigt. Bei Absatz über die beiden letztgenannten Wege kann die Segmentierung von Kälberpartien eines infizierten Milchkuhhalters auf unterschiedliche Mäster abgebildet werden. Zusätzlich besteht die Absatzmöglichkeit von Bullenkälbern zur Kälbermast, wobei diese Tiere in der weiteren Simulation unberücksichtigt bleiben. Der mögliche Tierkontakt auf Märkten sowie in Ställen der Handelsorganisationen wird im Modell analog zum Ferkelabsatz nicht betrachtet.

Im Anschluss wird anhand des Absatzweges die Zielregion der Kälber ermittelt. Bei Verkauf in eine Modellregion ist die stochastische Auswahl eines aufnehmenden Bullenmastbetriebes erforderlich. Diese geschieht durch die Formulierung von Wahrscheinlichkeiten für Größenklassen der Bullenhaltungen entsprechend der diversen Vermarktungswege. Analog zur Ferkelvermarktung bleiben die ausgewählten Bezugs- und Absatzwege für eine Iteration bestehen.

Indirekte Tierkontakte über Vektoren des vor- und nachgelagerten Bereichs

Nachfolgend werden die jeweiligen Vorgehensweisen zur Entscheidung über das Einbinden eines Betriebes in ein Netzwerk unter Beteiligung vor- und nachgelagerter Unternehmen erläutert. Die Selektion potenzieller Kontaktbetriebe eines infizierten Betriebs erfolgt aus der Menge von Betrieben, die über eine Beziehung zu demselben Unternehmen des vor- und

nachgelagerten Bereichs verfügen. Die Abfrage eines tierhaltenden Betriebs ist für den jeweiligen Kontakttyp nur einmal in t möglich.

Als bedeutende Erweiterung zu vorherigen Modellen mit Kontaktnetzwerken beinhaltet dieses Modell zur Abbildung der indirekten Kontakte durch Personen- und Fahrzeugverkehr die Fixierung der Reihenfolge, in der die tierhaltenden Betriebe von den jeweiligen Vektoren angefahren werden. Die Ermittlung dieser Reihenfolge kennzeichnet das Standardproblem der Tourenplanung. Diese dient im Allgemeinen der Minimierung der Gesamttransportkosten bei Einhaltung diverser Restriktionen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe bieten sich exakte sowie heuristische Verfahren an. Die Vorteile der letztgenannten Gruppe bestehen in einem geringeren Rechenaufwand und in der Bewältigung größerer Modelle. Heuristische Verfahren generieren aber oftmals nur suboptimale Lösungen (SUHL und MELLOULI, 2006, S. 238ff.).

Im Modell wird zur Bestimmung der Reihenfolge das so genannte Savings-Verfahren als heuristisches Verfahren genutzt. Das Ziel besteht dabei in der Minimierung der Gesamtstrecke der Touren bei gegebenen Transportkapazitäten. Die Auswahl des Verfahrens begründet sich durch die problemlose Transformation in der Programmierung. Das Savings-Verfahren ist durch die parallele Zuordnung von Kunden zu einer Tour und der Ermittlung der kürzesten Rundreise gekennzeichnet (BRUNSWICKER, 1989, S. 31ff.). Zur Erläuterung ist die einleitende Definition relevanter Begriffe der Tourenplanung sinnvoll. Diese Termini umfassen (SUHL und MELLOULI, 2006, S. 238ff.):

- Kunden als die zu bedienenden Einheiten, die durch ihren Standort sowie den Bedarf bzw. die Liefermenge charakterisiert sind. Die Standorte der Kunden sind mit $1, 2, 3 \dots n$ nummeriert.
- Endkunde: Diese Bezeichnung gilt für den ersten bzw. letzten Kunden einer Tour.
- Tour: Diese stellt die Menge aller Kunden dar, die auf derselben Fahrt bedient werden.
- Route als die Reihenfolge, in der die Kunden einer Tour angefahren werden.
- Depot: Dieses gilt als Start- und Endpunkt einer Fahrt. Das Depot wird durch die Nummer 0 gekennzeichnet.

Die Anwendung des Savings-Verfahrens benötigt Informationen über Kunden bzw. das Depot. Diese Angaben führen zu einer symmetrischen $(n+1) \times (n+1)$ -Entfernungsmatrix $D = (d_{ij})$. Darüber hinaus sind Informationen über potenzielle Restriktionen des eingesetzten Fahrzeuges erforderlich.

In der Ausgangssituation bestehen Pendeltouren ausgehend vom Depot zu jedem Kunden und zurück. Die Gesamtstrecke zur Bedienung der Kunden i und j beträgt somit:

$$d_{ges}^0 = 2 \cdot d_{0i} + 2 \cdot d_{0j} \quad (20)$$

Zur Verbesserung gegenüber der Ausgangssituation erfolgt die Vereinigung von Touren, wobei die Verbindung durch den Übergang des Endkunden der ersten Tour zum Endkunden der zweiten Tour besteht. Die gemeinsame Bedienung der Kunden i und j führt zur Gesamtstrecke d_{ges}^* :

$$d_{ges}^* = d_{0i} + d_{ij} + d_{0j} \quad (21)$$

Die Ersparnis – als so genannter Saving-Wert SAV_{ij} bezeichnet – beträgt somit:

$$SAV_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij} \quad (22)$$

Gemäß (22) erfolgt die Ermittlung aller Saving-Werte für die Kundenpaare (i, j) mit $i < j$. Das Vereinen von Touren erfolgt in absteigender Reihenfolge der Saving-Werte, wobei das Zusammenlegen verlangt, dass die Betriebe i und j Endkunden in unterschiedlichen Touren verkörpern und die Einhaltung der gegebenen Restriktionen gewahrt ist (BRUNSWICKER, 1989, S. 31ff.).

Zur realitätsnahen Abbildung bleiben ermittelte Routen von Milchsammelwagen für die Dauer einer Iteration bestehen. Alle sonstigen Routen werden für jeden Zeitschritt t neu berechnet. Optional bietet sich im Modell die Berücksichtigung von Veterinäreinsätzen bei Notfallsituationen in Betrieben an, die aufgrund der Priorität dann die Umdisponierung der Tour erzwingt. Nach Beenden einer Tour wird für alle Vektoren des vor- und nachgelagerten Bereichs die weitere Seuchenverbreitung ausgeschlossen.

Die Ermittlung der Ansprüche der Betriebe an den jeweiligen Vektor im Personen- und Fahrzeugverkehr wird nachfolgend für die einzelnen Kontaktarten dargestellt.

Besamungstechniker in der Rinderproduktion

Die künstliche Besamung (KB) stellt ein ökonomisch und züchterisch relevantes Instrument in der Milchviehhaltung dar, das durch die Selektion geeigneter Bullen die rasche Verbreitung erwünschter Merkmale in Rinderpopulationen erlaubt (GRAVERT, 1979, S. 35). Die Modellierung der MKS-Verbreitung durch künstliche Besamung ist auf den resultierenden Personen- und Fahrzeugverkehr als Vektoren begrenzt und schließt somit die Expansion durch infiziertes Bullensperma aus.

Im ersten Schritt ist über die generelle Durchführung der künstlichen Besamung in dem infizierten Betrieb mit Milchkuhhaltung zu entscheiden. Grundlage hierfür stellen regional-spezifische Angaben zur künstlichen Besamung in Abhängigkeit von Bestandsgrößenklassen dar. Im Fall der Nutzung von KB kennzeichnet ν_{KB} die durchschnittliche Anzahl ausgeführter Besamungen je Kuh und Jahr. Die Wahrscheinlichkeit eines Besuches durch einen KB-Techniker P_{KB} in t ist somit:

$$P_{KB} = \frac{n_{MK} \cdot \nu_{KB}}{365} \quad (23)$$

Bei KB an Tag t erfolgt nach (23) die Ermittlung von weiteren Milchviehhaltern mit Zugehörigkeit zu derselben Besamungsstation, die ebenfalls in t KB realisieren. Dabei wird im Modell sichergestellt, dass Betriebe in jedem Zeitschritt nur einmal abgefragt werden.

Lieferung von Handelsfuttermitteln

Dieser Modellabschnitt spiegelt die Lieferung von Futtermitteln an tierhaltende Betriebe wider. Dabei liegt der Fokus auf der Zustellung von Kraftfutter an rinderhaltende Betriebe sowie die Versorgung von schweinehaltenden Betrieben mit Allein- oder Mischfutter. Die Seuchenübertragung ereignet sich durch Transportfahrzeuge bzw. deren Fahrer. Die mögliche Kontamination von Futtermitteln mit MKS-Viren bleibt unberücksichtigt.

Das inhomogene Verhalten von Betrieben beim Bezug von Futtermitteln wird durch die Produktionsverfahren und die Tierzahl alleine nur unzureichend erklärt. Von Relevanz für den Futtermittelkauf sind darüber hinaus:

- Lagerkapazitäten
- Anteil eigen erzeugter Futtermittel

Zur Berücksichtigung der Varianz dieser Größen erfolgt im Modell die Vorgabe von Verteilungsfunktionen für einzelne Bestandsgrößenklassen. Die Anzahl der Futterlieferungen als diskrete Größe werden durch Binomialverteilungen wiedergegeben, während die zugekauften Futtermengen je Tierplatz in den jeweiligen Verfahren aus Dreiecksverteilungen gezogen werden. Die entsprechende Dichtefunktion der Dreiecksverteilung ist schematisch in Abbildung 16 wiedergegeben.

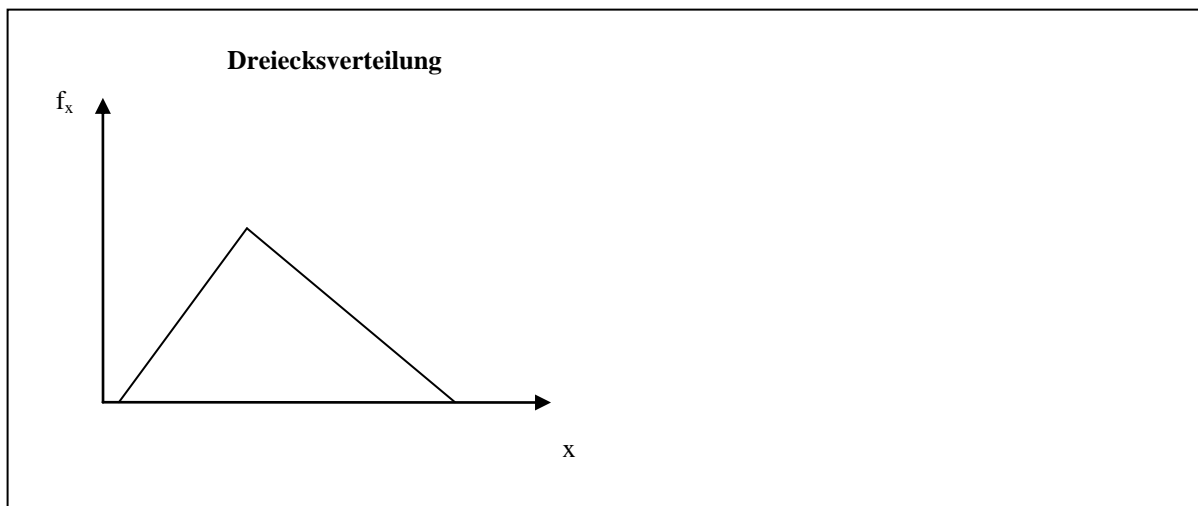


Abbildung 16: Dichtefunktionen der Dreiecksverteilung

Quelle: HARTUNG et al., 1998, S. 195.

Die Modellierung der betriebspezifischen Futterlieferungen basiert auf einem mehrstufigen Verfahren. Im ersten Schritt wird die Gesamtzahl der jährlichen Futterlieferungen FL_{ges} für einen Betrieb ermittelt. Diese Zahl resultiert aus den Lieferungen an die einzelnen Produktionsverfahren, wobei etwaige gemeinsame Lieferungen an diverse Produktionsverfahren einbezogen werden⁶. Die Wahrscheinlichkeit P_{FL} einer Futterlieferung in t definiert durch:

$$P_{FL} = \frac{FL_{ges}}{365} \quad (24)$$

Bei Futterlieferung in t erfolgt im Anschluss die stochastische Selektion der zu beliefernden Produktionsverfahren anhand der Anteile der unterschiedlichen Tourkombinationen.

Für das jeweils ausgewählte Produktionsverfahren i wird die durchschnittliche Liefermenge $\mu_{HF,i}$ berechnet. Diese ergibt sich aus dem gesamten Futterzukauf dividiert durch die Anzahl der Lieferungen an das entsprechende Verfahren. Die Menge $\mu_{HF,i}$ dient der Ermittlung der beanspruchten Transportkapazität. Im Modell wird für alle Transportfahrzeuge zur Futterlieferung die Segmentierung des jeweiligen Transportvolumens in gleichgroße Kammern mit dem Volumen κ_{HF} unterstellt. Diese Einteilung verhindert die Vermischung unterschiedlicher Futtermittel und gewährleistet die exakte Einhaltung der Liefermenge durch das Abwiegen bereits bei Befüllen des Fahrzeuges. Auf Grundlage der Variablen $\mu_{HF,i}$ und κ_{HF} ist die Berechnung der erforderlichen Kammern für die Futterlieferung an einen Betrieb realisierbar.

⁶ Die obligatorische Trennung zwischen Lieferungen an schweine- und rinderhaltende Betriebe aus Gründen des Qualitätsmanagements ist im Modell optional.

Im Fall von $\mu_{HF,i} \leq \kappa_{HF}$ wird eine Kammer des Fahrzeuges beansprucht. Wenn $\mu_{HF,i} > \kappa_{HF}$ ist, so wird anhand des Quotienten aus beiden Größen die Mindestanzahl der Kammern n_{HF} ermittelt. Anhand des Dezimalteils des Quotienten ist die stochastische Entscheidung über den Anspruch von n_{HF} bzw. $n_{HF} + 1$ Futterkammern möglich. Diese Vorgehensweise vermeidet das sonst obligate, kursorische Aufrunden von n_{HF} .

Zur Ermittlung der Kontaktbetriebe wird analog der oben erläuterten Vorgehensweise für alle Tierhalter desselben Bezugspartners über eine Futterlieferung entschieden. Bei der Trennung nach Tierarten im Rahmen des Futtermittelsverkaufes werden ausschließlich jene Betriebe berücksichtigt, die über diese Tierart verfügen.

Rohmilcherfassung

Der Verkauf der Rohmilch an Molkereien stellt den dominierenden Absatzweg in der deutschen Milchviehhaltung dar (ZMP, 2008, S. 49). Dabei erfolgt die regelmäßige Erfassung der Rohmilch im Abstand von α_{MOL} Tagen durch Tankfahrzeuge der belieferten Molkerei. Somit ist die Wahrscheinlichkeit P_{MOL} einer Milchabholung in t gegeben durch:

$$P_{MOL} = \frac{1}{\alpha_{MOL}} \quad (25)$$

Die Anzahl möglicher Kontaktbetriebe ist determiniert durch die Transportkapazität des Milchsammelwagens und durch die abgelieferte Milchmenge des jeweiligen Betriebes. Diese Menge ergibt sich bei konstanter Produktion aus:

$$K_{MOL} = \frac{\alpha_{MOL} \cdot n_{MK} \cdot \sigma_{MK}}{365} \quad (26)$$

mit n_{MK} als Anzahl der Milchkühe und σ_{MK} als die durchschnittliche Verkaufsmenge je Kuh und Jahr. Diese resultiert aus der erzeugten Menge abzüglich der innerbetrieblich verwendeten Milch wie z.B. im Rahmen der Kälberaufzucht.

Kadaverbeseitigung

Die Tierhaltung wird durch Tierverluste in der Produktion in Folge von Krankheiten oder Verletzungen beeinflusst. Exemplarisch hierzu führt PHILIPP (2004, S. 280f.) die Schweineproduktion auf, in der im Zeitraum von Geburt bis Mastende circa 20 bis 25 % der Tiere verenden. Zur Krankheitsvermeidung obliegt die Entsorgung von verendeten Tieren sowie der Nachgeburten nach dem Tierkörperbeseitigungsgesetz dem Staat. Im Allgemeinen werden diese Obliegenheiten an Tierkörperbeseitigungsanstalten delegiert.

Die Modellierung dieses Kontakttyps berücksichtigt den Abholrhythmus α_{TBA} (in Tagen), in dem bei Bedarf Kadaver eines Betriebes entsorgt werden können:

$$P_{TBA} = \frac{1}{\alpha_{TBA}} \quad (27)$$

Wenn in t die Möglichkeit zum Abtransport besteht, erfolgt die Ermittlung der durchschnittlichen Anzahl zu eliminierender Tierkörper K_{TBA} unter Berücksichtigung von α_{TBA} :

$$K_{TBA} = \frac{\alpha_{TBA} \cdot \sum_{pv=1}^4 n_{pv} \cdot v_{pv}}{365} \quad (28)$$

Dabei bezeichnet n_{pv} die Tierzahl in dem jeweils betrachteten Produktionsverfahren. Mit v_{pv} wird die jährliche Verlustrate in dem entsprechenden Verfahren abgebildet. Im Fall von $K_{TBA} < 1$ wird stochastisch über die Notwendigkeit zur Kadaverbeseitigung entschieden. In Ferkelerzeugerbetrieben finden darüber hinaus Geburten im Zeitraum seit der letzten Abholmöglichkeit Berücksichtigung, da aufgrund der hohen Geburtsverluste eine Beseitigung von toten Ferkeln bzw. Nachgeburten zwingend ist. Zur Vereinfachung entspricht die Kapazität des TBA-Fahrzeuges der maximalen Anzahl anzufahrender Betriebe; eine tiefere Ermittlung des beanspruchten Transportvolumens unterbleibt.

Veterinärbesuche

Die tiergesundheitsliche Betreuung verfolgt nach PRANGE (2004, S. 390) unterschiedliche Zielsetzungen. Einerseits dient sie der Ausschöpfung des tierischen Leistungspotenzials. Andererseits erlangt sie Bedeutung für den Tierschutz durch die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Tiergesundheit. Darüber hinaus leistet die tierärztliche Kontrolle einen Beitrag zur Produktion gesundheitlich risikofreier Lebensmittel. Diese Funktionen werden in Deutschland durch niedergelassene Tierärzte und Amtsveterinäre verrichtet, wobei im Modell nur die erstgenannte Gruppe Berücksichtigung findet.

Basis zur Abbildung dieses Kontakttyps im Modell ist die Gesamtzahl der Veterinärbesuche VB_{ges} in einem Jahr. Diese errechnet sich als Summe der Veterinärkontakte in den einzelnen Verfahren unter Beachtung der gemeinsamen Behandlung von Tieren unterschiedlicher Verfahren, wobei die Aussagen in Abhängigkeit des Produktionsverfahren und der Bestandsgrößenklasse formuliert werden. Die Wahrscheinlichkeit P_{Vet} eines Veterinärbesuches in t folgt somit als:

$$P_{Vet} = \frac{VB_{ges}}{365} \quad (29)$$

Lokale MKS-Verbreitung

Die der lokalen Seuchenverbreitung zugrunde liegenden Mechanismen sind nur fragmentarisch erklärt (vgl. Abschnitt 3.2.1.2). Ein in Simulationsmodellen für MKS oder KSP häufig verwendeter Ansatz ist die Formulierung der Kontaktwahrscheinlichkeit als Funktion der Distanz zwischen Betrieben. Grundsätzlich nimmt in diesen Funktionen die Wahrscheinlichkeit der lokalen Verbreitung mit steigender Entfernung zwischen den Betrieben ab (vgl. z.B. KARSTEN, 2004, S. 41; MANGEN und BURRELL, 2003, S. 128). Dieser Annahme wird sich im Modell angeschlossen. Die Kontaktwahrscheinlichkeit P_{lok} ist definiert durch:

$$P_{lok} = 1 - \left(\frac{d_{ij}}{d_{max}} \right)^2 \quad (30)$$

Die euklidische Distanz zwischen einem infizierten Betrieb j und einem empfänglichen Betrieb i ist wiedergegeben durch d_{ij} . Der Parameter d_{max} kennzeichnet die maximale Entfernung, über die die lokale Verbreitung stattfinden kann. Abbildung 17 illustriert diesen Sachverhalt.

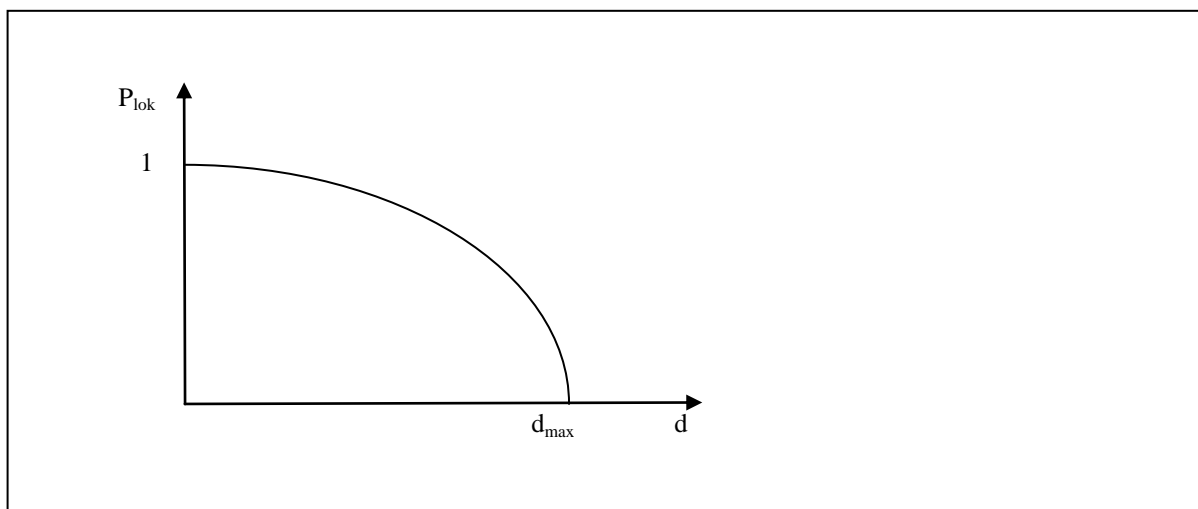


Abbildung 17: Grafische Darstellung der Kontaktwahrscheinlichkeit über lokale MKS-Verbreitung

Quelle: Eigene Darstellung.

5.3.1.2 Bestimmung der Übertragungswahrscheinlichkeiten

Der Kontakt ausgehend von einem infizierten Betrieb zu einem empfänglichen Betrieb führt nicht zwangsläufig zu einer Seuchenübertragung. Die Übertragung bei einem gegebenen Kontakt von Betrieben ist somit selber stochastischen Einflüssen ausgesetzt. Diesem Umstand wird in Simulationsmodellen durch die Einführung der Übertragungswahrscheinlichkeit Rechnung getragen.

Zur Formulierung der Übertragungswahrscheinlichkeit λ_{ij} bei einem Kontakt der Betriebe i und j werden im Modell zwei Ansätze gewählt. Im ersten Ansatz erfolgt die Bestimmung der Übertragungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Tierzahlen und –arten (vgl. Abschnitt 5.2.2). Diese Formulierung der Übertragungswahrscheinlichkeit findet sich u.a. in dem von KEELING et al. (2001, S. 817) gewählten Ansatz zur Bestimmung der Infektionswahrscheinlichkeit mit der Gesamtzahl J aller infizierten Kontaktbetriebe wieder:

$$\lambda_{i,j} = 1 - \exp \left(- (S_c \cdot n_i^c + S_s \cdot n_i^s) \cdot \sum_{j=1}^J (I_c \cdot n_j^c + I_s \cdot n_j^s) \cdot k_{i,j} \right) \quad (31)$$

Die alternative Vorgehensweise beinhaltet die Formulierung der Übertragungswahrscheinlichkeit für den jeweiligen Kontakttyp (vgl. z.B. KARSTEN, 2004, WILLMS, 2006, S. 56). Dieser Ansatz trägt der unterschiedlichen Distanz zu empfänglichen Tieren bei den diversen Kontaktarten Rechnung. So ist ein direkter Tierkontakt gemeinhin mit einer höheren Übertragungswahrscheinlichkeit verbunden als ein indirekter Kontakt über Vektoren (WILLMS, 2006, S. 56f.).

Als zusätzliche Anforderung an die Übertragungswahrscheinlichkeit ist die Wiedergabe der Virulenz des auftretenden MKS-Virusstammes zu erwähnen (vgl. Abschnitt 3.2.1). Dies ist durch die Parametervariation realisierbar. Aufgrund der fehlenden Daten wird in beiden Ansätzen der Einfluss von einzelbetrieblichen Biosicherheitsmaßnahmen auf die Übertragungswahrscheinlichkeit vernachlässigt.

Optional kann die Übertragungswahrscheinlichkeit in beiden Ansätzen zudem als Funktion der Zeit gestaltet werden. Dies stellt die Abbildung des zeitlichen Verlaufs des Virenausstoß durch infizierte Tiere sicher (vgl. Abbildung 9). Dabei ist die Ausbreitung in einer infizierten Herde zu beachten, die zu einem abweichenden Zeitverlauf des Virenausstoßes des gesamten Bestandes gegenüber einem Einzeltier führen kann.

5.3.1.3 Seuchenbekämpfung

Seuchenentdeckung

Die Implementierung von Kontrollmaßnahmen bedingt vorweg die Seuchenentdeckung auf infizierten Betrieben. Diese gliedert sich in das Aufspüren von Symptomen an infizierten Tieren sowie die Verdachtsmeldung an die verantwortliche Behörde und den sich daran anschließenden MKS-Nachweis. Basierend auf den in den beiden vorangegangenen Abschnitten gewonnenen Erkenntnissen verlangt dieses Procedere die Berücksichtigung vielfältiger

Einflussfaktoren. Diese sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst, wobei aus Gründen der Übersicht keine Wechselbeziehungen dargestellt werden.

Tabelle 5: Determinanten der Seuchenentdeckung durch Tierhalter

Ebene	MKS-Symptome	Tierhalter	Staat
Einflussfaktoren auf Entdeckung	Tierart	Erfahrung mit MKS	Kapazität zum Nachweis von MKS
	MKS-Subtyp	Kontrollintensität	Ausgestaltung des Entschädigungssystems
	Immunstatus des Einzeltieres	Risikowahrnehmung	Strafen bei Verstoß für Tierhalter
		Schaden bei Keulung und Betriebsunterbrechung	
	Schaden durch Leistungsrückgang		
	Strafen bei Nachweis der verspäteten Meldung		

Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der teilweise stochastischen Einflussfaktoren wie z.B. die c.p. unterschiedliche Ausprägung von Symptomen bei Einzeltieren wird die Seuchenentdeckung an Tag t als Zufallsgröße abgebildet. In Anlehnung an KARSTEN (2004, S. 38) fällt die Wahl auf eine Bernoulli-Variable $E \sim B(1, p)$ mit der Entdeckungswahrscheinlichkeit p je Tag. Somit ergibt sich nach HARTUNG et al. (1998, S. 200):

$$E = \begin{cases} 1, & \text{falls Entdeckung an Tag } t \\ 0, & \text{falls keine Entdeckung an Tag } t \end{cases} \tag{32}$$

Die Fixierung dieser Wahrscheinlichkeit kann in Abhängigkeit der verschiedenen Betriebstypen sowie der Zeit erfolgen. Damit ist einerseits die Beachtung der heterogenen Symptomausbildung von Rindern und Schweinen gewährleistet. Andererseits bietet sich hierdurch die Option, unterschiedlich hohe Anreize zur Seuchenmeldung für verschiedene Betriebstypen aufzunehmen (vgl. Abschnitt 4.1.4). Die Festlegung der Entdeckungswahrscheinlichkeit für die einzelnen Betriebstypen erfolgt exogen nach Einschätzung des Anwenders. Dabei werden die jeweiligen Zeiträume zwischen der Infektion und der Entdeckung von Symptomen sowie zwischen der Erkennung und der Meldung zusammengefasst. Die modellendogene Ermittlung des Zeitraumes zwischen der Erkennung von Symptomen und der Verdachtsmeldung unterbleibt aus Vereinfachungsgründen. Weiter wird auf die Abbildung möglicher Änderungen des Kontaktverhaltens von Tierhaltern nach der Symptom-

feststellung verzichtet. Denkbar ist z.B. ein erhöhter Tierverkauf, um im Vorgriff zur Betriebssperrung möglichst viele Tiere zu veräußern und den Schaden durch Keulung und Betriebsunterbrechung zu reduzieren. Dem gegenüber ist auch die Begrenzung der Kontakte aus Sicht des infizierten Betriebes sinnvoll, um die Wahrscheinlichkeit der MKS-Verschleppung in andere Bestände zu verringern. Folgeinfektionen auf Kontaktbetrieben können durch die stattfindende Rückverfolgung zur Sperrung des Ursprungbetriebes und zur Seuchentdeckung führen, was im Falle der nachweislichen Verzögerung Strafen für den Tierhalter zur Folge hat.

Neben der Verdachtsmeldung durch Tierhalter wird der Entdeckung im Rahmen von gewöhnlichen Veterinärvisiten Rechnung getragen, für die im Modell eine entsprechende Entdeckungswahrscheinlichkeit besteht. Unberücksichtigt bleiben aber eventuelle Verdachtsmeldungen auf empfänglichen Betrieben, die bis zur Verwerfung des Verdachts die Aufrechterhaltung von Maßnahmen bedingen.

Kontrollmaßnahmen

Die modellhafte Realisierung der MKS-Bekämpfungsmaßnahmen erlaubt die Erfassung von Zeit- und Kapazitätsrestriktionen. Dieser Ansatz gewährleistet die Abbildung des Einflusses einer unzureichenden Infrastruktur bzw. Informationsbasis oder von retardiert getroffenen Entscheidungen auf das Seuchenausmaß (vgl. Abschnitt 4.1.1.1). Folgende Kontrollmaßnahmen können im Modell dargestellt werden:

- Keulung
- Ausweisung von Restriktionsgebieten
- Durchführung von MKS-Labortests
- Notimpfung
- Rückverfolgung von Kontaktbetrieben

Kapazitätsbegrenzungen im Rahmen der Keulung bestehen in der Vorgabe der maximalen Kapazitäten beziffert durch die Anzahl der Betriebe bzw. durch das Tiervolumens je Tag. Darüber hinaus ist die Abbildung der zeitlichen Verzögerung zwischen der Anordnung und der Durchführung der Keulungsmaßnahmen möglich. Damit kann der Zeitbedarf zur Installation und zum Abbau der Keulungseinrichtungen auf den tierhaltenden Betrieben erfasst werden. Die Einplanung von restriktiven Kapazitäten erfordert die Festlegung einer Reihenfolge, in der die Betriebe der Keulung unterworfen werden. Mögliche Auswahlkriterien sind hierbei beispielsweise das Datum der Anordnung, die Tierzahl oder die Differenzierung nach

dem Gesundheitszustand. Nach Vollzug der Keulung wechseln die entsprechenden Betriebe in den Zustand R . Eine denkbare MKS-Verschleppung durch die zur Keulung eingesetzten Personen oder Geräte wird außer Acht gelassen⁷. Neben der Keulung zur Seuchenbekämpfung umfasst das Modell die Notkeulung von Tieren in gesperrten Betrieben, wozu die als Auslöser dieser Maßnahme geltenden Gewichts – und Bestandsgrößen eine Definition verlangen.

Restriktionsgebiete werden vereinfacht als Kreise mit vorgegebenen Radien wiedergegeben. Den jeweiligen Mittelpunkt liefert dabei der die Sperrung auslösende Betrieb. Die jeweiligen Sperrgebiete variieren hinsichtlich folgender Größen:

- Radius
- Dauer der Sperrung
- Zeitabstand zwischen Ankündigung und Realisierung der Sperrung
- Auswahl der gesperrten Kontakttypen

Bei der Überschneidung diverser Sperrgebiete sind für betroffene Betriebe die Vorgaben des Gebietes mit der längeren Sperrfrist maßgebend. Neben der Gestaltung von Restriktionsgebieten ist die Implementierung regionaler bzw. überregionaler „Stand-Still“ Anweisungen optional, für deren Dauer ein generelles Verbot für Tierhandel besteht. Der Zeitraum zwischen Ankündigung und Beginn von Betriebssperrungen spiegelt die in der Realität auftretenden Gegebenheiten wider. So ist für die Festsetzung von Sperrbezirken die Veröffentlichung im Bundesanzeiger vorgesehen (MKSEUCHV, 2005, S. 27). Die Sperrung eines Kontakttyps erzeugt eine Reduzierung bzw. Minimierung der entsprechenden Kontaktwahrscheinlichkeit. Für essentielle Kontakte während einer Betriebssperrung wie z.B. durch Veterinärbesuche bei Notfällen oder dringendem Futterzukauf wird unterstellt, dass nur der jeweils betroffene Betrieb angefahren wird.

Weiter finden im Modell Labortests zur Seuchenentdeckung auf Betrieben Beachtung. Deutschland verfügt zur Probeentnahme in Seuchenregionen über ein mobiles Bekämpfungszentrum, das innerhalb von ca. drei Tagen einsatzfähig ist (DENIS, 2008, o.S.). Zur Abbildung dieser Kontrollmaßnahme ist die Deklaration von Testgebieten mittels Radien um infizierte Betriebe erforderlich. Die Berücksichtigung limitierter Laborkapazitäten, des

⁷ So wird eine erhöhte Bewegung von tierischen Vektoren wie z.B. Vögel durch die Keulungsmaßnahmen vermutet, die aus einer Beeinträchtigung der Tiere resultieren (THE ROYAL SOCIETY, 2002, S. 25).

Zeitbedarfs bis zum Vorliegen von Testergebnissen sowie die Definition einer Erfolgswahrscheinlichkeit für die Labortests gewährleisten die realitätsnahe Gestaltung im Modell. Zudem besteht die Möglichkeit, die Befunde der in regelmäßigen Intervallen kontrollierten Herden in das Modell aufzunehmen.

Die Notimpfung von empfänglichen Betrieben führt zu der Reduzierung der Übertragungswahrscheinlichkeit bei Kontakt mit infizierten Tieren. Zeitverzögerungen in der Entscheidungsfindung bzw. der Realisierung sowie eingeschränkte Impfstoffkapazitäten können dabei den Umfang der Notimpfung limitieren. Geimpfte Tiere erreichen nach einer vorgegebenen Dauer die vollumfängliche Immunität. Des Weiteren können geimpfte Betriebe anderweitigen Kontrollmaßnahmen wie z.B. der Sperrung ausgesetzt werden (vgl. Abschnitt 3.2.2.2).

Im Modell erfolgt die Dokumentation der direkten und der durch den vor- und nachgelagerten Bereich ausgelösten Kontakte von infizierten Betrieben. Diese Aufzeichnung liefert die Basis zur Modellierung der Rückverfolgung von Kontakten diagnostizierter Betriebe. Für jeden Kontakttyp werden dabei Wahrscheinlichkeiten für die erfolgreiche Rückverfolgung sowie der benötigte durchschnittliche Zeitaufwand vorgegeben.

5.3.1.4 Verhaltensänderungen nach erstmaliger Seuchenentdeckung

Nach der erstmaligen Seuchenentdeckung können vielfältige Verhaltensänderungen von beteiligten Instanzen erfolgen. Der Fokus im Modell erstreckt sich dabei auf Verhaltensänderungen seitens der Tierhalter, wobei ergänzend Veterinäre in die Betrachtung einbezogen werden. Infolge des gestiegenen Risikobewusstseins und der gezielten Suche nach MKS-Symptomen durch Veterinäre wird eine erhöhte Entdeckungswahrscheinlichkeit bei Visiten auf infizierten Betrieben unterstellt. Hingegen unterbleiben etwaige Modifikationen der zu Simulationsbeginn getroffenen Maßnahmenauswahl zur MKS-Bekämpfung im Zeitverlauf. In der Realität sind solche Modifikationen bei unzureichender Effizienz der ergriffenen Maßnahmen auf den Seuchenverlauf denkbar (vgl. Abschnitt 3.2.2.2). Die Transformation dieser Verhaltenskomponente in Simulationsmodellen setzt die Definition von Schwellenwerten voraus, deren Über- bzw. Unterschreitung die Maßnahmenrevision durch die politischen Entscheidungsträger auslöst. Zudem zielen Bekämpfungsstrategien neben der Seucheneindämmung darauf ab, die Effekte auf außerlandwirtschaftlichen Sektoren zu begrenzen (ABL, EG, 2003, S. 3). Diese Bereiche finden im Modell allerdings keine Beachtung.

Auf Seiten der Tierhalter sind unterschiedliche Verhaltensänderungen nach der erstmaligen Entdeckung vorstellbar, die primär die Wahrscheinlichkeitsausprägungen folgender Begebenheiten beeinflussen:

- Seuchenentdeckung
- Übertragung
- Kontakt

Verhaltensänderungen und somit Modifikationen der angeführten Größen werden wesentlich durch eine Vielzahl von Faktoren wie beispielsweise die Strukturierung von Entschädigungssystemen geprägt (vgl. Abschnitt 4.1.4). In den folgenden Abschnitten werden die Grundgedanken zur Berücksichtigung von Verhaltensanpassungen skizziert, wobei fokussiert Anpassungen im Kontaktverhalten analysiert werden.

Änderung der Entdeckungs- und Übertragungswahrscheinlichkeiten

Analog zur intensiveren Nachforschung durch Veterinäre kann auch für Tierhalter eine gesteigerte Kontrollintensität sowie die systematische Suche nach Krankheitssymptomen nach der erstmaligen Seuchenentdeckung unterstellt werden. Hieraus folgt unter der Prämisse eines konstanten Zeitraumes zwischen der Symptombeststellung und der Verdachtsmeldung ein Anstieg der Entdeckungswahrscheinlichkeit p je Tag.

Mit der ersten Seuchenentdeckung sind zudem Änderungen der Übertragungswahrscheinlichkeit λ_{ij} denkbar, wobei eine Erhöhung dann möglich ist, wenn Tierhalter die vorsätzliche Infektion ihrer Bestände anstreben (vgl. Abschnitt 4.1.4). Dies wird im Modell nicht betrachtet. Die Reduzierung der Übertragungswahrscheinlichkeit bewirkt die Implementierung ergänzender Biosicherheitsmaßnahmen, die u.a. Schutzkleidung für Besucher oder die Installation von Desinfektionsanlagen für Personen oder Fahrzeuge an Betriebseingängen einbeziehen. Die Änderung der Entdeckungs- und Übertragungswahrscheinlichkeiten kann im Modell isoliert für die jeweils betroffene Region oder für alle Regionen simultan erfolgen.

Änderung der Kontaktwahrscheinlichkeit im Tierhandel

Abgesehen von der Reduzierung der Kontaktwahrscheinlichkeiten durch die Einflüsse aus behördlich angeordneten Sperrgebieten sind zusätzliche Modifikationen des Kontaktverhaltens nach der Seuchenentdeckung vorstellbar. Im Modell wird dabei die mögliche Erhöhung der Kontaktwahrscheinlichkeit im Tierhandel abgebildet. Diese Erhöhung folgt aus der Steigerung des Tierhandelvolumens im Zeitraum vor angekündigten Betriebssperrungen (vgl. Abschnitt 4.1.4.3). Zu berücksichtigen sind hierbei Entscheidungen von Tierhaltern zwischen

dem Verkauf von Jung- bzw. Masttieren und dem Halten der Tiere über den Sperrzeitraum mit anschließender Vermarktung. Da die Modellierung dieser Entscheidungen Informationen über die jeweiligen Konsequenzen voraussetzt, erfolgt die Darstellung der Vorgehensweise zweckmäßigerweise im nachfolgenden Abschnitt.

Die Präferierung des Tierhandels als endogen zu bestimmende Variable ist begründet durch dessen hohe Relevanz für die Seuchenexpansion. Mit ausschlaggebend für diese Selektion im Vergleich zu anderen Kontaktarten – wie beispielsweise Milchabholung oder die Anfahrten der Besamungstechniker – ist ergänzend die für Tierhalter gegebene Einflussmöglichkeit. Die exemplarisch genannten Funktionen der Milchproduktion sind hingegen primär durch biologische Prozesse bzw. Arbeitsabläufe von Molkereien determiniert und somit nahezu der Einwirkung entzogen. Diese und eventuelle Modifikationen der sonstigen Kontaktarten sowie Verhaltensweisen, die beispielsweise durch Verstöße gegen bestehende Auflagen im Tierhandel oder im Personen- und Fahrzeugverkehr begründet sind bleiben im Modell unberücksichtigt.

5.3.1.5 Abbildung des Entscheidungsverhaltens von Tierhaltern bei Ankündigung von Betriebssperrungen

Als weitere wesentliche Ergänzung zu anderen Seuchenmodellen bildet das eigene Modell Entscheidungen von Tierhaltern über den vorzeitigen Tierverkauf bei Ankündigung von Sperrungen ab, welche durch eine fehlende Kompensation von Folgeschäden begünstigt werden können (vgl. Abschnitt 4.1.4.3). Ausgangspunkt der Betrachtung stellt ein zum Zeitpunkt $t_{Ank,0}$ von Tierhandelsrestriktionen nicht betroffener Betrieb⁸ dar. Der Zeitpunkt $t_{Ank,0}$ kennzeichnet den Tag, an dem die Ankündigung eines Tierhandelsverbots mit dem Startzeitpunkt $t_{Ank,0}^{ban}$ und der Dauer von $l_{Ank,0}$ Tagen erfolgt. Zwischen $t_{Ank,0}$ und dem Sperrungsbeginn $t_{Ank,0}^{ban}$ liegt ein Zeitraum von $v_{Ank,0}$ Tagen, als dessen Ursache eine behördlich veranlasste Verzögerung der Restriktion unterstellt wird.

⁸ Auf einen Index für den Betrieb wird hier aus Vereinfachungsgründen verzichtet.

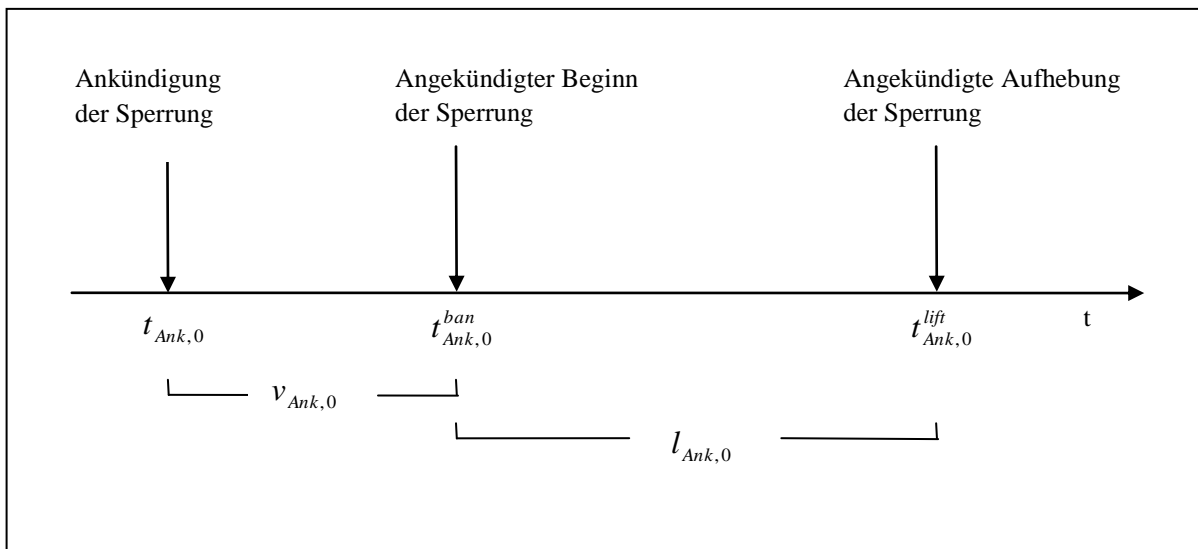


Abbildung 18: Schematischer Zeitablauf bei Ankündigung einer Betriebsspernung

Quelle: Eigene Darstellung.

In der Situation mit $v_{Ank,0} > 0$ ergibt sich für den Betrieb die Entscheidung zwischen den Alternativen:

- Verkauf von Tieren vor dem Zeitpunkt $t_{Ank,0}^{ban}$
- Behalten von Tieren und Verkauf zum bzw. nach dem Zeitpunkt $t_{Ank,0}^{lift}$

wobei $t_{Ank,0}^{lift}$ das in $t_{Ank,0}$ angekündigte Ende des Tierhandelsverbots bezeichnet. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich diese Entscheidung neben verkaufsreifen Tieren in bestimmten Umfang auch für solche Tiere anbietet, deren optimaler Verkaufszeitpunkt zwischen dem angekündigten Beginn $t_{Ank,0}^{ban}$ und dem verkündeten Ende der Sperrung $t_{Ank,0}^{lift}$ liegt.

Zur Abbildung des Entscheidungsverhaltens im Falle angekündigter Betriebsspernungen für Schweinemastbetriebe in Sperrgebieten nutzen NIEMI und PIETOLA (2004) einen dynamischen Programmierungsansatz, dem sich im Modell angeschlossen wird. Die dynamische Programmierung verkörpert allgemein eine Methode zur Lösung mehrstufiger Entscheidungsprobleme, wobei komplexe Entscheidungsprozesse als Abfolge von Teilentscheidungen über den Zeitverlauf dargestellt werden. Die Zeitabschnitte, in denen Entscheidungen getroffen werden, heißen allgemein Stufen des Prozesses. Die Entscheidungen werden auf der Grundlage von Zuständen getroffen und führen wiederum zu Zuständen in der folgenden Stufe. Für jeden Zustand in einer Stufe erfolgt die Ermittlung der jeweils optimalen Strategie. Die dynamische Programmierung basiert hierbei auf dem Optimalitätsprinzip von BELLMAN,

wonach sich die optimale Lösung eines Problems aus den optimalen Lösungen der Teilprobleme zusammensetzt (HILLIER und LIEBERMAN, 2002, S. 320ff.).

Die Zielfunktion eines Tierhalters folgt in diesem Ansatz einer Bellman Gleichung. Generell kennzeichnet eine Bellman Gleichung den erwarteten, diskontierten Wert eines Zustandes in Abhängigkeit vom jetzigen Zustand und dessen Folgezustand, der wiederum vom Votum des Entscheidungsträgers abhängt (LÉONARD und LONG, 1992, S. 175ff.; HINRICHS, 1974, S. 48ff.).

Die Zielfunktion des Tierhalters ist die Maximierung des erwarteten Überschusses je Tier über einen endlichen Planungshorizont. Insgesamt gliedert sich das Entscheidungsproblem in n Stufen. Für die Zielfunktion folgt damit:

$$Z_n(x_n) = \max_{c_n} \{R_n(x_n, c_n) + \alpha E_n(Z_{n+1}(x_{n+1}))\}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (33)$$

mit:

x_0 als gegebener Startwert

$Z_N(x_N)$ als gegebener Endwert

Z_n repräsentiert den Zielbeitrag des gegenwärtigen Zustandvektors x_n auf der Stufe n , mit $E_n(\cdot)$ ist der Erwartungswertoperator bezeichnet, $R_n(\cdot)$ gibt den Gewinn auf Stufe n und α den Diskontierungsfaktor wieder. Der Zustandvektor x_t vereint Informationen über das jeweilige Tiergewicht, Verkaufspreise, Kosten, Kompensationsleistungen sowie Restriktionen hinsichtlich der Schlachtung. Der Übergang von x_n zu x_{n+1} bildet den Wachstumsverlauf von Tieren ab, der u.a. an getroffene Fütterungsstrategien gebunden ist. Diese sind ein Bestandteil des Kontrollvektors c_t , der zudem Entscheidungen über Verkauf oder Behalt von Tieren enthält. Nachstehend werden die für diese Entscheidung relevanten Größen erläutert.

Zur Vereinfachung werden die Bestände von Aufzucht- bzw. Mastverfahren in k -Klassen segmentiert mit $k = 0, \dots, b_v - 1$ und b_v als die optimale Aufzucht- bzw. Mastdauer der gewöhnlichen Produktion, wobei aufgrund der unterstellten kontinuierlichen Produktion alle Klassen mit der identischen Tierzahl besetzt sind⁹. Die in der jeweiligen Klasse enthaltenen Tiere sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Optimaler Verkaufstermin $t_{sell,k}^{opt}$ der Klasse k , der aus dem Termin der Einstellung bzw. der Geburt und b_v folgt.

⁹ Diese Situation ist vor der Implementierung von Betriebssperrungen gegeben.

Wasser zu registrieren, die die Schlachtkörperqualität und somit auch den Verkaufserlös determinieren. Die folgende Abbildung illustriert exemplarisch die täglichen Zunahmen von Mastbullen der Rassen Fleckvieh (FL) und Schwarzbunte (SB) in Abhängigkeit des Lebendgewichts.

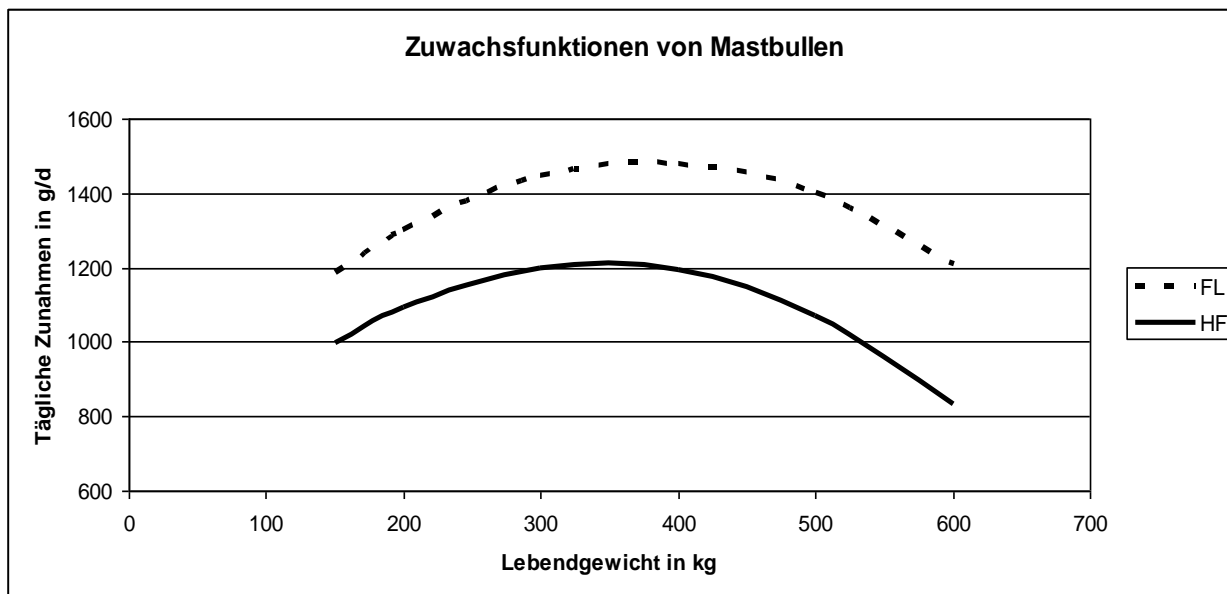


Abbildung 20: Geschätzte Zunahmefunktionen von Mastbullen im Modell bei normaler Intensität

Quelle: Eigene Darstellung nach DLG, 1997, S. 5.

Prägnant ist die Steigerung der täglichen Gewichtszuwachsraten bis zu dem Maximum bei ca. 350 kg (SB) bzw. ca. 400 kg (FL). Danach flachen die Zuwachsraten ab, wobei zu den vorliegenden rassenspezifischen Differenzen zu bemerken ist, dass Fleckviehbullen in der Mast über den abgebildeten Gewichtsbereich höhere Zunahmen erzielen.

Die Modellierung des Tierwachstums geschieht durch die Implementierung von Zuwachsfunktionen für die einzelnen Tierarten sowie die jeweiligen Produktionsverfahren. Dabei folgt das Lebendgewicht $LG(k)$ in der Altersklasse k aus:

$$LG(k) = LG(k-1) + TZ(LG(k-1), FI) \quad (34)$$

mit der täglichen Zunahme TZ als Funktion des Lebendgewichts und der gewählten Fütterungsintensität FI . Das Lebendgewicht und die täglichen Zunahmen dienen der Herleitung der Größen:

- Futterkosten
- Verkaufs- bzw. Schlachtgewicht sowie entsprechende Preise

Die Ermittlung der Futterkosten in den einzelnen Verfahren geschieht durch eine abgestufte Vorgehensweise. Im ersten Schritt wird der tägliche Energiebedarf in Megajoule (MJ) des betrachteten Tieres in Abhängigkeit vom Lebendgewicht und der täglichen Zunahme berechnet¹⁰. Die Grundlage dafür liefern Untersuchungen zum Energiebedarf von Tieren, deren Ergebnisse exemplarisch für Mastschweine in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben sind.

Tabelle 6: Empfehlungen zur Versorgung von Mastschweinen in MJ/Tag

Zunahme (g/d)	Lebendgewicht (kg)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
700	18	21	23	25	27	29	31	32	34	36
800	20	23	25	28	30	31	33	35	37	39
900			27	30	32	34	36	38	40	42

Quelle: GFE, 2006, S. 62.

Die Schätzung des Gesamtenergiebedarfs erfolgt durch Interpolation zwischen den Gewichtsabschnitten bzw. Zunahmenniveaus. Ausgehend vom Energiebedarf wird im zweiten Schritt die beanspruchte Menge einer vorgegebenen Futtermischung mit definiertem Energiegehalt ermittelt. Die Gestaltung der gewählten Futtermischungen ist angelehnt an die praxisübliche Fütterung, wobei für einzelne Mast- bzw. Aufzuchtphasen unterschiedliche Rationen bestehen. Mittels der für die Altersklasse k berechneten Futtermittelmengen je Tag sowie deren Preise ist abschließend die Herleitung der Futterkosten für bestimmte Lebendgewichte sowie für tägliche Zunahmen möglich.

$$FK(k) = f(LG(k), TZ(k)) \quad (35)$$

Neben den Futterkosten wird der Abhängigkeit des Verkaufserlöses vom Lebendgewicht Rechnung getragen. So findet bei Ferkeln bzw. Bullenkälbern und den Masttieren die Gewichtsentwicklung im Verlauf des Produktionsprozesses Beachtung, um deren Valutierung mittels des Verkaufsgewichts in die Schadenquantifizierung einzubeziehen. Nachfolgende Tabelle verdeutlicht diesen Sachverhalt am Beispiel des Ferkelverkaufs über die Erzeugergemeinschaft Rheinland.

¹⁰ Ansprüche an andere Nährstoffe wie z.B. Protein oder Fett werden nicht explizit betrachtet.

Tabelle 7: Bezahlungsschema für Ferkel der Erzeugergemeinschaft Rheinland (170er Partie)

	EG Rheinland
Nettopreis in Euro je Ferkel (30kg Gewichtsbasis)	63,50
Zuschläge/Abschläge (Euro je kg)	0,75
Zeitraum	26.01.-01.02.2009

Quelle: Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, 2009, S. 45.

Für Masttiere werden sowohl die Ausschachtungsgrade als auch die Preisabstufungen für divergierende Schlachtkörperqualitäten in Abhängigkeit des Lebendgewichts berücksichtigt. Hier ist beispielsweise die höhere Einstufung mit zunehmendem Lebend- bzw. Schlachtgewicht zu beachten (SPREIDLER, 2004, S. 13). Für den Tierwert $V(k)$ gilt:

$$V(k) = f(LG(k)) \quad (36)$$

Des Weiteren werden bei verlängerten Mast- bzw. Aufzuchtauern modifizierte Tierverluste $TL(k)$ abgebildet. Diese resultieren aus einem potenziell gesteigerten Krankheitsdruck und das vermehrte Auftreten altersbedingter Krankheitsursachen. Weiter können eine höhere Belegdichte und ein damit einhergehendes geringeres Platzangebot zu sich häufenden Tierverlusten führen, wobei hierdurch pro verlorenes Tier ein pekuniärer Verlust in Höhe des Tierwertes entsteht (LKV BAYERN, 2005, S. 79; PRANGE, 2004, S. 355). Somit gilt für die Tierverluste $TL(k)$ in der Altersklasse k bei der Verlustrate $\nu(k)$:

$$TL(k) = \nu(k) \cdot V(k) \quad (37)$$

Basierend auf diesen Erläuterungen können die Zielbeiträge der Aktionen „Verkaufen“ bzw. „Behalten“ von Tieren der Altersklasse k auf der Stufe n bestimmt werden. Für die Alternative „Verkauf“ folgt als Zielbeitrag $Zv_n(k)$ auf der Stufe n :

$$Zv_n(k) = p_n(LG(k))LG(k) \quad (38)$$

Für die Aktion „Behalten“ der Tiere in Altersklasse k ergibt sich folgender Zielbeitrag $Zb_n(k)$:

$$Zb_n(k) = \alpha Z_{n+1}(k+1) - \nu K_{n+1}(k+1) \quad (39)$$

wobei der Ausdruck $Z_{n+1}(k+1)$ den Zielbeitrag der optimalen Politik auf Stufe $n+1$ repräsentiert. Mit $\nu K_{n+1}(k+1)$ werden die Kosten des Behaltens von Tieren bis auf die Stufe $n+1$ bezeichnet.

NIEMI und PIEOLA (2004) berücksichtigen in ihrem Modellansatz die Möglichkeit, dass angekündigte Sperrdauern durch behördliche Anordnungen verlängert werden können. Unter Beachtung der möglichen Aufhebung bzw. Verlängerung von Betriebssperrungen ergibt sich:

$$E_n(V_{n+1}(x_{n+1})) = P_{n+1} V_{n+1}^{lift}(x_{n+1}) + (1 - P_{n+1}) V_{n+1}^{ban}(x_{n+1}), \quad n = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (40)$$

mit der Wahrscheinlichkeit P_{n+1} , dass die Sperrung auf der nächsten Stufe $n + 1$ aufgehoben wird sowie $V_{n+1}^{lift}(x_{n+1})$ als Wert des Zustandvektors bei Aufhebung und $V_{n+1}^{ban}(x_{n+1})$ bei Aufrechterhaltung der Sperrung.

Bei der Abbildung der Entscheidung über einen vorzeitigen Tierverkauf vor der Implementierung von Betriebssperrungen ist eine Vielzahl an Einflussfaktoren in Betracht zu ziehen. Die Vermutung eines sinkenden Preisniveaus als Folge des Seuchenausbruches erhöht die Bereitschaft, Tiere vor dem Erreichen des optimalen Verkaufsgewichts zu vermarkten. Die vorzeitige Vermarktung nimmt dann ebenfalls zu, wenn die Tierhalter eine Verlängerung der Betriebssperrung befürchten (NIEMI und PIETOLA, 2004, S. 3). Diese Ausdehnung des Verkaufsverbotes kann sich z.B. durch die Entdeckung weiterer infizierter Betriebe herausbilden. Mäster können die Einstellung von Jungtieren aus zukünftigen Sperrgebieten bevorzugen, falls diese günstig zu erwerben sind und die Mäster eine Preisstabilisierung bis zum Verkauf der Masttiere für wahrscheinlich halten. Diese Maßnahme wiederum kann die Schäden aus entgangener Produktion in reinen Mastbeständen mindern, falls die Mäster ihrerseits einen verfrühten Verkauf der Masttiere betreiben.

Dem gegenüber steht das Risiko der Seucheneinschleppung durch den Bezug von Jungtieren aus der Nähe zu infizierten Betrieben. Weiter besteht die Möglichkeit, dass aufnehmende Betriebe bei einer späteren Seuchenidentifikation auf dem Ausgangsbetrieb als gefährliche Kontaktbetriebe klassifiziert und den einschlägigen Politikmaßnahmen unterworfen werden. Dies gilt auch für Schlachtbetriebe, denen Handelsrestriktionen bei der Verarbeitung von Tieren aus Seuchenregionen drohen. Dies zeigt sich am Beispiel der KSP und der Vermarktung von Schlachtschweinen aus gefährdeten Regionen (GRESHAKE, 2009, S. 6). Zudem müssen Transport- bzw. Verarbeitungskapazitäten einbezogen werden; sie können das Volumen vorzeitig vermarkteter Tiere limitieren. Auch ist der Zeitbedarf zur Durchführung der Transaktionen zu berücksichtigen. Eine kurze Zeitspanne zwischen der Ankündigung und des Wirksamwerden von Sperrungen kann hier begrenzend wirken. Des Weiteren ist zu beachten, dass durch die vorzeitige Vermarktung von Jungtieren ein partieller Transfer der Aufzuchtphase in den aufnehmenden Mastbetrieb geschieht. Fehlendes Wissen über diesen Produktionsprozess und demzufolge höhere Tierverluste können die Kaufbereitschaft für

solche Tiere reduzieren. Letztlich ist das bestehende Entschädigungssystem in den Entscheidungsprozess einzubeziehen; die umfassende Kompensation der Schäden aus verspäteter Vermarktung kann zur Unterbindung des vorzeitigen Tierverkaufs führen.

Im Modell wird dieser verhaltensorientierte Ansatz ausschließlich für die Verkäufe von Jung- und Masttieren verfolgt. Die zentralen Entscheidungsdeterminanten verkörpern dabei Erwartungen der Tierhalter an die Preise in den jeweiligen Stufen des Entscheidungsprozesses und an die Sperrdauer. Diese Variablen werden im Modell exogen vorgegeben. Zudem finden die gewährten Entschädigungszahlungen an betroffene Tierhalter Berücksichtigung. Zu Begrenzung des Verkaufsvolumens können exogene Vorgaben zum Mindestalter bzw. Mindestgewicht durch den Modellanwender getroffen werden. Als Resultat dieser Modellerweiterung folgen kritische Verkaufsgewichte in Abhängigkeit der Erwartungen an Preise und Sperrdauern.

Im Rahmen des Absatzes von Ferkeln bzw. Bullenkälbern kann somit in Abhängigkeit der Entscheidungsdeterminanten ein frühzeitiger Tierverkauf und damit einhergehend ein steigendes Tierhandelsvolumen infizierter Betriebe abgebildet werden. Beim Verkauf von Masttieren dient die skizzierte Vorgehensweise einer realistischen Abbildung der einzelbetrieblichen Schäden.

5.3.2 Schadenkalkulation

Auf der Grundlage von Informationen über die von Politikmaßnahmen betroffenen Betriebe vollzieht sich in diesem Submodul die Schadenkalkulation, wobei mögliche - schadenmindernde – Kompensationsleistungen an die Tierhalter in der Schadenhöhe unberücksichtigt bleiben. Dabei werden Schäden als die positive Differenz zwischen der direktkostenfreien Leistung der gewöhnlichen Produktion und dem Ergebnis bei gestörter Produktion definiert (vgl. Abschnitt 2.1.1).

Die einbezogenen Schadenursachen umfassen:

- Keulung
- Anschließende Betriebsunterbrechung bis zum Aufheben der Restriktionen
- Vermarktungsverbote bei fortlaufender Produktion

Letztgenannte Schadenkategorie bezieht neben den Konsequenzen aus der verspäteten Vermarktung jene Schäden ein, die aus dem frühzeitigen Tierverkauf im Vorgriff auf Vermarktungsrestriktionen resultieren. Ausgeschlossen sind somit u.a. Schäden durch

Preissenkungen infolge des Seuchenausbruches sowie die Kosten nach einer Sperrung bis zum Erreichen des vorherigen einzelbetrieblichen Produktionsniveaus. Darüber hinaus bleiben Effekte außerhalb der Tierproduktion wie z.B. Organisationskosten zur Realisierung der Bekämpfungsmaßnahmen ausgeklammert.

Für einen gesperrten Betrieb folgt aus den eingangs genannten Überlegungen der nachstehende Gesamtschaden L_{ges} :

$$L_{ges} = L_{Cul} + L_{Bl} + L_{ban}^{pre} + L_{ban}^{post} \quad (41)$$

mit:

L_{Cul} als Schaden aus der Keulung

L_{Bl} als Schaden aus der Betriebsunterbrechung

L_{ban}^{pre} als Schaden aus der vorzeitigen Vermarktung sowie

L_{ban}^{post} als Schaden aus der verspäteten Vermarktung

Die Vorgehensweisen zur Bestimmung der einzelnen Schadentypen werden im Folgenden für die jeweiligen Produktionsverfahren dargestellt.

Als zentraler Maßstab zur Bemessung des betrieblichen Schadens an Jung- und Masttieren wird in dieser Arbeit das Lebendgewicht verwendet, das sowohl den Tierwert als auch die Futterkosten beeinflusst. Ergänzend wird ein Anstieg von Tierverlusten einbezogen, der bei längerer Haltungsdauer zu beobachten ist (NIEMI und PIETOLA, 2004, S. 3). Basierend auf den im vorherigen Abschnitt erläuterten Überlegungen werden im Rahmen der Schadenquantifizierung Entscheidungen der Tierhalter einbezogen, die den vorzeitigen Tierverkauf sowie Anpassungen der Fütterungsintensitäten zur Schadenreduzierung betreffen. Zur Umsetzung dieses Aspektes fließen die jeweiligen Zeitpunkte der Ankündigung von Beginn und Ende einer Sperrung sowie der einer eventuellen Keulung in die Kalkulation mit ein.

ASSELDONK et al. (2006, S. 116) charakterisieren die hohe Varianz verschiedener Größen als ein grundlegendes Problem in der Schadenquantifizierung. Dazu zählen u.a. Leistungen und Kosten sowie Marktwerte von Tieren derselben Art und desselben Alters. Diese Varianzen ergeben sich durch Unterschiede sowohl auf Ebene einer Herde als auch im interbetrieblichen Vergleich. Infolge des Fehlens ausreichender einzelbetrieblicher Daten basiert die Schadenquantifizierung ersatzweise auf regionalen Durchschnittswerten für die einzelnen Produktionsverfahren. Somit wird unterstellt, dass zwischen den betrieblichen Erfolgskennzahlen und der Infektionswahrscheinlichkeit kein Zusammenhang vorliegt. Im Hinblick auf

die Reduzierung des Rechenaufwandes besteht zudem die Prämisse einer kontinuierlichen Produktion für alle Betriebe. Des Weiteren existiert im Sperrungszeitraum für die betrieblichen Produktionsfaktoren wie u.a. Arbeit, Fläche oder Milchquote keine alternative Verwendungsmöglichkeit.

Die Informationen zu Futterkosten, Verkaufserlösen sowie Tierverlusten fließen in die Quantifizierung des betrieblichen Schaden in den jeweiligen Produktionsverfahren differenziert nach vorzeitiger und verspäteter Vermarktung ein. Sonstige Leistungs- bzw. Kostengrößen in den Verfahren werden als konstant gegenüber der regulären Produktion unterstellt.

5.3.2.1 Schäden aus vorzeitiger und verspäteter Vermarktung

Die Einrichtung von Vermarktungsverboten in Restriktionsgebieten führt zu unterschiedlichen Konsequenzen für betroffene Betriebe. Die in dieser Arbeit bewerteten Auswirkungen umfassen die:

- Veränderung der Verkaufsleistungen bei ausbleibender, vorzeitiger oder verspäteter Vermarktung
- Modifizierung der Futterkosten sowie der Tierverluste

Die Quantifizierung des betrieblichen Schadens aus einer ausbleibenden, vorzeitigen bzw. verspäteten Vermarktung L_{ban} wird zur besseren Übersicht für die einzelnen Produktionsverfahren isoliert abgebildet.

Milchkuhhaltung

Im Milchverkauf verhindern limitierte Lagerkapazitäten eine Deponierung der anfallenden Milchmenge während des Sperrzeitraumes T_{ban} . Hierdurch verursacht das Vermarktungsverbot einen Schaden von:

$$L_{ban,MK} = n_{MK} \cdot ML_{MK} \cdot \frac{T_{ban}}{365} - v_{MK} \cdot FK_{MK}(T_{ban}) \quad (42)$$

wobei n_{MK} die Anzahl der Milchkühe mit der jeweiligen Jahresmilchleistung ML_{MK} bezeichnet. Einer vorstellbaren Reduktion von Futterkosten um den Anteil v_{MK} im Zeitraum der Sperrung wird durch den letzten Summanden Rechnung getragen. Beispielhaft hierfür ist die Reduzierung der Kraftfuttergaben (ASSELDONK et al., 2006, S. 122).

Aufzucht- und Mastverfahren

Für Aufzucht- bzw. Mastverfahren sind Differenzierungen vorzunehmen, die sich einerseits durch die vorzeitige bzw. verspätete Vermarktung ergeben. Andererseits ist in den Produktionsverfahren hinsichtlich der Tiernachfolge im Anschluss an die optimale Produktionsdauer zu unterscheiden: Während in Aufzuchtverfahren sowie in kombinierten Aufzucht- und Mastbeständen im Sperrungszeitraum Tiere durch Geburten nachfolgen und die Tierzahlen expandieren, ist diese Konstellation in reinen Mastbeständen nicht gegeben.

In Aufzucht- bzw. geschlossenen Systemen folgt für den Schaden bei der verspäteten Vermarktung im Verfahren v :

$$L_{ban,v}^{post} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=0}^{T_{ban}-1} \left(DL_v^{opt} - \Delta V(T_{ban} - k) + \Delta FK(T_{ban} - k) \right) + \Delta TL_v(T_{ban}) \quad | \quad k \notin K^{pre} \quad (43)$$

mit

n_v = Anzahl der jährlich erzeugten Tiere in dem Verfahren v

DL_v^{opt} = direktkostenfreie Leistung bei optimaler Produktionsdauer je Tier

$\Delta V(T_{ban} - k)$ = Wertveränderung von Tieren in der Klasse k bei Überschreitung der optimalen Produktionsdauer um $T_{ban} - k$ Tage

$\Delta FK(T_{ban} - k)$ = Summe der zusätzlichen Futterkosten von Tieren in der Klasse k bei Überschreitung der optimalen Produktionsdauer um $T_{ban} - k$ Tage

$\Delta TL(T_{ban})$ = Monetär bewertete zusätzliche Tierverluste bei Überschreitung des optimalen Produktionszeitraumes um T_{ban} Tage

K^{pre} = Menge aller Klassen, die einer vorzeitigen Vermarktung unterliegen

Im Falle einer vorzeitigen Vermarktung entsteht ein Schaden von:

$$L_{ban,v}^{pre} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=1}^{b_v - b_v^{\min}} \left(DL_v^{opt} - V(b_v - k) + FK(b_v - k) \right) \quad | \quad k \in K^{pre} \quad (44)$$

wobei

b_v^{\min} = Mindestaufzucht- bzw. Mindestmastperiode

$V(b_v - k)$ = Wert eines Tieres in der Klasse k bei Unterschreitung der optimalen Produktionsdauer um k Tage

$FK(b_v - k)$ = Summe der Futterkosten eines Tieres in der Klasse k bei Unterschreitung der optimalen Produktionsdauer um k Tage

In reinen Mastbeständen ist gegenüber der erläuterten Situation zu beachten, dass während einer Sperrung das Einstellen neuer Tieren entfällt und somit einem verringerten Produktionsvolumen in der Schadenkalkulation Rechnung zu tragen ist. Für reine Mastbestände lautet der Schaden aus einer verspäteten Vermarktung für $T_{ban} \leq b_v$:

$$L_{ban,v}^{post} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=0}^{T_{ban}-1} \left(DL_v^{opt} - \Delta V(T_{ban} - k) + \Delta FK(T_{ban} - k) + \frac{T_{ban} - k}{b_v} \cdot DL_v^{opt} \right) + \Delta TL_v(T_{ban}) \quad | k \notin K^{pre} \quad (45)$$

Für $T_{ban} > b_v$ gilt entsprechend:

$$L_{ban,v}^{post} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=0}^{b_v-1} \left(DL_v^{opt} - \Delta V(T_{ban} - k) + \Delta FK(T_{ban} - k) + \frac{T_{ban} - k}{b_v} \cdot DL_v^{opt} \right) + \Delta TL_v(T_{ban}) \quad | k \notin K^{pre} \quad (46)$$

Im Falle der vorzeitigen Vermarktung ist eine Differenzierung hinsichtlich des Wiederbelegens der freien Mastkapazitäten notwendig. Beim Einstellen neuer Masttiere vor Sperrbeginn folgt der Schaden der vorzeitigen Vermarktung aus Gleichung (44). Sofern das Einstellen erst nach Restriktionseinstellung möglich ist, muss die verringerte Produktion in die Schadenkalkulation einbezogen werden. Die Schadenhöhe ist dann gegeben durch:

$$L_{ban,v}^{pre} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=1}^{b_v - b_v^{\min}} \left(DL_v^{opt} - V(b_v - k) + FK(b_v - k) \right) + \max[0, T_{ban} - k] \cdot \frac{DL_v^{opt}}{b_v} \quad | k \in K^{pre} \quad (47)$$

5.3.2.2 Schäden aus Keulung und Betriebsunterbrechung

Die Keulung von Tieren und Vernichtung der Tierkörper bedeutet den Verlust der monetären Tierwerte. Für gekeulte Milchkuh- bzw. Zuchtsaubestände folgt der Schaden aus:

$$L_{cul,ZT} = n_{ZT} \cdot p_{ZT} \cdot \varpi_{ZT} \quad (48)$$

wobei n_{ZT} die Anzahl der Milchkühe bzw. Zuchtsauen und p_{ZT} den jeweiligen durchschnittlichen Preis wiedergeben. Der Faktor ϖ_{ZT} dient der monetären Erfassung der weiblichen Nachzucht wie z.B. Zuchtkälber oder Färsen. Denkbare Wertveränderungen durch eine vorhergehende Betriebssperrung werden nicht einbezogen.

Zur Schadenquantifizierung in der Bullenkälberaufzucht- bzw. Ferkelerzeugung sowie in den daran anschließenden Mastverfahren ist wiederum eine Verfahrensdifferenzierung hinsichtlich der Geburt von Tieren während einer Sperrung erforderlich. Mit $T_{ban,1}$ als den Zeitraum zwischen der Sperrung und Keulung eines Betriebes ergibt sich ein Schaden für Verfahren mit Nachzucht bzw. kombinierten Zucht- und Mastbeständen von:

$$L_{cul,v} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=0}^{b_v+T_{ban,1}-1} (V(k) + \max[0, T_{ban} - k] \cdot \Delta FK(T_{ban} - k)) \quad | k \notin K^{pre} \quad (49)$$

Für reine Mastbestände resultiert ein Schaden aus der Keulung von:

$$L_{cul,v} = \frac{n_v}{365} \cdot \sum_{k=T_{ban}}^{b_v+T_{ban,1}-1} (V(k) + \max[0, T_{ban} - k] \cdot \Delta FK(T_{ban} - k)) \quad | k \notin K^{pre} \quad (50)$$

Für Milchproduktion, Ferkelerzeugung sowie Mastverfahren verursacht die an die Keulung anschließende Betriebsunterbrechung im Zeitraum $T_{ban,2}$ einen Schaden von:

$$L_{Bl,v} = n_v \cdot DL_v^{opt} \cdot \frac{T_{ban,2}}{365} \quad (51)$$

6 Anwendung des Modells

Die in diesem Kapitel präsentierten Ergebnisse basieren auf der Anwendung des Simulationsmodells für zwei ausgewählte Modellregionen in Deutschland. Ziel dieser Anwendung ist die Validierung des entwickelten Modells, u.a. anhand von Sensitivitätsanalysen für bestimmte Einflussgrößen. Eine Kalibrierung des Modells an einen realen Seuchenausbruch ist aufgrund der fehlenden empirischen Daten zu einem MKS-Ausbruch in Deutschland ausgeschlossen. Vor dem Hintergrund der Vielzahl an Einflussgrößen ist eine Limitierung auf einige ausgewählte Faktoren sinnvoll, wobei die Untersuchung die durch die bestehende Entschädigungspraxis induzierten Verhaltensweisen von Tierhaltern zum Inhalt hat. Da die ausgewählten Modellregionen nur einen geringen Teil der deutschen Tierproduktion abbilden, wird kein Anspruch auf Repräsentativität erhoben und somit auf eine Extrapolation der Ergebnisse verzichtet.

Zur Veranschaulichung der im Seuchenfall durch Entschädigungszahlungen an betroffenen Tierhalter ausgelösten Verhaltensänderungen werden zwei Szenarien gebildet:

- Szenario 1 beschreibt die Situation, in der sich die Kompensationsleistungen neben Keulungsschäden auch auf Schäden durch Betriebsunterbrechung sowie infolge einer verspäteten Vermarktung von Tieren bzw. ausfallenden Milchverkaufs erstrecken. Einbezogen in die Entschädigungshöhe sind außerdem potenzielle Preisveränderungen. Dabei stellt die Entschädigung in Szenario 1 eine perfekte Lösung dar, da die weit reichende Schadenkompensation nicht zur Reduzierung der Biosicherheit auf den Betrieben führt (vgl. Abschnitt 4.1.4). Zusätzlich ist in Szenario 1 die Notkeulung von überschweren Ferkeln und Mastschweinen vor Seuchenausbruch determiniert.
- In Szenario 2 hingegen ist die Entschädigung auf den Wert gekeulter Tiere beschränkt. Zudem können Tierhalter die Durchführung von Notkeulungen nicht antizipieren.

6.1 Beschreibung der Datensätze

6.1.1 Darstellung der Modellregionen

Beispielgebend für die Modellregionen dienen jeweils ein Landkreis aus Bayern und Nordrhein-Westfalen (NRW). Die Auswahl dieser Kreise ist ausschließlich durch die verfügbare Datenbasis begründet, womit ein vergleichsweise zu anderen Regionen höheres MKS-Einschleppungsrisiko als mögliches Auswahlkriterium ausgeschlossen ist.

Die Erstellung der Modellregion 1 erfolgt überwiegend anhand von Daten des Landkreises Steinfurt in NRW. Dieser Kreis ist charakterisiert durch eine hohe Viehdichte und einen großen Anteil von Veredlungsbetrieben. Gemessen an der Zahl der Haltungen verkörpert die Schweinemast mit fast 1.600 Haltungen das bedeutendste Produktionsverfahren, gefolgt von der Bullenmast mit über 1.200 Haltungen. Über Zuchtsauen verfügen mehr als 800 Betriebe, während ca. 600 Milchviehhaltungen existieren. Mehr als 60 % der Milchkuhhaltungen verfügen jeweils über maximal 29 Milchkühe, während ca. 36 % der Zuchtsauenbestände jeweils weniger als 50 Tiere umfassen. In einem Fünftel der Mastschweinebestände werden jeweils weniger als 50 Mastschweine gehalten (LWK NRW, 2008c, S. 72ff.). Von den ca. 3.800 Betrieben im Kreis werden rund 1.700 als Haupterwerbsbetriebe klassifiziert (WLV, 2008, o.S.).

Die Modellregion 2 orientiert sich an den Gegebenheiten des Landkreises Schwandorf in Bayern. In diesem Kreis nimmt die Milchviehhaltung mit über 1.200 von insgesamt 1.600 tierhaltenden Betrieben die dominierende Produktionsrichtung ein. Mastbullen werden auf circa 750 Betrieben gehalten. Von untergeordneter Bedeutung sind die Schweinemast mit ca. 300 Haltungen und die Ferkelerzeugung, die auf ca. 150 Betrieben stattfindet. Im genannten Kreis befinden sich in über 75 % der Milchkuhbestände jeweils weniger als 30 Tiere. Zuchtsauenbestände mit höchstens 20 Zuchtsauen beanspruchen mehr als 60 % aller Zuchtsauenbestände. In der Schweinemast wiederum werden in mehr als 60 % der Bestände jeweils weniger als 20 Tiere gehalten. Der Anteil von Nebenerwerbsbetrieben beträgt über 60 % (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 8ff.; ALF-SD, 2009, o.S.). Grundlegende Charakteristika der Modellregionen sind in Tabelle 8 aufgelistet, während sich detaillierte Angaben – insbesondere zur Struktur der Haltungen - im Anhang 6 bis 17 befinden.

Tabelle 8: Parameter der Modellregionen (Auswahl)

	Modellregion 1 (NRW)	Modellregion 2 (Bayern)
Fläche [km ²]	1.750	1.500
Anzahl der tierhaltenden Betriebe	3.000	1.600
Anzahl Milchkühe	17.232	27.325
Kühe je Haltung	32	22
Anzahl Mastbullen	38.627	6.569
Mastbullen je Haltung	31	8
Anzahl Zuchtsauen	93.525	6.276
Zuchtsauen je Haltung	115	28
Anzahl Mastschweine	572.545	23.008
Mastschweine je Haltung	365	53

Quelle: Eigene Darstellung nach: ADS-SD, 2008, o.S.; BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 8ff; KREIS STEINFURT, 2008, o.S.; LWK NRW, 2008c, S. 72ff.; WLV, 2008, o.S.; Eigene Annahmen.

Zur Berücksichtigung der rassenspezifischen Charakteristika in der Rinderproduktion werden alle Milchkühe in Modellregion 1 der Rasse Schwarzbunte zugeordnet, in Modellregion 2 der Rasse Fleckvieh. Zu Fleckvieh zählen in Region 2 auch alle Mastbullen, während für Modellregion 2 ein Anteil der schwarzbunten Mastbullen von 60 % und entsprechend 40 % für Fleckvieh in reinen Mastbeständen unterstellt wird.

6.1.2 Erstellung der Modellregionen

Die Einbeziehung der räumlichen Dimension sowie der Kontaktstrukturen setzt georeferenzierte Angaben über die betrachteten Betriebe voraus. Die Abbildung des Kontaktnetzwerkes erfordert zudem die Vorgabe von Parametern, die das Kontaktverhalten landwirtschaftlicher Betriebe determinieren (vgl. Abschnitt 3.2.1.2). Die optimale Grundlage für diese Parameter stellen dabei individuelle Daten von real existierenden Betrieben dar, auf die z.B. MANGEN et al. (2002) für die Niederlande oder STER und FERGUSON (2007) für Großbritannien zurückgreifen. In anderen Ländern- darunter auch Deutschland- steht oftmals der Datenschutz dieser Vorgehensweise entgegen. In diesen Fällen bieten sich alternativ die Nutzung vorliegender Daten anderer Regionen sowie die Erstellung von Modellregionen an (vgl. z.B. KARSTEN, 2004, S. 74; LE MENACH et al., 2005, S. 703). Da die erstgenannte Methode interregionale

Heterogenitäten nicht berücksichtigt und somit mögliche Fehlspezifikationen des Modells impliziert, werden im eigenen Ansatz Modellregionen erstellt.

6.1.2.1 Auswahl der betrachteten Betriebstypen

Aufgrund des großen MKS-Wirtsspektrums ist im Rahmen der Modellanwendung eine Begrenzung auf relevante Tierarten sinnvoll. In Deutschland nehmen unter den MKS-empfindlichen Tierarten Rinder und Schweine gemessen an der Tieranzahl die dominierende Position ein. Die Bedeutung dieser beiden Tierarten spiegelt sich auch in den Verkaufserlösen wider: Im Jahr 2007 erzielte der Milchverkauf fast acht Mrd. €, der Verkauf von Schweinen bzw. Rindern mehr als sechs bzw. drei Mrd. €. Hingegen wurde durch den Verkauf von Schafen lediglich ein Erlös von ca. 167 Mio. € erzielt (BMELV, 2007c, S. 149). Der Ausschluss von Schafen hat die Missachtung spezifischer Risikofaktoren der MKS-Verbreitung zur Folge wie z.B. die geringe Ausprägung von Symptomen und die saisonal stark geprägten Tierbewegungen, die mitverantwortlich für das Ausmaß des Seuchenzuges von 2001 im Vereinigten Königreich waren (vgl. Abschnitt 3.2.1). Allerdings ist in diesem Zusammenhang auf die hohe Bedeutung der Schafhaltung im Vereinigten Königreich hinzuweisen.

Tabelle 9: Viehbestände in Deutschland und dem Vereinigten Königreich in 2007 (in Tsd. Stück)

	Rinder	Schweine	Schafe
Deutschland	12.687	27.103	2.444
Vereinigtes Königreich	10.304	4.834	33.946

Quelle: Eigene Darstellung nach: BMELV, 2007c, S. 124; DEFRA, 2007b, S. 16.

Aus der Gesamtheit aller rinder- bzw. schweinehaltenden Betriebe finden folgende Betriebstypen im Modell Verwendung:

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

Unberücksichtigt bleiben somit u.a. spezialisierte Aufzuchtbetriebe in der Rinder- bzw. Schweinemast sowie die Kälbermast. Auch die Mutterkuhhaltung als ein Verfahren der Rinderproduktion wird nicht in die Betrachtung aufgenommen. Ursächlich hierfür sind der

Vereinfachungszwang im Modell, die partiell geringe Datenverfügbarkeit sowie der teilweise geringe Anteil dieser Betriebsformen. Eine Trennung zwischen konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Modell erfolgt nicht; sämtliche betrachtete Betriebe werden zur Vereinfachung der konventionellen Landwirtschaft zugeordnet.

6.1.2.2 Positionierung der Betriebe im Raum

Infolge der fehlenden Informationen zur individuellen Positionierung von Betrieben nutzt KARSTEN (2004, S. 74) die regionale Betriebsdichte zur Anordnung von Betrieben in einer Modellregion. Dabei erfolgt die Generierung der entsprechenden Koordinaten der Betriebe aus vorgegebenen Gleichverteilungen. Dieser Ansatz missachtet jedoch intraregionale Unterschiede in der Betriebsdichte. Diesen Heterogenitäten wird in der Modellanwendung durch die Berücksichtigung der euklidischen Distanz zwischen Betrieben Rechnung getragen. Die Basis hierzu liefern die Analyse von Satellitenbildern sowie Expertenangaben zu den untersuchten Regionen. Die Satellitenbilder dienen der Identifikation tierhaltender Betriebe anhand der Gebäudehüllen bzw. Betriebseinrichtungen wie z.B. Ställe, Dunglager oder Futtersilos. Ausgehend von einem markierten Betrieb werden in einer definierten Umgebung weitere tierhaltende Betriebe sowie die jeweiligen Entfernungen zwischen den einzelnen Betrieben ermittelt. Durch die Aufnahme unterschiedlicher Bereiche einer Region werden Häufigkeitsverteilungen für die Anzahl von Betrieben sowie für die Distanzen zwischen den Betrieben gewonnen. Diese Vorgehensweise beinhaltet denkbare Fehlerquellen wie beispielsweise durch die Zuordnung gewerblicher Tierhalter oder die Markierung unterschiedlicher Betriebsstätten als eigenständige Betriebe. Aus diesem Grunde ist eine Vervollständigung bzw. Korrektur der ermittelten Angaben durch ortskundige Experten anzustreben.

Die räumliche Anordnung der Betriebe setzt zunächst die Festlegung der Referenzkoordinaten, der Betriebsanzahl und der Fläche der Modellregion voraus. Die Darstellung der Fläche geschieht als zweidimensionales Gitter von quadratischen Zellen mit definierter Fläche. Diese Fläche entspricht der definierten Umgebung aus der Analyse der Satellitenbilder. Das Ziel der Unterteilung der Region in Zellen liegt in der Abbildung der realen kleinräumlichen Betriebsstruktur. Zur Verteilung der Betriebe im Raum wird stochastisch eine Zelle $z_{x,y}$ aus der Menge aller bisher nicht abgefragten Zellen des Gitters ermittelt. Für diese Zelle $z_{x,y}$ beschreibt $P_{x,y}$ die Wahrscheinlichkeit, dass $z_{x,y}$ mindestens einen Betrieb enthält:

$$P_{x,y} = \begin{cases} 1, & \text{für } \delta_{x,y} > 1 \\ \delta_{x,y}, & \text{für } \delta_{x,y} \leq 1 \end{cases} \quad (52)$$

mit $\delta_{x,y}$ als Betriebsdichte der Zelle $z_{x,y}$:

$$\delta_{x,y} = \frac{n \cdot A_{x,y}}{A_{res}} \quad (53)$$

wobei n die Anzahl der Betriebe abzüglich aller bereits in Zellen positionierten Betriebe darstellt. A_{res} repräsentiert die Fläche der Modellregion abzüglich der Gesamtfläche aller bisher abgefragten Zellen, während $A_{x,y}$ die Fläche der Zelle $z_{x,y}$ wiedergibt. Wenn eine ausgewählte Zelle $z_{x,y}$ mindestens einen Betrieb enthält, so erfolgt dessen zufällige Positionierung in $z_{x,y}$ zur Ermittlung der Koordinaten. Im Anschluss wird auf Basis der ermittelten Häufigkeitsverteilungen über die Anzahl von weiteren Betrieben in $z_{x,y}$ entschieden. Weitere Betriebe werden gemäß der Distanzen um den zuerst positionierten Betrieb in $z_{x,y}$ angeordnet. Durch das Abfragen aller Zellen und die jeweilige Neuberechnung von n sowie A_{res} entsteht die räumliche Verteilung von Betrieben in der Modellregion. Zusätzlich ermöglicht das Modell die gezielte Ausnahme von Zellen aus der Abfrage, um größere Gebiete ohne Tierhaltung (z.B. Siedlungen, Forst etc.) in der Modellregion abbilden zu können. Die zugrundeliegenden Daten sind im Anhang 1 und 2 dargelegt.

Die jeweils ermittelten Koordinaten der Betriebe repräsentieren den Mittelpunkt des Betriebes; die Ausdehnung bzw. die Zersplitterung von Betriebsflächen wird vernachlässigt.

6.1.2.3 Zuordnung der Tierzahlen und Leistungsparameter

Im Anschluss an die Koordinatengenerierung vollzieht sich die Zuordnung von Herdengrößen zu den einzelnen Betrieben. WEISS (1995, S. 365f.) sieht die Herdengrößen landwirtschaftlicher Betriebe im Allgemeinen durch asymmetrische Verteilungen charakterisiert. Ein Großteil der Betriebe ist durch kleine Herden gekennzeichnet, während nur eine geringe Anzahl der Betriebe über große Herden verfügt.

Die Verwendung einer Vielzahl einzelbetrieblicher Daten im Modell ist nicht möglich. In Deutschland sind Angaben zur Größenstruktur prinzipiell nur in aggregierter Form öffentlich zugänglich. Den niedrigsten Aggregationsgrad weisen dabei jene Daten auf, die auf Ebene von Landkreisen bzw. kreisfreien Städten im Rahmen der Agrarstrukturerhebung generiert werden. Diese beinhalten absolute Häufigkeiten verschiedener Bestandsgrößenklassen sowie die Gesamtzahl von Tieren in der jeweiligen Klasse. Die nachstehende Tabelle zeigt exemplarisch die verfügbaren Daten zur Struktur der Zuchtsauenhaltung im Kreis Steinfurt (NRW), wobei die unterschiedlichen Klassenbreiten zu beachten sind.

Tabelle 10: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Steinfurt in 2007 nach Bestandsgrößenklassen

Größenklassen	Haltungen	Anzahl Tiere
1-19	138	1.311
20-49	154	5.233
50-99	169	12.302
100-199	200	29.223
200 und mehr	152	45.456
gesamt	813	93.525

Quelle: LWK NRW, 2008, S. 79.

Zur Zuordnung der Tierzahlen erfolgt der Gebrauch der verfügbaren Daten zu den einzelnen Größenklassen der Haltungen. Die Zuordnung als mehrstufiger Prozess umfasst dabei die Einzelschritte:

1. Auswahl des Betriebstyps
2. Selektion der betrieblichen Produktionsverfahren
3. Einordnung der betrieblichen Haltung in Größenklasse
4. Ermittlung der Tierzahl in den betrieblichen Größenklassen

Die Auswahl des Betriebstyps erfolgt nach vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten für die fünf betrachteten Betriebstypen. Daran anschließend ist für den Betriebstyp „Gemischtbetrieb“ die Kombination aus den vier im Modell berücksichtigten Tierproduktionsverfahren festzulegen. Dieser Schritt verlangt einerseits Annahmen zu den Häufigkeiten der Verbindung von Produktionsverfahren derselben Tierart sowie andererseits zu den Häufigkeiten der Kombinationen aus einem oder zwei Verfahren der Rinderproduktion mit einem oder zwei Verfahren der Schweinehaltung. Hierbei ist zu beachten, dass die amtliche Statistik nur beschränkt Aussagen über die Kombination einzelner Tierhaltungsverfahren liefert. Deswegen bietet sich der Einbezug von Expertenwissen zur Einschätzung der relativen Häufigkeiten der Betriebstypen sowie der Kombinationen der einzelnen Produktionsverfahren an. Die im Modell verwendeten Wahrscheinlichkeiten befinden sich in Anhang 3.

Die abschließende Zuordnung der Tierzahlen zu den Betrieben vollzieht sich in einem zwei-stufigen Verfahren. Zuerst wird die jeweilige Haltung analog den relativen Häufigkeiten in eine der Bestandsgrößenklassen eingeordnet. Das Modell erlaubt hierbei die Formulierung der relativen Häufigkeiten in Abhängigkeit des Betriebstyps. Die zweite Stufe umfasst anschließend die Ermittlung der Tierzahl in dem entsprechenden Produktionsverfahren. Diese werden

im Modell als Zufallszahlen¹¹ aus vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen gewonnen. Dabei erfolgt im Modell die Vorgabe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für jede Bestandsgrößenklasse. Zur Parametrisierung dieser Verteilungen dienen die gegebene untere und obere Klassengrenze sowie das arithmetische Mittel der Klasse. Für Klassen, deren arithmetisches Mittel nahezu der Klassenmitte entspricht, wird im Modell die Gleichverteilung unterstellt. Für die äußeren Klassen, die eine asymmetrische Verteilung der Tierzahlen aufweisen, wird stattdessen auf die Dreiecks- bzw. Lognormalverteilung zurückgegriffen.

Gegenüber der Anpassung einer Dichtefunktion an gegebene Häufigkeitsverteilungen verlangt diese Vorgehensweise einen höheren Rechenaufwand und kann zu potenziellen Fehlspezifikationen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die jeweilige Bestandsgrößenklasse führen. Vorteilhaft wirkt aber die Berücksichtigung der Haltungsgröße in den unterschiedlichen Betriebstypen. So kann für spezialisierte Betriebe im Allgemeinen eine durchschnittlich größere Herdengröße im Vergleich zu Gemischtbetrieben erwartet werden. Dies lässt sich im Modell durch Änderung der Wahrscheinlichkeiten für die entsprechenden Größenklassen in Abhängigkeit des Betriebstyps umsetzen.

Für Betriebe mit zwei Haltungen derselben Tierart wird nur die Zahl der weiblichen Zuchttiere N_Z als stochastisch angenommen. Die Anzahl der Masttiere N_M wird deterministisch anhand der Nachkommen zur Mast je Zuchttier und Jahr ω_M sowie anhand der Umtriebe je Mastplatz und Jahr U_M ermittelt:

$$N_M = \frac{N_Z \cdot \omega_M}{U_M} \quad (54)$$

Diese Zurechnung ergibt sich aus Vereinfachungsgründen für die Modellierung des Kontaktnetzwerkes, bei dessen Beschreibung zweckmäßigerweise auch die Begründung für diese Vorgehensweise angeführt wird. Einher mit der Zuordnung der Herdengröße geht die Vorgabe von betrieblichen Leistungsgrößen zur Determinierung des Kontaktnetzwerkes. Dazu zählen die durchschnittliche Milchleistung von Milcherzeugerbetrieben sowie der Absatzrhythmus von Ferkelerzeugern.

Die skizzierte Vorgehensweise führt zu akzeptablen Ergebnissen. Die Modellregionen spiegeln nahezu die realen Verteilungen der Haltungen und der Tiere von Milchkühen und Zuchtsauen in den jeweiligen Größenklassen wider. Bei den Mastverfahren zeigen sich in den

¹¹ Aufgrund der rechnerbasierten Ermittlung handelt es sich i.e.S. um Pseudozufallszahlen. Zur Vereinfachung wird in dieser Arbeit jedoch der Begriff Zufallszahlen verwendet.

mittleren Größenklassen bezüglich der Tierzahlen leichte Abweichungen von den empirischen Ergebnissen (vgl. Anhang 6 bis 17). Dies ist auf die Unterstellung der kompletten Eigenmast in Betrieben mit kombinierten Zucht- und Mastverfahren zurückzuführen.

Die nachstehende Abbildung zeigt die heterogene Verteilung der Tierbestände – gemessen in Großvieheinheiten (GV) – für die Modellregion 1 (NRW). Die entsprechende Abbildung für die Modellregion 2 und der Umrechnungsschlüssel für GV finden sich in Anhang 4 und 5.

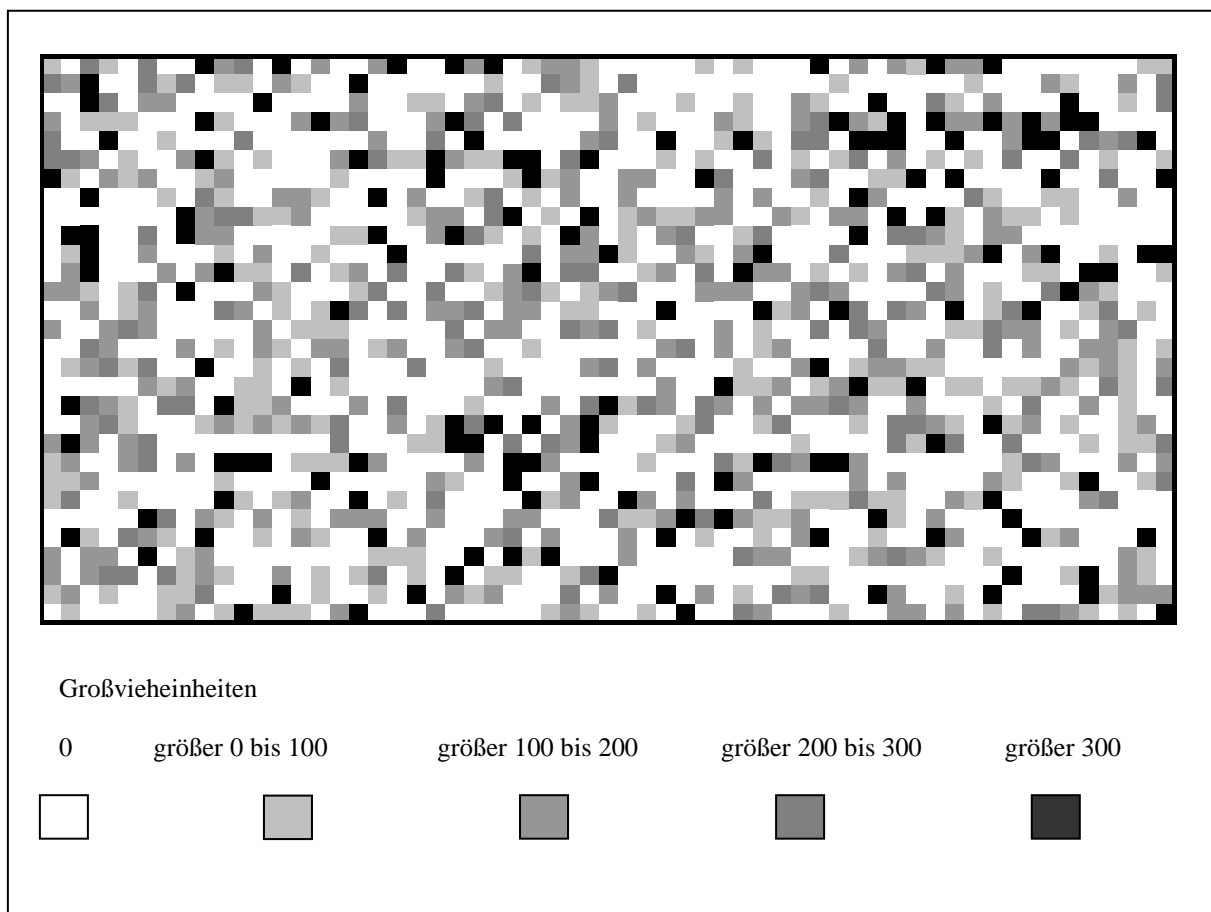


Abbildung 21: Räumliche Verteilung der Großvieheinheiten in Modellregion 1

Quelle. Eigene Darstellung.

6.1.2.4 Zuordnung der Betriebe des vor- und nachgelagerten Bereichs

Die Simulation von Seuchenausbrüchen setzt zudem eine Abbildung der tierischen Produktion vor- und nachgelagerten Stufen voraus. In der Modellanwendung finden dabei Molkereien, Tierkörperbeseitigungsanstalten, Veterinäre, Besamungstechniker in der Rinderproduktion und Lieferanten von Handelsfuttermitteln Berücksichtigung. Diese sind gekennzeichnet durch:

- Koordinaten des Standortes
- Radius des Geschäftsgebietes
- Kapazitäten
- Marktanteil

Der Marktanteil und das Einzugsgebiet liefern die Determinanten für die Zuordnung der landwirtschaftlichen Betriebe zu den vor- und nachgelagerten Unternehmen. Bei Überschneidung der Geschäftsgebiete von konkurrierenden Unternehmen des vor- und nachgelagerten Bereichs wird anhand der jeweiligen Marktanteile eine zufällige Zuordnung von tierhaltenden Betrieben vollzogen. Somit entspricht die Wahrscheinlichkeit μ_{vn} , dass ein tierhaltender Betrieb einem Betrieb des vor- und nachgelagerten Bereichs zugeordnet wird, dem Marktanteil des vor- und nachgelagerten Betriebes ϖ_{vn} .

Aufgrund der Datensensibilität sind Informationen zu dem vor- und nachgelagerten Bereich oftmals nur eingeschränkt verfügbar, weshalb die Ergänzung durch Expertenwissen anzustreben ist. Von den entsprechenden Betrieben des vor- und nachgelagerten Bereichs werden in den Modellregionen zwei, vier oder acht Standorte angeordnet (vgl. Anhang 28). Als Folge der unzureichenden Angaben über die Standorte wird zur Positionierung dieser Unternehmen eine vereinfachte Vorgehensweise gewählt. Mithilfe der Mittelsenkrechten werden die Modellregionen in gleichgroße Rechtecke eingeteilt, in deren jeweiligen Mittelpunkten die Standorte des vor- und nachgelagerten Bereichs liegen. Im Falle von zwei Standorten werden diese in diagonal gegenüberliegenden Rechtecken positioniert. Für die Marktanteile gelten vereinfacht gleiche Marktanteile der vor- und nachgelagerten Unternehmen. Die Radien und Kapazitäten der Betriebe sind in Anhang 29 niedergelegt.

6.1.3 Seuchenverbreitung und –bekämpfung

6.1.3.1 Übertragungs- und Kontaktwahrscheinlichkeiten

Infolge des sporadischen Auftretens der MKS finden sich nur wenige Studien - basierend auf realen Seuchenausbrüchen - zur Quantifizierung der Übertragungswahrscheinlichkeiten. Für den Seuchenzug im Jahr 2001 schätzen einige Autoren unterschiedliche Parameter der Seuchenübertragung für verschiedene Tierarten (vgl. Abschnitt 5.2.2). Diese Ergebnisse für die Formulierung der Übertragungswahrscheinlichkeit nach (31) sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 11: Parameter zur tierartabhängigen Formulierung der Übertragungswahrscheinlichkeit

	Empfänglichkeit je Tier <i>S</i>	Übertragung je Tier <i>T</i>
Rind	1,0	$4,3 * 10^{-7}$
Schwein	3,0	$2.0 * 10^{-7}$

Quelle: FERGUSON et al., 2001, S. 803.

Ein substanzielles Problem in der Anwendung dieser Parameter besteht darin, dass die Schätzergebnisse der Übertragungsparameter eminent von dem im Modell unterstellten Kontaktverhalten beeinflusst sind. Unterschiedliche Formulierungen der Kontaktwahrscheinlichkeiten können demzufolge modifizierte Schätzergebnisse liefern. Eine Übernahme dieser Parameter im Modell erfolgt nicht, da das unterstellte Kontaktmodell differenzierter als das von FERGUSON et al. verwendete Kontaktmodell gestaltet ist.

Ein alternativer Ansatz besteht in der Vorgabe von Übertragungswahrscheinlichkeiten basierend auf Expertenmeinungen für spezifische Kontaktarten. Exemplarisch quantifiziert WILLMS (2006, S. 56ff.) – unterstützt von Expertenmeinungen - die Übertragungswahrscheinlichkeiten verschiedener Kontakttypen (vgl. Tabelle 12). Für die eigene Arbeit werden solche Kontaktwahrscheinlichkeiten vorgegeben, wobei gegenüber der Arbeit von WILLMS (2006) niedrigere Übertragungswahrscheinlichkeiten unterstellt werden. Der Grund hierfür liegt in dem kurzen Zeitabstand der Befragung zum MKS-Ausbruch in 2001, der die Einschätzung der Experten möglicherweise stark beeinflusst hat.

Tabelle 12: Quantifizierung von Übertragungswahrscheinlichkeiten

Risikostufe des Kontaktes	Übertragungswahrscheinlichkeit		
	nach WILLMS	Eigenes Modell	
		vor Seuchenentdeckung in einer Region	nach Seuchenentdeckung in einer Region
Geringes Risiko	0,02	0,02	0,01
Erhöhtes Risiko	0,10	0,05	0,03
Hohes Risiko	0,50	0,25	0,15
Sehr hohes Risiko	0,90	0,50	0,30

Quelle: WILLMS, 2006, S. 56; Eigene Annahmen.

Als Kontakttypen der höchsten Risikostufe klassifiziert WILLMS (2006, S. 125ff.) beispielsweise den betrieblichen Tierhandel, während die MKS-Verbreitung über Luft in der

Umgebung von infizierten Betrieben als erhöhtes Risiko eingestuft wird. Futtermittellieferungen wird hingegen nur ein geringes Risiko zugeordnet, wobei diese Typisierung weitgehend mit den Umfrageresultaten von NISSEN (2001, S. 42f.) übereinstimmt. Einschränkend auf die Aussagekraft dieser Studien wirkt die subjektive Risikowahrnehmung der befragten Experten, die z.B. durch Defizite in der Erfahrung mit MKS beeinflusst sein kann (vgl. Abschnitt 4.1.3). Die angeführten Wahrscheinlichkeiten werden im Modell für die kontaktartabhängige Bestimmung der Übertragungswahrscheinlichkeit übernommen, wobei die Zuordnung der einzelnen Kontakttypen zu den Risikostufen wie nachfolgend ausgeführt erfolgt.

Tabelle 13: Überführung von Kontakttyp in Risikostufen

Risikostufe des Kontaktes	Kontakttyp
Geringes Risiko	Futtermittellieferungen
Erhöhtes Risiko	Lokale Verbreitung
Hohes Risiko	Besuche von Besamungstechnikern, Veterinären, Fahrzeuge zur Kadaverbeseitigung sowie Milchabholung
Sehr hohes Risiko	Handel von Ferkeln und Bullenkälbern

Quelle: Eigene Darstellung.

Die erforderlichen Daten zur Abbildung der Kontaktnetzwerke zwischen tierhaltenden Betriebe basieren auf Informationen aus Betriebszweigauswertungen der einzelnen Produktionsverfahren ergänzt durch Literaturbeiträge und Expertenmeinungen. Für alle Milchviehbetriebe werden 0,45 Bullenkälber je Kuh und Jahr angenommen. Die Milchabholung im Modell unterstellt einen 2-Tage-Zyklus in den Milchviehbetrieben. Der Anteil von Betrieben, die künstliche Besamung nutzen, wird auf 70 % festgelegt. Je Milchkuh und Jahr werden 1,2 Besamungen unterstellt.

Die Anzahl aufgezogener Ferkel je Sau und Jahr ist für alle Ferkelerzeuger einer Modellregion uniform modelliert (vgl. Tabelle 20). Die Wahl des Produktionsrhythmus ist nach PRANGE und HÖRÜGEL (2004, S. 44f.) in der Ferkelproduktion u.a. abhängig von der Herdengröße, wobei mehrwöchige Rhythmen vor allem in kleineren Beständen anzutreffen sind. Die modellrelevanten Anteile der jeweiligen Produktionsrhythmen für beide Regionen sind in nachstehender Tabelle dargelegt.

Tabelle 14: Verteilung der Produktionsrhythmen in der Ferkelerzeugung nach Größenklassen

Produktionsrhythmus	Größenklasse			
	bis 50 Sauen	51 bis 100 Sauen	101 bis 300 Sauen	Über 300 Sauen
7-Tage-Rhythmus				1,00
21-Tage-Rhythmus		0,60	0,80	
28-Tage-Rhythmus	1,00	0,40	0,20	

Quelle: Eigene Darstellung nach PRANGE und HÖRÜGEL, 2004, S. 44f.; RAU et al., 2008, o.S.

Eine Verbindung zwischen den Modellregionen besteht hauptsächlich über den Absatz von Fleckvieh-Bullenkälbern aus Modellregion 2 zur Mast in Modellregion 1. So beträgt der Anteil der aus Bayern in andere Bundesländer exportierten Fleckviehkälber ca. 40 % (GÖTZ, 2007, S. 108). Da keine detaillierten Daten verfügbar sind, wird für den Handel von Fleckviehkälbern in Modellregion 1 eine Wahrscheinlichkeit von 5 % unterstellt. In der Ferkelerzeugung resultiert aus den in Tabelle 10 aufgeführten Quantitäten zu Zuchtsauen- und Schweinemastbeständen ein Ferkelüberschuss in Modellregion 2. Dieser Umstand korrespondiert mit den von HAXSEN (2008, S. 7ff.) kalkulierten Salden der Ferkelbilanz der einzelnen Bundesländer, die für Bayern einen Überschuss von über 600.000 Ferkeln deklarieren. Zum Ausgleich der Ferkelbilanzen sind der Handel zwischen den Bundesländern sowie in zunehmendem Maße der Ferkelimport von Belang, insbesondere aus Dänemark und den Niederlanden. Die Vorteile dieser Länder liegen sowohl in niedrigeren Produktionskosten als auch in der Lieferung großer homogener Ferkelpartien. Dem gegenüber setzen bayerische Ferkelerzeuger oftmals kleine Partien ab, die aufgrund der Nachfragegestaltung nordwestdeutscher Mäster nach Großgruppen zunehmend in das europäische Ausland exportiert werden (HONOLD, 2007, S. 44). Typisch für bayerische Ferkelpartien sind zudem die unterschiedlichen Herkünfte, die einen höheren Betreuungsaufwand verursachen (LEL, 2009, S. 162). Aufgrund fehlender statistischer Determinanten zum interregionalen Handel werden für die Ferkelvermarktung Hypothesen getroffen. Demnach erfolgt der Ferkelabsatz in Modellregion 1 überwiegend innerhalb der Region, während größere Ferkelpartien z.T. von Modellregion 2 nach Modellregion 1 geliefert werden. Explizite Angaben über Vermarktungswege und Absatzregionen finden sich im Anhang 18 bis 22.

Zur Abbildung von Veterinärbesuchen und Futtermittellieferungen werden Parameter in Abhängigkeit des Produktionsverfahren und der Bestandsgröße zugewiesen. Für Veterinärbesuche wird dem erhöhten Betreuungsaufwand für Zuchttiere bzw. größeren Beständen Rechnung getragen. Die angenommenen Daten zur Häufigkeit von Futtermittellieferungen

und gelieferter Menge berücksichtigen u.a. die durchschnittlichen Kraftfuttermengen in den unterschiedlichen Verfahren (vgl. Anhang 24 bis 27). Des Weiteren wird in den Simulationsrechnungen zur Erfassung der lokalen Seuchenverbreitung ein maximaler Radius von fünf Kilometern um einen infizierten Betrieb unterstellt.

6.1.3.2 Seuchenbekämpfung

Basierend auf den Literatúraussagen zur Symptomausbildung bei Rindern und Schweinen (vgl. Abschnitt 3) wird die Entdeckung folgenderweise modelliert:

- Für Rinderbestände beträgt der durchschnittliche Zeitraum zwischen der Infektion und der Entdeckung ca. elf Tage, während er für Schweinebestände mit ca. 13 Tagen geringfügig höher ausfällt. Weniger als vier Prozent der Infektionen werden innerhalb von fünf Tagen registriert, mehr als 90 % bis zum 16. Tag der Infektion. Vereinfacht gelten diese Werte auch für Veterinäre im Rahmen regulärer Betriebsvisiten. Im Falle von gemischten Tierbeständen ist jeweils die Entdeckungswahrscheinlichkeit für rinderhaltende Betriebe ausschlaggebend.
- Als Konsequenz der Seuchenidentifikation wird eine intensivere Kontrolle unterstellt, die eine Erhöhung der Entdeckungswahrscheinlichkeit zur Folge hat. Der diesbezügliche durchschnittliche Zeitraum bis zur Entdeckung in Rinderhaltungen beträgt demnach acht Tage; in Schweinebeständen zehn Tage. Dabei gelten diese Werte ausschließlich für die Region, in der eine MKS-Entdeckung stattfindet.

Die zugewiesenen Restriktionen im Anschluss an die Seuchenentdeckung auf einem infizierten Betrieb sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 15: Parameter der Restriktionen

	Restriktion		
	Dauer der Sperrung	Verzögerung	Radius
Infizierter Betrieb	40 Tage	-	-
Keulungsgebiet	40 Tage	-	1 km
Sperrgebiet	40 Tage	1 Tag	3 km
Beobachtungsgebiet	14 Tage	2 Tage	10 km

Quelle: Eigene Darstellung.

Ermittelte Kontaktbetriebe eines infizierten Betriebes werden im Modell der Keulung und einer anschließenden Sperrung von 40 Tagen unterworfen. Die Umsetzung der Bekämp-

fungsmaßnahme in Kontaktbetrieben geschieht unmittelbar nach deren Identifizierung, wobei nachstehend aufgeführte Parameter im Rahmen der Kontaktrückverfolgung vorgegeben sind:

- Der durchschnittliche Zeitbedarf bis zur Identifizierung von Kontaktbetrieben beläuft sich für alle Kontaktarten auf jeweils einen Tag
- Die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Identifizierung liegt bei 100 %

Ergänzend zu den bereits erwähnten Aktivitäten werden sämtliche Betriebe im Sperrgebiet MKS-Tests unterzogen. Diese Tests werden in einem 7-Tage-Rhythmus durchgeführt, wobei die Erfolgswahrscheinlichkeit bei infizierten Betrieben mit 70 % taxiert wird. Die Simulation setzt weiterhin ausreichende Kapazitäten zur Keulung von Betrieben sowie zur Implementierung und Überwachung von Kontrollgebieten voraus. Hergeleitet aus dem in der Realität oftmals postulierten Verzicht auf Notimpfungen wird auch in den Simulationsszenarien auf diese Option verzichtet.

6.1.4 Variablen der Schadenkalkulation

Entsprechend der skizzierten Vorgehensweise zur Schadenquantifizierung werden in diesem Abschnitt die erforderlichen Grundlagen zur Berechnung von Leistungs- bzw. Kostengrößen vorgestellt, die Einfluss auf die betrieblichen Schäden ausüben. Im Folgenden werden die entsprechenden Größen differenziert für die verschiedenen Produktionsverfahren erläutert. Zur Abbildung der regionalen Unterschiede gelten für die Modellregionen differenzierte Daten zur Schadenkalkulation. Maßgeblich sind dabei weitestgehend die Marktbedingungen des Kalenderjahres 2008. Hinsichtlich der Leistungs- und Kostensituation in den einzelnen Produktionsverfahren ist dabei der Preisanstieg relevanter Futtermittel im Wirtschaftsjahr 2007/ 2008 zu beachten, der sich teilweise in den für das Jahr 2008 verwendeten Daten auswirkt. Aufgrund des hohen Anteils pauschalierender Landwirte wird die Umsatzsteuerpauschalierung für alle Betriebe unterstellt. Somit enthalten sämtliche Preise die Umsatzsteuer von sieben bzw. 19 Prozent beim Bezug über den Handel bzw. 10,7 % beim innerlandwirtschaftlichen Warenaustausch.

6.1.4.1 Milchviehhaltung

Gemäß der Rassenzuordnung werden die schadenrelevanten Größen rassenspezifisch festgelegt. Neben der Milcherzeugung findet in den Milchkuhhaltungen die Aufzucht von Bullenkälbern zur Mast statt.

Die Schadenermittlung aus Keulung basiert auf den aufgeführten Durchschnittswerten je Milchkuh, komplettiert durch die Werte für die weibliche Nachzucht auf den Betrieben. Identisch festgesetzt ist der Milchpreis für alle Betriebe einer Region, womit betriebsindividuelle Auf- oder Abschläge für Mengen oder Qualitäten ausgeklammert werden. Für die an die Keulung anschließende Betriebsunterbrechung ist die erzielte direktkostenfreie Leistung je Milchkuh relevant. Diesbezüglich ist der hohe Milchpreis zu Beginn des Jahres 2008 zu beachten (LZ-RHEINLAND, 2009, o.S.).

Im Falle einer Vermarktungssperrung wird für den Sperrzeitraum der Erlösausfall aus dem gestoppten Milchverkauf quantifiziert durch das Produkt aus betrieblicher Milchmenge und dem unterstellten Milchpreis.

Tabelle 16: Modellvariablen der Milchkuhhaltung

	Einheit	Schwarzbunte (NRW)	Fleckvieh (Bayern)
Wert Milchkuh	Euro	1.117,00	1.220,00
Wert weibliche Nachzucht	Euro	623,00	596,00
Milchleistung	Kg	7.887,00	6.809,00
Milchpreis	Cent / kg	37,71	41,00
Marktleistung	Euro	3.457,00	3.339,00
Kraftfutterkosten	Euro	460,00	344,00
Grundfutterkosten	Euro	754,00	669,00
Direktkostenfreie Leistung	Euro	1.578,00	1.711,00

Quelle: BMELV, 2008b, o.S.; KTBL, 2006, S. 384ff.; LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE, 2008, versch. Hefte; LFL, 2008a, o.S.; LWK NRW, 2008d, S. 9; LZ-RHEINLAND, 2009, o.S.; Eigene Berechnungen.

Für die Aufzucht von Bullenkälbern in der Milcherzeugung sind die Werte analog zur Milchproduktion differenziert nach Region bzw. Rasse vorgegeben. Dabei verfügen FL-Bullenkälber über höhere Wachstumsraten als schwarzbunte Tiere. Die Verkaufsgewichte belaufen sich für FL-Bullenkälber auf ca. 90 kg, während SB-Bullenkälber bereits mit einem Gewicht von ca. 45-50 kg vermarktet werden. Da für SB-Kälber nur pauschale Verkaufspreise für Tiere im Gewichtsbereich von ca. 50 kg vorliegen, wird für diese Tiere in Abhängigkeit des Lebendgewichts eine parallele Preisentwicklung zu der von Fleckviehkälbern unterstellt. Alle sonstigen Größen sind in der nachstehenden Tabelle Preise von Futtermitteln zur Aufzucht aufgelistet. Die Kälberfütterung mit Milchaustauschern wird modellmäßig für den

Normalfall vorausgesetzt, wobei im Sperrzeitraum eine Umstellung auf Milch erfolgt, da durch das Verbot des Milchverkaufs große Milchmengen ohne Alternativverwendung bereitstehen. Aus diesem Grunde unterbleibt eine Adaption der Aufzuchtintensität.

Tabelle 17: Modellvariablen der Bullenkälberaufzucht

	Einheit	Schwarzbunte (NRW)	Fleckvieh (Bayern)
Zuwachsfunktion	g / d	$TZ(LG)=0,0057*LG^2+3,9114*LG+539,89$	$TZ(LG)=0,0056*LG^2+4,2557*LG+671,95$
Verkaufsgewicht	Kg	48,00	88,50
Verkaufserlös	Euro	94,00	413,00
Milchaustauscher	Euro / dt	180,00	170,00
Kälberkraftfutter	Euro / dt	28,90	28,52
Kälberheu	Euro / dt	9,88	8,00

Quelle: KTBL, 2006, S. 384ff.; LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE, 2008, versch. Hefte; LFL, 2008a, o.S.; LVVG AULENDORF, 2000, S. 9; MLU SACHSEN-ANHALT, 2009, o.S.; Eigene Berechnungen.

Für die Phase der verlängerten Aufzucht infolge einer Betriebssperrung werden konstante Verlustraten zugewiesen. Diese Hypothese basiert auf der Perspektive in Milcherzeugerbetrieben für den Sperrzeitraum zusätzliche Stallplätze bereitzustellen. Eine vorzeitige Vermarktung ist für Bullenkälber im Modell ab dem dritten Lebenstag gegeben.

6.1.4.2 Bullenmast

Neben regionalen Unterschieden berücksichtigt die Schadenkalkulation in der Bullenmast zusätzlich rassenspezifische Differenzen zwischen FL- und SB-Tieren. Zu beachten sind hierbei u.a die höheren Wachstumsraten von Fleckviehbullen gegenüber der Rasse Schwarzbunte (vgl. Abbildung 20). Zudem erreichen Fleckviehbullen in der Regel vorteilhaftere Klassifizierungsergebnisse und einen höheren Ausschachtungsgrad (KTBL, 2006, S. 448ff.). Die nachfolgende Tabelle präsentiert die im Modell zugewiesenen Werte. Die Grundeinstellung gestaltet die Bullenmast bei 1.200 g durchschnittlicher Tageszunahme, wobei das standardisierte Einstallgewicht in beiden Modellregionen bei ca. 88 kg liegt. Abweichungen hiervon ergeben sich für den Fall von Verhaltensänderungen, die im Zeitraum von Verkündigung bis zur Realisierung von Betriebssperrungen wirksam werden. Hierzu zählt auch die Verringerung der Fütterungsintensität bei gesperrten Betrieben, die mit geringeren Tageszunahmen einhergeht. Die Fütterung der eingestellten Tiere umfasst eine Tränke bis zum

Lebendgewicht von ca. 120 kg; die Futtermittelration der Hauptmast besteht aus Maissilage, Sojaschrot sowie Getreide. Neben den gestiegenen Futterkosten im Wirtschaftsjahr 2007/ 2008 sind leicht erhöhte Verkaufserlöse zu berücksichtigen (FAULHABER, 2009, o.S.).

Die sich während der Mast herausstellenden Verluste werden mit einem Lebendgewicht von 400 kg einkalkuliert. Die Mastverlängerung führt thesengemäß zu einem Verlustanstieg um einen Prozentpunkt für den Sperrzeitraum. Der vorzeitige Verkauf von Mastbullen ist ab 400 kg realisierbar.

Tabelle 18: Modellvorgaben der Bullenmast (Fleckvieh)

	Einheit	Modellregion 1 (NRW)	Modellregion 2 (Bayern)
Erlös Bullenfleisch (U3)	Euro / kg SG	3,57	3,61
Kosten Kälberzukauf	Euro	447,00	427,00
Milchaustauschfutter	Euro / dt	180,19	160,65
Ergänzungsfutter Kälber	Euro / dt	28,92	28,52
Sojaschrott	Euro / dt	35,52	37,72
Maissilage	Euro / dt	3,60	3,40
Getreide	Euro / dt	18,00	17,00
Heu	Euro / dt	9,88	7,88
Sonstige variable Kosten Wasser, Heizung, Medikamente etc.	Euro je Tier	71,00	68,00
Einstallgewicht	kg LG	88,50	88,50
Ausschlachtungsgrad	%	58,00	
Zunahmefunktion (Ø 1200g)	g / d	$TZ(LG) = -0,0000007 * LG^3 + 0,0021 * LG^2 + 1,72 * LG + 917,00$	
Zunahmefunktion (Ø 1100g)	g / d	$TZ(LG) = -0,0000002 * LG^3 - 0,006 * LG^2 + 4,24 * LG + 246,49$	
Preiskorrektur (zu U3)	Euro / kg SG	$p(SG) = -0,000009 * SG^2 + 0,0094 * SG + 2,47 + p_{U3}$	
Verluste	%	3,00	
Vorkosten	Euro	25,00	23,00

Quelle: DLG, 1997, S. 8; KTBL, 2006, S. 447ff.; LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE, 2008, versch. Hefte; LFL, 2008b, o.S.; SPREIDLER, 2004 S. 13; Eigene Berechnungen.

Neben der geringeren Wachstumsintensität im Vergleich zu Fleckvieh-Bullen ist die minderwertige Schlachtleistung von schwarzbunten Mastbullen charakteristisch. Diese ergibt sich aus einer geringeren Schlachtkörperqualität und einem reduzierten Ausschlachtungsgrad. Hingegen weist die Mast schwarzbunter Bullen deutlich vorteilhafte Kälberkosten auf. Die

nachstehende Tabelle präsentiert die Modellvariablen zur Mast schwarzbunter Bullen. Maßgeblich für Futterkosten sind die für NRW angegebenen Werte. Ebenso sind die genannten Werte in der Fleckvieh-Mast für die Verluste und die verspätete bzw. frühzeitige Vermarktung bindend. Analog zur Mast von Fleckviehbullen bietet die Mast schwarzbunter Bullen die Anpassung der Fütterung mit einem geringen Wachstum bei Betriebssperrung.

Tabelle 19: Modellvariablen der Bullenmast (Schwarzbunt)

	Einheit	Modellregion 1 (NRW)
Erlös Bullenfleisch (O3)	Euro / kg SG	3,24
Kosten Kälberzukauf	Euro	95,00
Sonstige variable Kosten Wasser, Heizung, Medikamente etc.	Euro je Tier	71,00
Einstallgewicht	kg LG	50,00
Ausschlachtungsgrad	%	56,00
Zunahmefunktion (Ø 1000g)	g / d	$TZ(LG)=0,0000008*LG^3-0,015*LG^2+6,92*LG+250,00$
Zunahmefunktion (Ø 800g)	g / d	$TZ(LG)=0,0000007*LG^3-0,016*LG^2+6,52*LG+220,00$

Quelle: DLG, 1997, S. 8; KTBL, 2006, S. 447ff.; LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE, 2008, versch. Hefte; SPREIDLER, 2004 S. 13; Eigene Berechnungen.

6.1.4.3 Ferkelerzeugung

Das Verkaufsgewicht von Ferkeln beläuft sich im Normalfall auf 28 kg in NRW und 30 kg in Bayern. Divergenzen hierzu - verursacht durch die frühzeitige Vermarktung - sind bis zu einem Gewicht von acht kg zulässig. Entsprechende Preisab- bzw. zuschläge für die von der Gewichtsnorm abweichende Ferkel sind gemeinsam mit anderen Größen in der unten stehenden Tabelle abgebildet. Gewichtsveränderungen der zur Schlachtung anstehenden Sauen während einer Betriebssperrung bleiben unbeachtet. Für die Ferkelerzeugung ist anzumerken, dass gleichzeitig mit den Kostensteigerungen ein Rückgang des Ferkelpreises aufgetreten ist. Diese Faktoren zusammen bewirken eine deutliche Reduzierung der direktkostenfreien Leistung im Wirtschaftsjahr 2007/ 2008 (WEIB, 2009, o.S.). Für die zweite Jahreshälfte 2008 zeigt sich hingegen eine konträr verlaufende Entwicklung mit leicht steigenden Ferkelpreisen und sinkenden Futterkosten.

Tabelle 20: Modellvariablen der Ferkelerzeugung

	Einheit	Modellregion 1 (NRW)	Modellregion 2 (Bayern)
Wert der Zuchtsau inklusive Jungsau	Euro	340,00	340,00
Ferkel je Sau und Jahr	Stück	22,5	19,30
Ferkelverkaufspreis	Euro / Stück	50,00	55,00
Zu-/ abschläge	Euro / kg	1,00	1,00
Ferkelgewicht bei Verkauf	Kg	28,00	30,00
Marktleistung	Euro	1.211,00	1.155,00
Direktkosten	Euro	1.000,00	934,00
Direktkostenfreie Leistung	Euro	211,00	221,00
Zunahmefunktion Ferkel	g / d	$TZ(LG) = -0,0123*LG^3 + 0,349*LG^2 + 17,99*LG + 81,85$	
Ferkelaufzuchtfutter I	Euro / dt	36,00	33,00
Ferkelaufzuchtfutter II	Euro / dt	34,00	31,00

Quelle: GRUNDHOFF, 2009, S. 102ff.; LANDWIRTSCHAFTLICHE WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE, versch. Hefte; LEL, 2009, S. 167; LfL, 2008c, o.S.; LWK NRW, 2002, S. 46; Eigene Berechnungen.

Quantitative Informationen zum Tierverlust bei einer ausgedehnten Ferkelaufzucht sind nicht disponibel. Optionen zur kurzfristigen Bereitstellung zusätzlicher Aufzuchtkapazitäten werden durch die betriebsindividuelle Situation gestaltet. Für die verlängerte Aufzucht wird keine Verluststeigerung in Erwägung gezogen, hingegen erfolgt entsprechend der Annahme eine Notkeulung von Ferkeln ab 40 kg Lebendgewicht in Beständen von mehr als 75 Sauen. Eine frühzeitige Vermarktung ist – als so genannte Babyferkel – ab einem Lebendgewicht von ca. acht kg gegeben.

6.1.4.4 Schweinemast

Analog zum skizzierten Procedere in der Bullenmast werden auch für die Schweinemast Wachstumsfunktionen in Abhängigkeit des Lebendgewichts differenziert für zwei Intensitätsstufen mit 700 g bzw. 800 g durchschnittlicher täglicher Zunahme approximiert. Die zugehörigen Schätzfunktionen sind neben den sonstigen Leistungs- und Kostenvariablen in Tabelle 21 abgebildet. Das Modell enthält eine zweiphasige Fütterung der Mastschweine, wobei die Anfangsmast bis zu einem Lebendgewicht von ca. 50 kg stattfindet. Wegen unzureichender Datenbasen gilt für beide Modellregionen eine identische Preismaske zur Klassifizierung der Mastschweine. Die Wirtschaftlichkeit der Schweinemast ist im Kalender-

jahr 2008 durch den Kostenanstieg im Wirtschaftsjahr 2007/ 2008 negativ tangiert, wobei dieser Anstieg aber partiell durch niedrige Zukaufspreise für Ferkel kompensiert werden konnte (WEIß und STIGLER, 2009, o.S.). Die Gewichte der Totalverluste beziffern sich in der Schweinemast auf 65 kg Lebendgewicht. Infolge der Mastverlängerung tritt ein Verlustanstieg um zwei Prozentpunkte ein. Der Mastschweinverkauf ist im Modell ab 75 kg Schlachtgewicht praktikabel; die Notkeulung überschwerer Mastschweine wird durch die Überschreitung von 130 kg LG in Beständen mit mehr als 500 Tieren ausgelöst.

Tabelle 21: Modellvariablen der Schweinemast

	Einheit	Modellregion 1 (NRW)	Modellregion 2 (Bayern)
Erlös Schweinefleisch	Euro / kg SG	1,73	1,76
Kosten Ferkelzukauf	Euro	55,00	60,00
Alleinfutter I (bis 50 kg LG) 13,2 MJ/ kg	Euro / dt	29,38	24,32
Alleinfutter II (ab 50 kg LG) 13,0 MJ/ kg	Euro / dt	27,50	23,26
Sonstige variable Kosten Wasser, Heizung, Medikamente etc.	Euro je Tier	6,90	7,30
Einstallgewicht	kg LG	28,00	30,00
Zunahmefunktion (Ø 800g)	g / d	$TZ(LG)=0,00061*LG^3-0,2738*LG^2+29,97*LG-62,12$	
Zunahmefunktion (Ø 700g)	g / d	$TZ(LG)=-0,00027*LG^3-0,0475*LG^2+12,84*LG+207,96$	
Ausschlachtungsgrad	%	80,00	
Indexpunkte	IXP / kg SG	$IXP(SG)= - 0.00054 * SG^2 + 0.087 * SG - 2.82$	
Verluste	%	2,80	
Vorkosten	Euro	5,00	7,50

Quelle: LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE, 2008, versch. Hefte; LfL, 2008d, o.S.; LWK NRW, 2009, o.S.; LWK NRW, 2002, S. 48ff.; KTBL, 2006, S. 491ff.; Eigene Berechnungen.

6.2 Ergebnisse und Diskussion

Beginnend mit der Vorstellung von Schäden für Einzeltier sowie unterschiedliche Haltungsgrößen erfolgt die Erläuterung der durch einen MKS-Ausbruch ausgelösten Gesamtschäden. Präsentiert werden jeweils die Resultate für die beiden Szenarien mit unterschiedlichen Kompensationsleistungen sowie in der Differenzierung nach Schadentyp und Produktionsverfahren.

Bei der Beurteilung der Modellresultate sind die Ausgangsdaten des Wirtschaftsjahres 2007 / 08 – insbesondere die niedrige Direktkostenfreie Leistung in der Ferkelproduktion- zu beachten.

6.2.1 Kennzahlen der optimalen Mastverfahren

Die Schadenkalkulation erfordert in einem ersten Schritt die Bestimmung der optimalen Mastdauern bzw. Mastendgewichte für die Mastverfahren basierend auf den erläuterten Modellvariablen. Nachstehende Tabelle verdeutlicht die Werte für die Mast von Fleckviehbullen ab einem Einstallgewicht von ca. 88 kg für beide Modellregionen sowie die Mast von schwarzbunten Bullen in Modellregion 1 „NRW“.

Tabelle 22: Kennzahlen der optimalen Bullenmast

Kennzahl	Einheit	SB NRW	FL NRW	FL Bayern
Endgewicht	Kg LG	639,02	695,71	692,17
Mastdauer	d	586	488	483
Marktleistung	Euro	1.039,95	1.343,43	1.350,44
Futterkosten	Euro	724,72	616,50	593,16
Dkfl	Euro	127,23	189,93	236,28

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Fleckviehmast ist im Vergleich zu der von schwarzbunten Bullen erfolgreicher. Regionenspezifisch weist Bayern gegenüber NRW durch geringfügig niedrigere Kälber- und Futterkosten günstigere Bedingungen auf. Die Mastdauern und –endgewichte entwickeln sich in beiden Regionen gleichartig. In der Modellregion 1 „NRW“ verfügen SB-Bullen gegenüber FL-Bullen über ein geringeres Verkaufsgewicht, was u.a. durch die niedrigeren Kälberkosten und die daraus bewirkte Mastverkürzung begründet ist. Das niedrigere Verkaufsgewicht trotz der ausgedehnten Mastdauer ist bei schwarzbunten Bullen auf die geringere Gewichtszunahme und das niedrigere Einstallgewicht zurückzuführen.

Tabelle 23: Kennzahlen der optimalen Schweinemast

Kennzahl	Einheit	Modellregion 1 „NRW“	Modellregion 2 „Bayern“
Endgewicht	Kg LG	117,04	118,08
Mastdauer	d	111	109
Marktleistung	Euro	154,72	161,53
Futterkosten	Euro	60,89	57,02
Dkfl	Euro	26,83	24,72

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für beide Modellregionen liefert die Optimierung gleichartige Endgewichte von Mastschweinen. In Modellregion 2 „Bayern“ bildet sich eine marginal niedrigere direktkostenfreie Leistung heraus, was durch höhere Ferkelkosten begründet ist und durch die niedrigeren Futterkosten nicht vollständig kompensiert wird.

6.2.2 Schäden je Einzeltier und für verschiedene Bestandsgrößen

Nach Bestimmung der Kennzahlen der optimalen Mastverfahren erfolgt die Darstellung von Schäden bei Keulung und anschließender Betriebsunterbrechung sowie bei verspäteter Vermarktung. Diese Schadenkategorien werden für das Einzeltier und eine 40tägige Betriebsperrung vorgestellt.

Die nachstehende Tabelle illustriert die Schäden aus sofortiger Keulung eines Einzeltieres und den Schaden aus der Betriebsunterbrechung, der sich durch die freigewordenen Stallkapazitäten manifestiert. Für Modellregion 1 sind die Tierwerte von Rindern für SB-Tiere angegeben, für Modellregion 2 entsprechend für FL-Tiere.

Tabelle 24: Schaden aus sofortiger Keulung je Einzeltier und 40tägiger Betriebsunterbrechung

Tierkategorie	Modellregion 1 („NRW“)		Modellregion 2 („Bayern“)	
	Keulung	Unterbrechung	Keulung	Unterbrechung
Milchkuh	1.740,00	173,00	1.714,00	187,50
Bullenkalb	83,08	-	287,85	-
Mastbulle	597,51	9,82	814,53	19,56
Zuchtsau	340,00	23,00	340,00	24,20
Ferkel	36,29	-	40,70	-
Mastschwein	96,08	9,66	104,13	9,00

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die höchsten Keulungsschäden bezogen auf das Einzeltier entwickeln sich in der Rinderproduktion, wobei Milchkühe vergleichsweise zu Bullen über höhere Werte verfügen. Zudem weist die Milchproduktion – gefolgt von der Ferkelproduktion und den Mastverfahren – die maximalen Unterbrechungsschäden auf. Die Schweinemast liefert für beide Schadenkategorien das geringste Schadenvolumen.

Für Milchviehbetriebe in Sperrgebieten entstehen bei unterlassener Milchabholung Schäden in Höhe von ca. 70 Euro je Kuh und Tag. Unberücksichtigt bleiben hierbei gegenüber der Betriebsunterbrechung die Verkaufserlöse von Bullenkälbern.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Schadenentwicklung bewirkt durch eine verspätete Vermarktung von schlachtreifen Mastschweinen- bzw. Mastbullen.

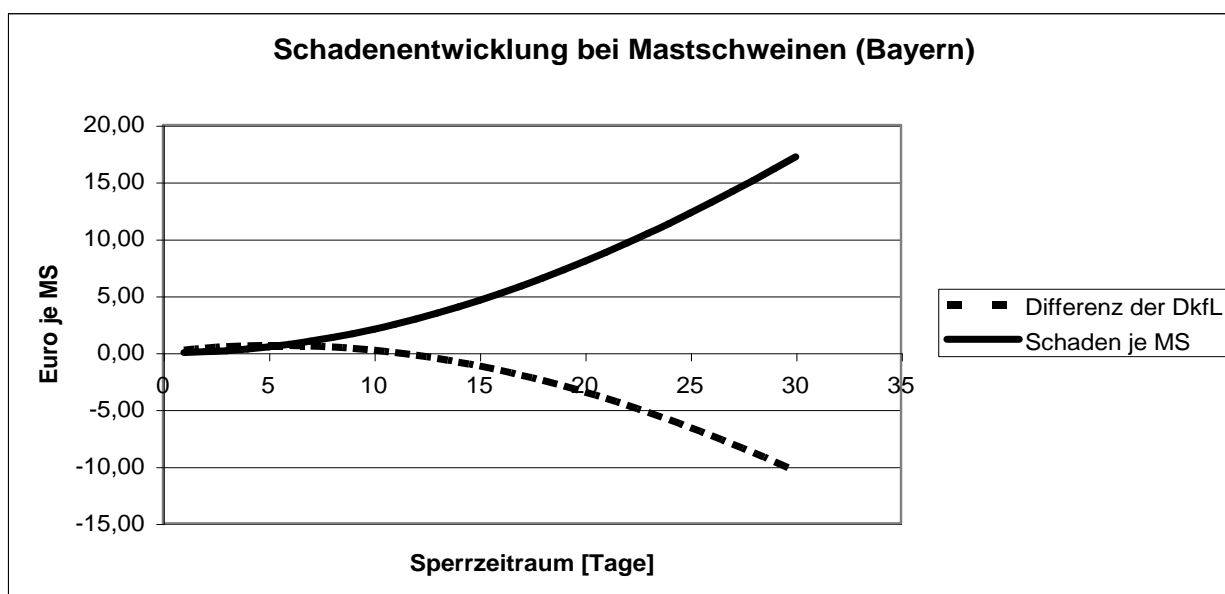


Abbildung 22: Schäden bei verspäteter Vermarktung von Mastschweinen (Bayern) in Abhängigkeit der Sperrdauer

Quelle: Eigene Berechnungen.

Ab dem zehnten Tag der Sperrung unterschreitet die erzielte direktkostenfreie Leistung die unter optimalen Bedingungen zu erreichende direktkostenfreie Leistung je Mastschwein. Dieser Umstand ist bedingt durch den Futterkostenanstieg während der Sperrung und die nur noch geringen Gewichtszunahmen im Bereich des Mastendgewichts. In reinen Mastbeständen ist weiter der Ausfall an direktkostenfreier Leistung bei unterlassener Einstellung neuer Schweine zu berücksichtigen. Dieser beträgt in Modellregion 2 ca. 0,22 je Tier und Tag. Für ein 30 Tage verspätet vermarktetes Mastschwein resultiert ein Schaden von ca. 17 Euro.

In der Bullenmast sind die Schäden einer verspäteten Vermarktung für verkaufsreife SB- bzw. FL-Mastbullen für die Modellregion NRW abgebildet. Im Gegensatz zu Mastschweinen zeigt sich im dargestellten Sperrzeitraum eine Steigerung der direktkostenfreien Leistung je Mastbulle. Diese ist zurückzuführen auf die weiteren Gewichtszunahmen der Tiere verbunden mit einem nur marginalen Futterkostenanstieg. Dieser Effekt ist auf die parallel zum Gewichtsverlauf steigende Futteraufnahme von Mastbullen zurückzuführen, die einen erhöhten Einsatz günstiger Grundfutter erlaubt (KIRCHGESSNER, 2004, S. 430). Den Schaden bilden somit die Opportunitätskosten infolge der unterlassenen Einstellung neuer Tiere.

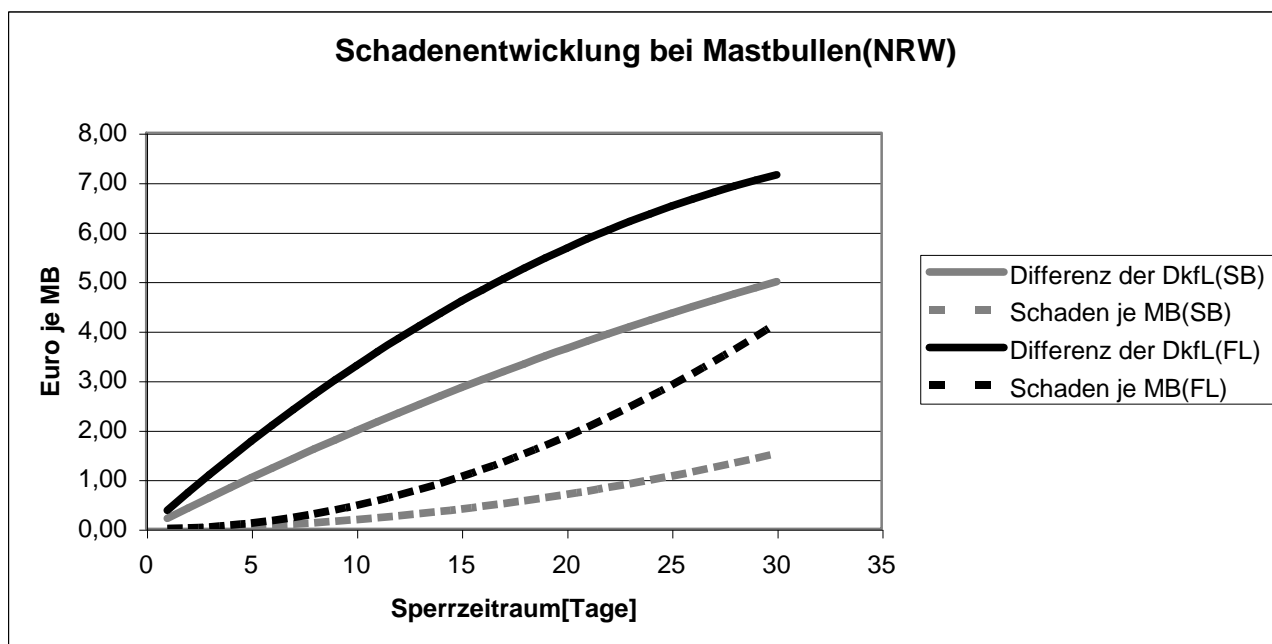


Abbildung 23: Schäden bei verspäteter Vermarktung von Mastbullen (NRW) in Abhängigkeit der Sperrdauer

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für die Bullenkälberaufzucht zeigen sich auf Basis der unterstellten Verkaufspreisentwicklung und der deutlich reduzierten Aufzuchtkosten – bedingt durch die vorhandene Milchmenge – keine bzw. geringfügige Schäden auf. Auch in der Ferkelaufzucht bedingt die Betriebssperrung nur marginale Änderungen der Differenz zwischen Tierwert und den Futterkosten. Voraussetzung hierzu ist jedoch die Umstellung der Fütterung von verkaufsreifen Ferkeln.

6.2.3 Entscheidungen über vorzeitigen Tierverkauf

Die Entwicklungen der Futterkosten und des Tierwertes bei verspäteter Vermarktung spiegeln sich in Entscheidungen über vorzeitigen Tierverkauf in den jeweiligen Produktionsverfahren wider. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Entscheidungen über den vorzeitigen Mastschweineverkauf in Modellregion 1 bei Erwartung konstanter Preise nach Ende des Seuchenausbruches.

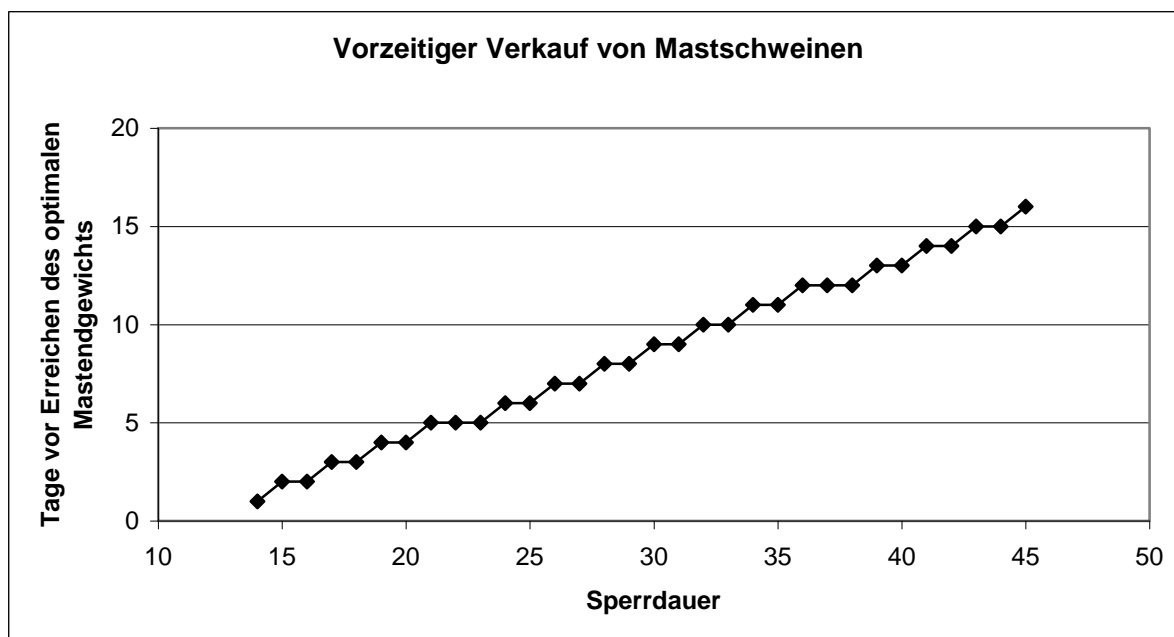


Abbildung 24: Vorzeitiger Mastschweineverkauf bei Ankündigung von Vermarktungsverbot

Quelle: Eigene Darstellung.

Bei einer erwarteten Sperrdauer von 14 Tagen ist es vorteilhafter, Mastschweine einen Tag vor dem Erreichen des optimalen Mastendgewichts zu veräußern. Bei einer Sperrung von 30 Tagen erstreckt sich die verfrühte Vermarktung auf Tiere bis zu neun Tage vor dem optimalen Mastende.

In der Bullenmast hingegen unterbleibt ein vorzeitiger Verkauf von Tieren bei konstanten Verkaufspreisen. Ursächlich hierfür ist der weitere Anstieg der direktkostenfreien Leistung bei Überschreitung des optimalen Mastendgewichts. Ein verfrühtes Ausstallen ist die primäre Folge von erwarteten Preissenkungen im Anschluss an das Vermarktungsverbot seitens der Tierhalter. Zudem begünstigt die Wiederbelegung von Stallkapazitäten vor dem Wirksamwerden der Sperrung einen vorzeitigen Verkauf. Dies gilt für beide betrachteten Modellregionen und Rassen.

Für Jungtiere erfolgt als Konsequenz der Tierwert- und Futterkostenentwicklung eine vorzeitige Vermarktung im Falle von Preissenkungen. So bewirkt eine Preisreduzierung um 5 % den Ferkelverkauf um bis zu 13 Tage vor dem regulären Aufzuchtende bei einer erwarteten Sperrdauer von 16 Tagen. Ähnliche Effekte zeigen sich in der Aufzucht von Bullenkälbern.

6.2.4 Gesamtschäden infolge eines MKS-Ausbruches

Nachfolgend erfolgt die Ergebnisdarstellung für beide Szenarien. Ausgangspunkt für den jeweils simulierten MKS-Ausbruch – beginnend an Tag t_0 - stellt ein zufällig ausgewählter Betrieb dar, wodurch die Attribute wie beispielsweise Betriebsgröße oder –ausrichtung keine Beachtung finden. Das Ende einer Iteration ist zu dem Zeitpunkt erreicht, in dem kein Betrieb mehr infiziert und kein Betrieb mehr von Restriktionen betroffen ist.

6.2.4.1 Ergebnisse des Szenarios 1

Nachstehende Abbildung illustriert die angepasste Verteilungsfunktion des Gesamtschadens für Szenario 1, das umfassende Entschädigungsleistungen für die Tierhalter vorsieht. Der erwartete Gesamtschaden bei Seuchenausbruch beziffert sich in Szenario 1 auf ca. 4,3 Mio. Euro mit einer Standardabweichung von ca. 7,1 Mio. Euro.

In 50 % der Iterationen übersteigt der Gesamtschaden den Wert von ca. 1,7 Mio. Euro. Einen Gesamtschaden von 5 Mio. Euro übersteigen mehr als 17 Prozent der erzeugten Iterationen. Die durchschnittliche Dauer eines Seuchenzuges beträgt in Szenario 1 ca. 65 Tage. Für eine Iteration werden im Mittel 12 Minuten Rechenzeit benötigt.

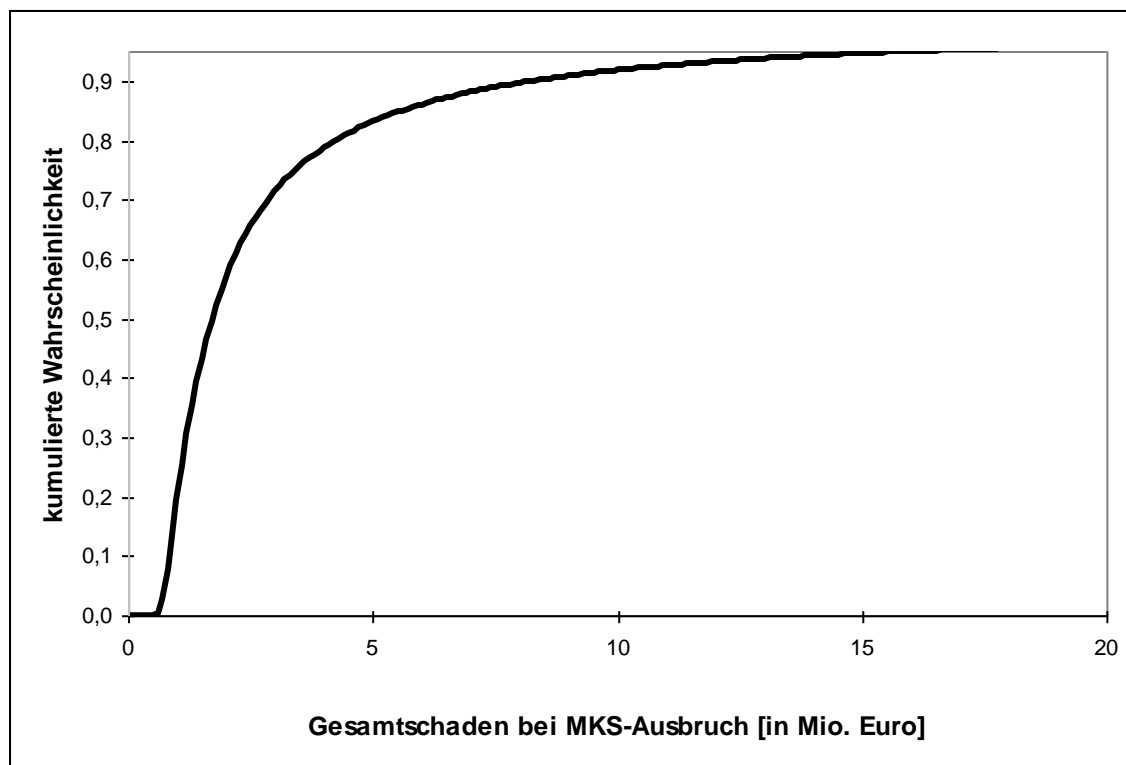


Abbildung 25: Gesamtschadenverteilung bei MKS-Ausbruch im Szenario 1 „vollständige Entschädigung“

Quelle: Eigene Berechnungen bei 1.000 Iterationen.

Die weitergehende Analyse der Seuchenausbrüche zeigt folgende Aspekte: Geringe Schäden sind oftmals die Folge der Erstinfektion kleiner Bestände – speziell Mastbestände – mit geringer Anzahl betrieblicher Kontakte und rascher Entdeckung. Ausgenommen hiervon sind Betriebe mit Milchviehhaltungen. In diesem Zusammenhang ist der hohe Anteil kleiner Haltungen in den beiden Modellregionen zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 6.1.1). Bei Erstinfektion kleiner Betriebe treten oftmals keine bzw. wenige Folgeinfektionen auf, womit die Anzahl zu keulender Betriebe sowie die Restriktionsgebiete von geringem Ausmaß sind. Zu beachten ist hierbei, dass das im Modell unterstellte sofortige Ausmerzen von Infektionsherden die lokale Verbreitung unterbindet. Zudem geschieht im Modell die Kontaktaufzeichnung für Betriebe erst ab Infektionsbeginn, weshalb eine schnelle Entdeckung die Anzahl der Kontaktbetriebe deutlich reduziert.

Die nachstehende Tabelle illustriert den zeitlichen Verlauf eines Seuchenausbruches ausgehend von einem Schweinemastbetrieb in Modellregion 1 mit 200 Mastschweinen, der einen Gesamtschaden von ca. drei Mio. Euro auslöst. Die Gesamtdauer dieses Seuchenzuges beträgt 51 Tage.

Tabelle 25: Zeitlicher Verlauf eines ausgewählten Seuchenausbruches mit geringem Schaden

Tag	Anzahl von Betrieben			
	Infiziert	Entdeckt	Gekeult (kumuliert)	Gesperrt
1	1	-	-	-
5	2	-	-	-
10	2	1	1	-
11	-	2	12	527
25	-	-	-	51

Quelle: Eigene Berechnung.

Hohe Schäden entstehen als Konsequenz einer späten Infektionsentdeckung und der schnellen Expansion ausgehend von dem erstinfizierten Betrieb. Hier sind insbesondere die Milcherzeuger zu nennen, da die Milchlogistik häufige indirekte Kontakte erzeugt und aufgrund dessen eine Vielzahl an Folgeinfektion hervorruft. Damit steigt die Zahl zu keulender Betriebe. In diesem Kontext ist der vergleichsweise hohe Schaden aus Keulung und Betriebsunterbrechung in der Milchproduktion gemessen an den sonstigen Verfahren zu nennen. Weiter resultieren hohe Schäden aus dem interregionalen Tierhandel, der Seuchenbekämpfungsmaßnahmen in beiden Modellregionen auslöst und die Zahl betroffener Betriebe steigert. Diese Übertragungsform tritt in ca. zwei Prozent der Iterationen auf. Als bedeutendster Übertragungsweg – beziffert an der Zahl von Sekundärinfektionen – ist die Milchsammlung zu erwähnen, gefolgt von der lokalen Verbreitung und der Kadaverentsorgung. Die lokale Verbreitung ist wesentlich, da sie im Gegensatz zu den sonstigen Kontakten auch nach Implementierung von Betriebssperrungen auftritt, während die Kadaverentsorgung hohe Relevanz aufgrund der Kontaktvielfzahl erlangt. Weniger bedeutend sind der Tierhandel, da diese Übertragungsform infizierte Zuchtbetriebe bedingt, sowie die Besuche durch Veterinäre und Besamungstechniker. Mit geringstem Ausmaß steuert der Futtermittelhandel zur Seuchenausbreitung bei; eine Konsequenz aus den als gering eingestuften Übertragungswahrscheinlichkeiten.

Folgende Abbildung dient der graphischen Darstellung der Übertragungswege einer ausgewählten Iteration. Ausgehend von einem erstinfizierten Ferkelerzeuger mit 65 Sauen in Modellregion 2 erfolgt bis zur Entdeckung der MKS an Tag 12 die Übertragung über einen Veterinär an einen weiteren Betrieb mit Sauenhaltung in derselben Region und über lokale Verbreitung an zwei weitere Betriebe in Nachbarschaft des erstinfizierten Betriebes. Aus dieser Iteration resultiert ein Gesamtschaden von ca. 2,3 Mio. Euro.

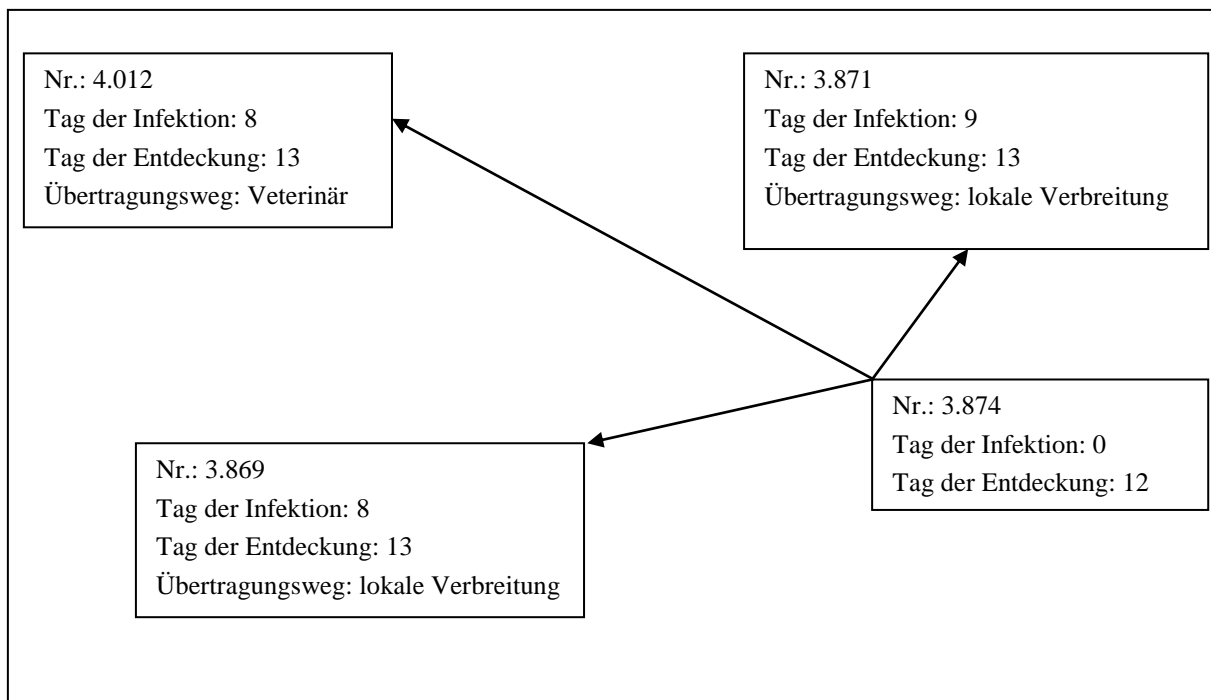


Abbildung 26: Graphische Darstellung von Übertragungswegen einer ausgewählten Iteration

Quelle: Eigene Darstellung.

In Tabelle 26 ist der Verlauf eines Seuchenausbruches mit einer Dauer von 87 Tagen und einem Gesamtschaden von ca. 45 Mio. Euro abgebildet. Ausgangspunkt stellt ein Milchherzeuger mit 44 Milchkühen in Modellregion 1 dar.

Tabelle 26: Zeitlicher Verlauf eines ausgewählten Seuchenausbruches mit hohem Schaden

Tag	Anzahl von Betrieben			
	Infiziert	Entdeckt	Gekeult (kumuliert)	Gesperrt
1	1	-	-	-
11	14	1	14	-
18	8	6	69	484
24	2	4	137	2.040
75	-	-	199	1.506

Quelle: Eigene Berechnung.

Circa zwei Drittel des Gesamtschadens entfallen auf Modellregion 1. Die Segmentierung des Gesamtschadens auf die einzelnen Schadenkategorien liefert in Szenario 1 folgende Werte:

Tabelle 27: Aufteilung der Gesamtschäden auf Schadentypen in Szenario 1

	Durchschnittlicher Anteil am Gesamtschaden (in %)
Keulung	26,00
Betriebsunterbrechung	12,00
Verspätete Vermarktung	62,00

Quelle: Eigene Berechnungen bei 1.000 Iterationen.

Über 60 % des Gesamtschadens entfallen auf die verspätete Vermarktung, ca. ein Viertel resultiert aus der Keulung von Herden. Durch die an die Keulung anschließende Betriebsunterbrechung entstehen ca. 12 % des Gesamtschadens.

Den Großteil des Gesamtschadens mit ca. 52 % verkörpert die Milchproduktion gefolgt von der Ferkelerzeugung mit 38 % und der Schweinemast (8 %). Mit durchschnittlich ca. 2 % liefert die Bullenmast insgesamt die geringste Quote. Die Bewertung dieser Resultate verlangt es, den herausragenden Stellenwert der Milchproduktion in Modellregion 2 sowie das Volumen der direktkostenfreien Leistung in der Milcherzeugung einzubeziehen. Sowohl der höhere Produktionswert als auch die hohe Sensitivität gegenüber Sperrungen fördern den vergleichsweise hohen Schadenanteil der Ferkelproduktion. Beeinflusst durch die nur geringfügig abfallenden Tageszunahmen bei verlängerter Mast reagieren Mastverfahren hingegen insbesondere die Bullenmast - weniger sensibel auf Sperrungen.

6.2.4.2 Ergebnisse des Szenario 2

Basierend auf den Ergebnissen von vier Simulationen beträgt die erwartete Sperrdauer das 1, 2 fache der angekündigten Sperrdauer. Zur Demonstration des Einflusses eines gesteigerten Tierhandels ist für alle Tierhalter eine Erwartung einer Preisreduzierung von zehn Prozent nach Seuchenende unterstellt. Die Kontingentierung des Tierhandels geschieht durch die Zuweisung folgender Grenzen:

Tabelle 28: Begrenzung des vorzeitigen Tierverkaufs in Szenario 2

	Maximale Unterschreitung des optimalen Verkaufstermins [in Tagen]
SB-Bullenkälber	7
FL-Bullenkälber	10
Mastbullen	10
Ferkel	10
Mastschweine	7

Quelle: Eigene Darstellung.

Szenario 2 mit ausschließlicher Kompensationsleistung für die Keulung verdeutlicht c.p. die geringfügige Erhöhung des mittleren Gesamtschadens bei MKS-Ausbruch gegenüber Szenario 1 auf ca. 5,1 Mio. Euro. Zudem steigt die Standardabweichung auf ca. 8,7 Mio. Euro.

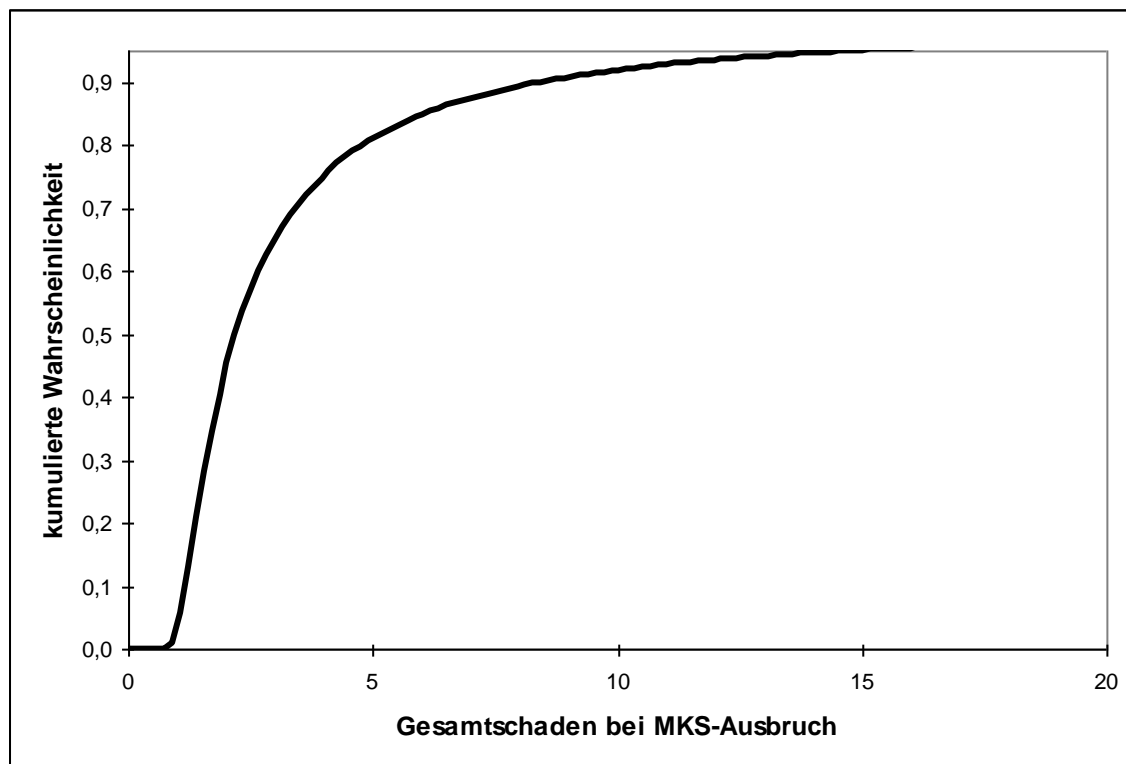


Abbildung 27: Gesamtschadenverteilung bei MKS-Ausbruch im Szenario 2 „teilweise Entschädigung“

Quelle: Eigene Berechnungen bei 1.000 Iterationen.

Bei der Hälfte der Iterationen liegt die Gesamtschadensumme unter 2,2 Mio. Euro, während ein Fünftel der Iterationen zu einem Gesamtschaden von mindestens 5 Mio. Euro führt. Im Durchschnitt dauert ein Seuchenzug in Szenario 2 ca. 63 Tage.

Die Gesamtschadenverteilung in Szenario 2 bedarf einer weitergehenden Analyse. Ein schadenreduzierender Effekt gegenüber Szenario 1 resultiert aus dem frühzeitigen Verkauf von Masttieren, wobei speziell die umfangreichere vorzeitige Mastschweinevermarktung in Modellregion 1 die Notkeulung überschwerer Tiere vermindert. Diese einzelbetrieblichen Maßnahmen zur Schadenreduzierung wirken analog auf die Gesamtschadensituation. Zu beachten ist hierbei, dass im Modell der Schlachttiertransport nicht zur Seuchenverbreitung beiträgt. Der gegensätzliche Effekt tritt durch die frühzeitige Vermarktung von Kälbern und Ferkeln auf. Erfolgt dies durch infizierte Betriebe und ist der aufnehmende Betrieb in einer der Modellregionen positioniert, so steigert sich das Seuchenausmaß und folglich auch der

Gesamtschaden. Beispielhaft wird hierdurch die Relevanz des Verhaltens für die Beeinflussung des Gesamtschadens demonstriert.

Nur geringfügige Änderungen zeigen sich in der Quotierung des Gesamtschadens gegenüber Szenario 1 (vgl. Tabelle 29). Circa 63 Prozent des Gesamtschadens entstehen in Modellregion 1.

Tabelle 29: Aufteilung der Gesamtschäden auf Schadentypen in Szenario 2

	Durchschnittlicher Anteil am Gesamtschaden (in %)
Keulung	27,00
Betriebsunterbrechung	11,00
Vorzeitige Vermarktung	60,00
Verspätete Vermarktung	2,00

Quelle: Eigene Berechnungen bei 1.000 Iterationen.

Durchschnittlich 52 % des Gesamtschadens entfallen wie in Szenario 1 auf die Milchproduktion, ca. 34 Prozent auf die Ferkelerzeugung. Die Schäden in Bullen- bzw. Schweinemast haben im Durchschnitt einen Anteil von 3 % bzw. 11 % am Gesamtschaden.

7 Schlussfolgerungen

Das entwickelte Modell erlaubt die Quantifizierung von relevanten MKS-Schadentypen anhand der Simulation von Seuchenausbrüchen. Dabei zeigt der vorgestellte Modelleinsatz eine hohe Schadenvarianz und unter bestimmten Prämissen wie u.a. späte Entdeckung, Vielzahl der Kontakte und interregionaler Tierhandel die Eintrittsmöglichkeit hoher Schäden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob das Modell der realen Komplexität in der Seuchenausbreitung und –bekämpfung adäquat gerecht wird. Hierzu ist anzumerken, dass modellmäßig eine Vielzahl betrieblicher Kontakte Berücksichtigung finden. Die Relevanz dieser Übertragungswege kann aber aufgrund fehlender Empirie nicht oder nur bedingt überprüft werden. Somit existiert weiterer Forschungsbedarf zur Risikoanalyse – speziell zur Quantifizierung von Übertragungswahrscheinlichkeiten – sowie die Erfordernis zur Fortführung von Simulationsstudien. Weiter müssen die Risiken der Seucheneinschleppung und –verbreitung für die diversen Betriebstypen und Größenklassen quantifiziert werden, damit diese Differenzierungen realitätsnahen Zugang in das Modell finden. Daher besteht die Notwendigkeit zur tiefgründigen Analyse der einzelbetrieblichen Diskrepanzen in diesen Risiken sowie deren Determinanten. Des Weiteren stellen reale Daten zu Betriebspositionen und Tierzahlen eine geeignete Informationsquelle zur Abbildung von Modellregionen dar.

Aufgrund des modularen Aufbaues ermöglicht das Modell die Implementierung weiterer Kontaktarten und die Kalkulation zusätzlicher Schadentypen wie u.a. administrative Kosten. Zudem ist es flexibel in der Adaption an unterschiedliche Gegebenheiten. Seuchenparameter, Regionen, ökonomische Rahmenbedingungen, Seuchen- und Entschädigungspolitik sowie damit einhergehende Verhaltensänderungen können in das Modell integriert werden.

Bisherige Erfahrungen zeigen den enormen Einfluss des Verhaltens von Tierhaltern, insbesondere auf die Seuchentdeckung und die zeitnahe Verdachtsmeldung. Diese Thesen können durch die Modellergebnisse verifiziert werden. Vorteilhaft bezüglich Seuchenverlauf und Gesamtschaden ist es, die Kompensation auf Schäden durch verspätete bzw. verfrühte Vermarktung auszudehnen. Es besteht somit ein ausgeprägtes Interesse, durch umfassende Entschädigungszahlungen an Tierhalter das moralische Risiko zu reduzieren und ein seuchenkonformes Verhalten zu bewirken. Der Anteil der Folgeschäden von circa drei Viertel am Gesamtschaden in den Modellergebnissen zeigt jedoch, dass die Erweiterung der Entschädigungsleistungen zu einem deutlich höheren Finanzierungsbedarf führt.

Zur Kompensation von Folgeschäden aus Tierseuchen bestehen in Deutschland bereits privatwirtschaftliche Versicherungsangebote. Einer Ausweitung des bestehenden Versicherungsbestandes steht neben der Zahlungsbereitschaft von Tierhaltern die systemische Eigenschaft des Tierseuchenrisikos entgegen. Diese Eigenschaft dokumentiert das Modell durch die Vielzahl gesperrter bzw. gekeulter Betriebe bei Infektion eines Betriebes. Somit gilt es, die Grenzen der Versicherbarkeit der MKS auszudehnen. Eine Option hierzu bildet die Einbindung der öffentlichen Hand in Form einer Risikopartnerschaft. Die optimale Ausgestaltung solcher Versicherungslösungen konstituiert weiteren Forschungsbedarf.

Weiter existiert Forschungsbedarf zur Optimierung der Ausgestaltung einer umfassenden Entschädigung, um einerseits die schnelle Meldung zu protegieren und andererseits die Aufrechterhaltung der risikomindernd wirkenden einzelbetrieblichen Instrumente zu garantieren. Konkret sind hierbei die Indikatoren für den zielgerichteten Einsatz und die Effizienz von Biosicherheit, Selbsttragung und den Leistungstransfer durch Solidargemeinschaften abzuleiten.

8 Zusammenfassung

Der Ausbruch der Maul- und Klauenseuche im Vereinigten Königreich im Jahr 2001 beweist die Bedeutung dieser Tierseuche als Risiko für die europäische Landwirtschaft. Zur Unterstützung von betroffenen Landwirten und zur Schaffung eines risikokonformen Verhaltens bestehen in der Europäischen Union Diskussionen über die Einrichtung einer öffentlich subventionierten Pflichtversicherung zur Finanzierung der Tierverluste sowie der Folgeschäden. Die Beurteilung eines geeigneten Instrumentes des Risiko- bzw. Krisenmanagements setzt Kenntnisse über das potenzielle Schadenausmaß der MKS voraus, welches sich aufgrund des seltenen Auftretens und der großen Variabilität der MKS nicht aus der Schadenhistorie ableiten lässt. Alternativ bietet sich der Einsatz von stochastischen Simulationsmodellen an. Ziel dieser Arbeit ist deshalb die Entwicklung eines agentenbasierten Simulationsmodells zur Abschätzung der Schadenpotenziale der MKS.

Aufbauend auf die Definition des Risikobegriffs wird die Krise als ein solches Risiko dargestellt, das unvorhergesehen eintritt, eine Vielzahl von Einheiten trifft und deren individuelle Fähigkeiten zur Risikobewältigung überschreitet. Als Maßnahmen zur Bezwingung von Risiko bzw. Krise erfolgt die Darstellung der einzelnen Prozessphasen von Risiko- bzw. Krisenmanagement. Risikomanagement gliedert sich dabei in die Schritte der Risikoidentifikation, Analyse und Bewertung von Risiken, die Risikobewältigung und die Zielabweichungskontrolle. Eine Systematisierung der Instrumente zur Risikobewältigung stellt die Trennung zwischen unternehmensinternen und marktbezogenen Maßnahmen dar. Das Krisenmanagement umfasst die fünf Phasen Prävention, Früherkennung, Eindämmung, Erholung und als letzte Phase Lernprozess. Aufgabe des Krisenmanagements ist es, Krisenpotenziale in individuell tragbare Risiken zu transformieren.

Als Risiko aus der MKS wird in dieser Arbeit das Gewinnrisiko herangezogen, das durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Dazu zählen das große Wirtsspektrum der MKS und die oftmals späte Seuchenentdeckung in infizierten Herden. Weiter folgt das Risiko der MKS aus der Vielzahl an Übertragungswegen. Diese werden in direkte sowie indirekte, über belebte bzw. unbelebte Vektoren erfolgende Tierkontakte unterschieden. Als wichtige Determinanten der Kontaktnetzwerke zwischen landwirtschaftlichen Betrieben sind die Arbeitsteilung und Spezialisierung in der landwirtschaftlichen Tierhaltung zu nennen. Zu den Einflussfaktoren auf das Risiko durch MKS gehören ferner die Politikmaßnahmen zur Seuchenbekämpfung. Die Praxis sieht hierzu vor allem die Keulung infizierter Betriebe und die Schaffung von Sperrgebieten um Seuchenherde vor. Hieraus resultieren für betroffene

Tierhalter finanzielle Einbußen durch Tierverluste sowie als Folgeschäden infolge von behördlich angeordneten Betriebsunterbrechungen und Vermarktungsverboten.

Der Identifikation von Risikofaktoren folgt die Darstellung von Instrumenten zur Bewältigung der finanziellen Konsequenzen aus dem Auftreten der MKS. Auf Ebene des Staates sind dies die Seuchenbekämpfung und die Strukturpolitik sowie die Leistung von Kompensationszahlungen an Tierhalter. Betriebe wiederum können Maßnahmen zur Reduzierung des Einschleppungsrisikos ergreifen und finanzielle Rücklagen bilden. Eine unternehmensinterne Maßnahme zur Risikoreduktion verkörpert zudem die Diversifikation als Selektion von nicht bzw. negativ korrelierter Aktivitäten. Versicherungen als Risikoausgleich im Kollektiv und Verträge als Instrument zur Risikoteilung setzen Marktpartner voraus. Die Bewertung der derzeitigen Situation in der EU zeigt, dass die installierten Maßnahmen zur Risikobewältigung zu einer Vielzahl von Fehlanreizen führen. So begünstigt die EU-Entscheidungspraxis die Herausbildung von Hochrisiko-Einheiten, verringert die Motivation zur Verdachtsmeldung von Seuchenfällen und fördert zudem den als riskant geltenden Tierhandel im Seuchenfall. Vor diesem Hintergrund bestehen Überlegungen zur Implementierung neuer Instrumente des Risiko- und Krisenmanagements in der Seuchenpolitik. Zur Diskussion stehen dabei eine Versicherungslösung mit öffentlicher Beteiligung, die Unterstützung von Risikofonds auf Gegenseitigkeit und die Gewährung einer allgemeinen Unterstützung bei Einkommenskrisen.

Das entwickelte agentenbasierte Simulationsmodell ist in zwei Module segmentiert. Im ersten Modellabschnitt erfolgt dabei die Simulation von Seuchenausbreitung und Seuchenbekämpfung. Ausgangspunkt stellt ein erstinfizierter Betrieb dar, von dem aus die MKS-Verbreitung über verschiedene Kontaktwege in rinder- und schweinehaltende Betriebe erfolgt. Im Modell werden dabei der Absatz von Ferkeln und Nutzkälbern, die Besuche von Besamungstechnikern in der Rinderhaltung und von Veterinären, die Lieferungen von Handelsfuttermitteln sowie der Abtransport von Rohmilch und Kadavern betrachtet. Dabei zeichnet sich das Modell insbesondere durch die Tourenplanung für Kontakte des Personen- und Fahrzeugverkehrs aus. Zusätzlich trägt die Simulation der Seuchenausbreitung der lokalen MKS-Verbreitung Rechnung. Die Angaben zur Kontakthäufigkeit und Größe des Netzwerkes basieren auf Produktionskennzahlen und Daten zu den vor- und nachgelagerten Betrieben. Für die nachfolgenden Kontakte eines infizierten Betriebes vollzieht sich im Anschluss nach vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten die Entscheidung über die Seuchenübertragung. Im Modellansatz können ferner Verhaltensänderungen nach der erstmaligen Seuchenentdeckung – in Abhängigkeit zur Entschädigungspraxis - abgebildet werden. Die Seuchenentdeckung löst im Modell die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen aus, deren finanzielle

Konsequenzen im zweiten Modellmodul quantitativ erfasst werden. Die betrachteten Schadentypen umfassen die Tierverluste und Schäden aus der Betriebsunterbrechung sowie finanzielle Verluste aus Vermarktungsverboten. Dazu werden in der Schadenkalkulation die einzelnen Produktionsverfahren als Prozesse dargestellt.

Das Modell wird anschließend für zwei Landkreise aus Nordrhein-Westfalen und Bayern mit zusammen 4.600 Betrieben angewandt. Bei einer unterstellten umfassenden Entschädigungspraxis resultiert ein durchschnittlicher Schaden von ca. vier Mio. Euro, wobei die Folgeschäden den Großteil des Schadens beanspruchen. In einem Alternativszenario, in dem sich die Entschädigungsleistungen auf gekeulte Tiere beschränken, steigt der durchschnittliche Gesamtschaden auf ca. fünf Mio. Euro. Zudem wird durch verfrühten Verkauf von Ferkeln bzw. Nutzkälbern die Wahrscheinlichkeit eines hohen Gesamtschadens gesteigert.

Die Modellergebnisse zeigen die hohe Schadenvarianz und die Möglichkeit hoher Gesamtschäden infolge eines MKS-Ausbruches. Zudem wird die Bedeutung eines risikokonformen Verhaltens von Tierhaltern aufgezeigt. Infolge der oftmals geringen Datenbasis besteht aber Forschungsbedarf zur Quantifizierung der Übertragungswahrscheinlichkeiten der MKS und zur Betrachtung weiterer Kontaktwege.

Quellenverzeichnis

- ALEXANDERSEN, S., ZHANG, Z. und DONALDSON, A.I. (2002): Aspects of the persistence of foot-and-mouth disease virus in animals- the carrier problem. In: *Microbes and Infection*, H. 4, S. 1099-1110.
- ALF-SD (AMT FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN SCHWANDORF) (2008): Tierhaltung/ Tierzucht-Schwerpunkte. Online: <http://www.alf-sd.bayern.de/tierhaltung/>. Letzter Zugriff: 28.11.2008.
- ALLWÖRDEN, A. VON (2005): Untersuchungen zur Situation existenzgefährdeter Betriebe in Landwirtschaft und Gartenbau. Köster, Berlin.
- ANDERSON, I. (2002): Foot and Mouth Disease 2001: Lessons to be Learned Inquiry Report. London.
- ANDERSON, J.R.; DILLON, J.L. und HARDAKER, J.B. (1977): Agricultural Decision Analysis. Iowa State University Press, Ames.
- ANGERMÜLLER, N.O. (2002): Internationale Finanzmärkte und Finanzmarktkrisen. Dissertation, Göttingen.
- ASSELDONK, M.A.P.M. VAN, MEUWISSEN, M.P.M., HUIRNE, R.B.M. und WILKENS, E. (2006): Public and private Schemes Indemnifying Epidemic livestock Losses in the European Union. In: Koontz, S.R., Hoag, D.L., Thilmany, D.D., Green, J.W. und Grannis, J.L. (Hrsg.): *The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies*. CAB International, Oxfordshire. S. 115-125.
- BANKS, E. (2005): Catastrophic Risk. Analysis and Management. Wiley, West Sussex.
- BALMANN, A. (1995): Pfadabhängigkeiten in Agrarstrukturentwicklungen - Begriff, Ursachen und Konsequenzen. Duncker und Humblodt, Berlin.
- BALTZER, U. (1983): Krisenerkennung durch den Aufsichtsrat. Reihe V: Volks- und Betriebswirtschaft, Bd. 477. Peter Lang, Frankfurt.
- BARNETT, P.V. und CARABIN, H. (2002): A review of foot-and-mouth disease (FMD) vaccines. In: *Vaccines*, Bd. 20, S. 1504-1514.
- BARTELING, S.J. (2004): Modern Inactivated Foot-and-Mouth Disease (FMD) Vaccines: Historical Background and Key Elements in Production and Use. In: Sobriono, F. und Domingo, E. (Hrsg.): *Foot-and-Mouth Disease: Current Perspectives*. Horizon Bioscience, Norfolk. S. 305-334.

- BATES, T.W., THURMOND, M.C. und CARPENTER, T.E. (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, Bd. 64, H. 2, S. 195-204.
- BATES, T.W., MARK, C., THURMOND, M.C. und CARPENTER, T.E. (2001): Direct and indirect contact rates among beef, dairy, goat, sheep, and swine herds in three California counties, with reference to control of potential foot-and-mouth disease transmission. In: American journal of veterinary research, Bd. 62, H. 7, S. 1121-1129.
- BÄTZA, H.-J. (2006): The German System of Compensating Animal Keepers in Cases of Outbreaks of Animal Diseases. In: Koontz, S.R., Hoag, D.L., Thilmany, D.D., Green, J.W. und Grannis, J.L. (Hrsg.): The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies. CAB International, Oxfordshire. S. 141-144.
- BERG, E. und KRÄMER, J. (2008): Policy options for risk management. In: Meuwissen, M.P.M., Asseldonk, M.A.P.M. van und Huirne, R.B.M. (Hrsg.): Income stabilisation in European Agriculture. Design and economic impact of risk management tools. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. S. 143-167.
- BERG, E. (2005): Integriertes Risikomanagement: Notwendigkeit und Konzepte für die Landwirtschaft. In: Deitmer, J. (Hrsg.): Agrarökonomie im Wandel. Tagungsband zum Fachkolloquium anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. em. Dr. Dr. h.c. Günther Steffen. Bonn, S. 53-67.
- BERG, E. (2002): Das System der Ernte- und Einkommensversicherungen in den USA- Ein Modell für Europa? In: Berichte über Landwirtschaft 80, H. 1, S. 94-133.
- BERG, E. und KUHLMANN, F. (1993): Systemanalyse und Simulation. Ulmer, Stuttgart.
- BERG, M., ERDMANN, G., HOFMANN, M., JAGGY, M., SCHERINGER, M. UND SELLER, H (1994): Relativität und Normativität des Schadensbegriffs. In: Berg, M., Erdmann, G., Hofmann, M., Jaggy, M., Scheringer, M. und Seller, H. (Hrsg.): Was ist ein Schaden. Zur normativen Dimension des Schadenbegriffs in der Risikowissenschaft. Verlag der Fachvereine, Zürich. S. 1-20.
- BERGER, T. (2000): Agent-based spatial models applied to agriculture. A simulation tool for technology diffusion, resource use changes, and policy analysis. In: Agricultural Economics, Bd. 25, S. 245-260.

- BERGER, T. (2000): Agentenbasierte räumliche Simulationsmodelle in der Landwirtschaft. Anwendungsmöglichkeiten zur Bewertung von Diffusionsprozessen, Ressourcennutzung und Politikoptionen. Agrarwirtschaft Sonderheft 168. AgriMedia, Frankfurt.
- BINSWANGER, H.C. (1990): Abschied von der Restrisiko-Philosophie. In: Schüz, M. (Hrsg.): Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Band 1, S. 257-275. Neske, Pfullingen.
- BLANKENBURG, J. und FARNY, D. (2001): Einführungen in das Thema. In: Der Umgang mit den Risiken im Grenzbereich der Versicherbarkeit: Dokumentation über ein Symposium am 18.-20. Oktober 2001 im Schloß Marbach. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe. S. 1-3.
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2008a): Online: Ergebnis der Gesundheitsüberprüfung der GAP. http://www.bmelv.de/cln_044/nn_750578/SharedDocs/downloads/04-Landwirtschaft/StatementHealthCheck,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/StatementHealthCheck.pdf. Letzter Zugriff: 19.12.2008.
- BMELV (2008b): Buchführung der Testergebnisse. Ausführungsanweisung zum BMELV-Jahresabschluss.
- BMELV (2007a): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2007.
- BRANDES, W. und ODENING, M. (1992): Investition, Finanzierung und Wachstum in der Landwirtschaft. Ulmer, Stuttgart.
- BRENNAN, M.L., KEMP, R. und CHRISTLEY, R.M. (2008): Direct and indirect contacts between cattle farms in north-west England. In: Preventive Veterinary Medicine, Bd. 84, S. 242-260.
- BROWN, F. (2004): Stepping Stones in Foot-and-Mouth Research: A Personal View. In: Sobriono, F. und Domingo, E. (Hrsg.): Foot-and-Mouth Disease: Current Perspectives. Horizon Bioscience, Norfolk. S. 1-19.
- BRUNSWICKER, J. (1989): Optimale Standort- und Tourenplanung für die Rohmilcherfassung eines Molkereibetriebes. Lit-Verlag, Münster.
- BURTSCHER, J. (1995): Wertorientiertes Management. Ein integriertes Konzept zur Vermeidung und Bewältigung von Krisen. Dissertation, St. Gallen.
- BYRNE, D. (2003): MKS: Kommissar Byrne begrüßt neue Rechtsvorschrift zur Bekämpfung von Seuchenausbrüchen. IP/03/1307 vom 29.09.2003.

- CAFIERO, C., CAPITANIO, F., CIOFFI, C. UND COPPOLA, A. (2005): Risks and crisis management in agriculture. Final report, European Parliament IP/B/AGRI/ST/2005-30, Brüssel.
- CHAMBERS, R.G. und QUIGGIN, J. (2000): Uncertainty, production, choice and agency: the state-contingent approach. Cambridge University Press, Cambridge.
- DANGL, T. (2003): Ein dynamisches state-transition Modell zur Simulation von Maul- und Klauenseuche Epidemien. Dissertation, Wien.
- DAWSON, P.S. (1970): The involvement of milk in the spread of foot-and-mouth disease: an epidemiological study. In: The Veterinary Record, Bd. 87, S. 543-548.
- DEFRA (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS) (2007a): Foot and mouth disease: veterinary risk assessment. Online:
<http://www.defra.gov.uk/animal/diseases/fmd/pdf/vrarz191007.pdf>. Letzter Zugriff: 20.12.2008.
- DENIS (DEUTSCHES NOTFALLVORSORGE-INFORMATIONSSYSTEM) (2008): Mobiles Bekämpfungszentrum für große Tierseuchen einsatzbereit. Online:
<http://www.denis.bund.de/aktuelles/06052/index.html>. Letzter Zugriff: 23.01.2009.
- DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT) (2004): Die neue Betriebszweigabrechnung. Arbeiten der DLG, Bd. 197, 2. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt.
- DLG (1997): Leistungs- und qualitätsgerechte Bullenmast. Vorgaben zur Umsetzung der Umsetzbaren Energie (ME). DLG-Information 2/1997.
- DOEL, T.R., WILIAMS, L. und BARNETT, P.V. (1994): Emergency vaccination against foot-and-mouth disease: Rate of development of immunity and its implications for the carrier state. In: Vaccine, Bd. 12, H. 7, S. 592-600.
- 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.
- DURAND, B. und MAHUL, O. (2000): An extended state-transition model for foot-and-mouth disease epidemics in France. In: Preventive Veterinary Medicine, 47, S. 121-139.
- EICKSTÄDT J. (2001): Alternative Risikofinanzierungsinstrumente und ihr Beitrag zur Lösung aktueller Probleme der Industrieversicherung. Gerling-Akademie, München.
- ERDMANN, G. (1994): Der Schadensbegriff in der Ökonomik. In: Berg, M., Erdmann, G., Hofmann, M., Jaggy, M., Scheringer, M. und Seller, H. (Hrsg.): Was ist ein Schaden.

- Zur normativen Dimension des Schadenbegriffs in der Risikowissenschaft. Verlag der Fachvereine, Zürich. S. 95-114.
- 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).
- EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF (2005): Special report No 8/2004 on the Commission's management and supervision of the measures to control foot-and-mouth disease and of the related expenditures, together with the Commission's replies. 2005/C54/01.
- EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF (2000): Sonderbericht Nr. 1/ 2000 über die klassische Schweinepest, zusammen mit den Antworten der Kommission. 2000/C85/01.
- FAO (UNITED NATIONS FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION) (2002): Animal diseases: implications for international meat trade. Committee on Commodity Problems, Intergovernmental Group on Meat and Dairy Products, Nineteenth Session, Rom, August 27-29, CCP: ME 02/3.
- FARNY, D. (2000): Versicherungsbetriebslehre. 3. Auflage. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe.
- FAULHABER, I. (2009): Bullenmast unter Kostendruck. Online: <http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/32821/index.php>. Letzter Zugriff: 15.02.2009.
- FAURE, M.G. und HARTLIEF, T. (2003): Insurance and Expanding Systemic Risks. Policy Issues in Insurance No. 5. OECD, Paris.
- FEITER, F.-J. (1995): Die Zukunft der EU-Tierseuchenpolitik. In: Deutscher Bauernverband (Hrsg.): Die Zukunft der EU-Tierseuchenpolitik. DBV-Schriftenreihe, Heft 1/ 1995, S. 17-23.
- FERGUSON, N.M., DONELLY, C.A. und ANDERSON, R.M. (2001): Transmission intensity and impact of control policies on the foot and mouth epidemic in Great Britain. In: Nature, Bd. 413, S. 542-548.
- FLOCK, C. (2000): Betriebszweigabrechnungen in der Landwirtschaft. Schriftenreihe des Hauptverbandes der landwirtschaftlichen Buchstellen und Sachverständigen e.V., Heft Nr. 160, Pflug und Feder, Sankt Augustin.
- FORBES, R.N., SANSON, R.L. und MORRIS, R.S. (1994): Application of subjective methods to the determination of the likelihood and consequences of the entry of foot-and-mouth disease into New Zealand. In: New Zealand Veterinary Journal, Bd. 42, H. 3, S. 81-88.

- GDV (GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT) (2008): Konzept für eine umfassende und nachhaltige Mehrgefahrenversicherung für landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland. Endfassung vom 20.03.2008.
- GfE (GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt.
- GIBBENS, J.C., SHARPE, C.E., WILESMITH, J.W., MANSLEY, L.M., MICHALOPOULU, E., RYAN, J.B.M. und HUDSON, M. (2001): Descriptive epidemiology of the 2001 foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain: the first five months. In: Veterinary Record, Bd. 149, S. 729-743.
- GOBNER, A. (2001): Gibt es neue unversicherbare Risiken? In: Der Umgang mit den Risiken im Grenzbereich der Versicherbarkeit: Dokumentation über ein Symposium am 18.-20. Oktober 2001 im Schloß Marbach. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe. S. 5-10.
- GÖTZ, K.-U. (2007): Tendenzen in der Rinder- und Schweinefleischproduktion aus tierzüchterischer Sicht. In: LfL (Hrsg.): Strategien zur Stärkung einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Landwirtschaft in Bayern – Landwirtschaft 2020. Teil 3: Rinder- und Schweinefleischerzeugung. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. S. 107-118.
- GRABITZ, E. (1984): Krisenvorsorge und Krisenmanagement in der Europäischen Gemeinschaft – einführende Überlegungen. In: Zuleeg, M. (Hrsg.): Krisenvorsorge und Krisenmanagement in der Europäischen Gemeinschaft. Referate und Diskussionsberichte der Tagung des Arbeitskreises Europäische Integration e.V. in Augsburg vom 28.-30. Oktober 1982. Nomos, Baden-Baden. S. 11-25.
- GRAMIG, B.M., BARNETT, B.J., SKEES, J.R. und BLACK, J.R. (2006): Incentive Compatibility in Risk Management of Contagious Livestock Diseases. In: Koontz, S.R., Hoag, D.L., Thilmany, D.D., Green, J.W. und Grannis, J.L. (Hrsg.): The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies. CAB International, Oxfordshire. S. 39-52.
- GRAVERT, H.-O., WAßMUTH, R. und WENIGER, J.H. (1979): Einführung in die Züchtung, Fütterung und Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere. Paul Parey, Berlin.
- GREEN, D.M.; KISS, I.Z. und KAO, R.R. (2006): Modelling the initial spread of foot-and-mouth disease through animal movements. In: Proceedings of the Royal Society, Bd. 273, S. 2729-2735.

- GREIVING, S. (2002): Räumliche Planung und Risiko. Gerling-Akademie, München.
- GRESHAKE, F. (2009): Wildschweinpest: Die Nerven liegen blank. In: Topagrar, H. 4, S. 4-7.
- GRIOT, C. (2003): Das Comeback der Maul- und Klauenseuche in England. In: Neue Zürcher Zeitung, 8.10.2003.
- GRUNDHOFF, G. (2009): Viele Ferkel sind nicht alles. In: DLG-Mitteilungen 3/2009, S. 102-105.
- GUNN, G.J., HEFFERNAN, C., HALL, M., MCLEOD, A. und M. HOVI (2008): Measuring and comparing constraints to improved biosecurity amongst GB farmers, veterinarians and the auxiliary industries. In: Preventive Veterinary Medicine, Bd. 84, S. 310-323.
- HALLER, M. (1990): Risiko-Management und Risiko-Dialog. In: Schüz, M. (Hrsg.): Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Band 1, S. 229-256. Neske, Pfullingen.
- HANF, C.-H. (1986): Entscheidungslehre: Einführung in Informationsbeschaffung, Planung und Entscheidung unter Unsicherheit. Oldenbourg, München, Wien.
- HAPPE, K. und BALMANN, A. (2003): Structural, efficiency and income effects of direct payments. An agent-based analysis of alternative payment schemes for the German region Hohenlohe. IAAE Annual Meeting, Durban.
- HARDAKER, J.B., HUIRNE, R.B.M., ANDERSON, J.R. und LIEN, G. (2004): Coping with Risk in Agriculture. 2. Auflage. CABI, Oxfordshire.
- HARTUNG, J. (1998): Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 11. Auflage, Oldenbourg, München.
- HAXSEN, G. (2008): Interregionale und internationale Verflechtung der Ferkelversorgung in Deutschland – Berechnung regionaler Versorgungsbilanzen und Kalkulation der Produktionskosten für Ferkel im interregionalen und internationalen Vergleich. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 08/2008.
- HEROLD, B. und PAETZMANN, K. (1999): Alternativer Risikotransfer. Gerling-Akademie, München.
- HILLIER, F.S. und LIEBERMAN, G.J. (2002): Operations Research: Einführung. 5. unveränd. Auflage, Oldenbourg, München.
- HINRICHS, P. (1974): Die Formulierung und dynamische Optimierung von Entscheidungsprozessen – vorgeführt an Planungsproblemen in der Landwirtschaft. Schriften zur wissenschaftlichen Forschung Bd. 75. Hain, Meisenheim.

- HIRSCH, B. und NELL, M. (2007): Anreizkompatibilität von Entschädigungssystemen für Kosten und Verluste aus Tierseuchenausbrüchen in der Europäischen Union. Working Papers on Risk and Insurance Nr. 21, Hamburg.
- HONOLD, C.-U. (2007): Schweineproduktion- Quo vadis? In: Landinfo 2/2007, S. 41-44.
- HORST, H.S., DEVOS, C.J., TOMASSEN, F.H.M. und STELWAGEN, J. (1999): The economic evaluation of control and eradication of epidemic livestock diseases. In: Scientific and Technical Review. Bd. 18, S. 367-379.
- HSE (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE) (2007): Final report on Potenzial breaches of biosecurity at the Pirbright site 2007.
- JAHN, A. (2001): Die Berücksichtigung klimatisch bedingter Sturmaktivitäten in den Entscheidungsprozessen deutscher Erstversicherer. In: Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft Bd. 90, H. 2: S. 389-444. Berlin.
- JUNGERMANN, H. und SLOVIC, P. (1993): Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In: Krohn, W. und Krücken, G.: Riskante Technologien: Reflexion und Regulation-Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung. S. 79-100. Suhrkamp, Frankfurt.
- KARSTEN, S. (2004): Simulation study on the epidemiology and control of classical swine fever. Dissertation, Kiel.
- KEELING, M.J. (2005): Models of foot-and-mouth disease. In: Proceedings of the Royal Society, Bd. 272, S. 1197-1202.
- KEELING, M.J., WOOLHOUSE, M.E.J., SHAW, J.S., MATTHEWS, L., CHASE-TOPPING, M., HAYDON, D.T., CORNELL, S.J., KAPPEY, J., WILESMITH, J. und GREENFELL, B.T. (2001): Dynamics of the 2001 UK Foot and Mouth Epidemic: Stochastic Dispersal in a Heterogeneous Landscape. In: Science, Bd. 294, S. 813-817.
- KIRCHGESSNER, M. (2004): Tierernährung. 11. neu überarbeitete Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt.
- KITCHING, R.P., THRUSFIELD, M.V. und TAYLOR, N.M. (2006): Use and abuse of mathematical models: an illustration from the 2001 foot and mouth disease epidemic in the United Kingdom. In: Scientific and Technical Review of Office International des Epizooties, Bd. 25, H. 1, S. 293-311.
- KLEINDORFER, P. (2001): Die Nachfrage nach Katastrophenversicherung mit gebündeltem Katastrophenschutz. In: Der Umgang mit den Risiken im Grenzbereich der Versicher-

- barkeit: Dokumentation über ein Symposium am 18.-20. Oktober 2001 im Schloß Marbach. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe. S. 11-14.
- KNIGHT, F. (1971): Risk, Uncertainty and Profit. Chicago.
- KOEPFF, K.-P. (2007): Institutionelles Krisenmanagement. Ein empirischer Vergleich von Inhouse- und Interim-Management. Dissertation, Köln.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2006a): Agricultural Insurance schemes. Administrative Arrangement N^o. AGRI 2005-0321. Final report.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2006b): Evaluation of the Community Animal Health (CAH) 1995-2004 and alternatives for the future – Final Report – Part II: Prefeasibility study on options for the harmonised cost-sharing schemes for epidemic livestock diseases, Brüssel.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005a): Arbeitsunterlagen der Kommissionsdienststellen über Risiko- und Krisenmanagement in der Landwirtschaft. KOM (2005) 74, Brüssel.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2005b): Mitteilung der Kommission an den Rat über das Risiko- und Krisenmanagement in der Landwirtschaft. KOM (2005) 74, Brüssel.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2001): Risk Management Tools for EU Agriculture, with a special focus on Insurance. Arbeitspapier.
- KOSTOVA, T. (2004): On The Use Of Models To Assess Foot-And-Mouth Disease Transmission And Control. University of California.
- KREIS STEINFURT (2008): Statistik. Online: http://www.kreis-steinfurt.de/C12573D400434373/html/4824F2725BDC7604C125742E0032D24C?oendocument&nid1=53949_35611.
Letzter Zugriff: 26.11.2008.
- KRYSTEK, U. und MOLDENHAUER, R. (2007): Handbuch Krisen- und Restrukturierungsmanagement. Generelle Konzepte, Spezialprobleme, Praxisberichte. Kohlhammer, Stuttgart.
- KRYSTEK, U. (1987): Unternehmungskrisen: Beschreibung, Vermeidung und Bewältigung überlebenskritischer Prozesse in Unternehmungen. Gabler, Wiesbaden.
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT) (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. Darmstadt.

- KUCHLER, F. und HAMM, S. (2000): Animal disease incidence and indemnity programs. In: Agricultural Economics Bd. 22, S. 299-308.
- KUHLMANN, F. (2003): Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft. 2. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- LAMBY, C. (1993): Elementarrisiken und ihre marktwirtschaftliche Versicherung: Unter besonderer Berücksichtigung der Risiken Erdbeben, Überschwemmung und Sturm in der Gebäudeversicherung. Eul, Köln.
- LEIBER, F. (1971): Risiko und Versicherung in der tierischen Produktion. Bonner Hefte für landwirtschaftliche Betriebslehre, Heft 1. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LEL (LANDESANSTALT FÜR ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DER LÄNDLICHEN RÄUME) (2009). Agrarmärkte 2008. Unterlagen für Unterricht und Beratung in Baden-Württemberg. Schwäbisch Gmünd.
- LE MENACH, A., LEGRAND, J., GRAIS, R.F., VIBOUD, C., VALLERON, A.-J. und FLAHAULT, A. (2005): Modeling spatial and temporal transmission of foot-and-mouth disease in France: identification of high-risk areas. In: The Veterinary Research, Bd. 36, S. 699-712.
- LEONARD, N., EGAN, J., GRIFFIN, J., HANLON, A. und POOLE, D. (2001): A survey of some factors relevant to animal welfare on 249 dairy farms in the Republic of Ireland. Part 2: Data on incidence of disease, culling and biosecurity measures. In: Irish Veterinary Journal, Bd. 54, H. 9, S. 454-456.
- LÉONARD, D. und LONG, N. VAN (1992): Optimal Control Theory and Static Optimization in Economics. Cambridge University, Cambridge.
- LfL (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2008a): Berechnung des Deckungsbeitrages der Milchkuhhaltung. Online:
http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db_berechnung.php?was=milchkuh.
Letzter Zugriff: 10.01.2009.
- LfL (2008b): Berechnung des Deckungsbeitrages in der Bullenmast. Online:
http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db_berechnung.php?was=bullenmast.
Letzter Zugriff: 10.01.2009.
- LfL (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2008c): Berechnung des Deckungsbeitrages in der Ferkelerzeugung. Online:
http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db_berechnung.php?was=ferkelerzeugung.
Letzter Zugriff: 10.01.2009.

- LFL (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2008d): Berechnung des Deckungsbeitrages in der Schweinemast. Online:
http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db_berechnung.php?was=schweinemast.
Letzter Zugriff: 10.01.2009.
- LIEBWEIN, P. (2000): Strukturierung von Rückversicherungsentscheidungen: Ein entscheidungstheoretisches Modell der Risikopolitik von Versicherungsunternehmen. Versicherungswirtschaft, Karlsruhe.
- LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung) BAYERN (2005): Fleischleistungsprüfung in Bayern 2005.
- LLM (LANDESSTELLE FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE MARKTKUNDE) (2007): Agrarmärkte 2007. Unterlagen für Unterricht und Beratung in Baden-Württemberg. Schwäbisch Gmünd.
- LVVG AULENDORF (LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR VIEHHALTUNG UND GRÜNLANDWIRTSCHAFT) (2000): Kälberaufzucht mit normaler und reduzierter Tränkemenge und anschließender Aufzucht bis 6 Monate mit zwei unterschiedlichen Protein/Energie-Verhältnissen in der Futtermittelration von Fleckviehkälbern. Versuchsbericht Nr. 4/2000.
- LWK NRW (2009): Neue und alte AutoFOM-Abrechnungssysteme von Tönnies und Westfleisch. Online:
<http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/schweinehaltung/pdf/tabellen-autofom-2008.pdf>. Letzter Zugriff: 15.02.2009.
- LWK NRW (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN) (2008a): Verwaltungsrat Tierseuchenkasse NRW. Online: <http://www.landwirtschaftskammer.com/landwirtschaft/tierseuchenkasse/wir/verwaltungsrat/index.htm>. Letzter Zugriff: 20.11.2008.
- LWK NRW (2008b): Tierseuchenkasse erhebt Beiträge. Online:
<http://www.landwirtschaftskammer.com/landwirtschaft/tierseuchenkasse/beitraege/index.htm>. Letzter Zugriff: 20.11.2008.
- LWK NRW (2008d): 19. Milchviehreport. Situation und Perspektiven spezialisierter Milchherzeuger in Nordrhein-Westfalen auf Grundlage der Betriebszweigergebnisse 2006/2007 der Arbeitskreise Milchviehhaltung. Referat Unternehmens- und Arbeitnehmerberatung.
- LWK NRW (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN) (2002): Rechenmeister für die Schweinefütterung. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- LZ-RHEINLAND (LANDWIRTSCHAFTLICHE ZEITUNG-RHEINLAND) (2009): Agrarmarkt NRW. Milchauszahlungspreis. Online:

<http://www.agrarmarkt-nrw.de/index.asp>. Letzter Zugriff: 10.01.2009.

- MANGEN, M.-J.J. und BURELL, A.M. (2003): Who gains, who loses? Welfare effects of classical swine fever epidemics in the Netherlands. In: *European Review of Agricultural Economics*, Bd. 30, H. 2, S. 125-154.
- MANGEN, M.-J.J., NIELEN, M. und BURELL, A.M. (2003): Simulated epidemiological and economic effects of measures to reduce piglet supply during a classical swine fever outbreak in the Netherlands. In: *Scientific and Technical Review of Office International des Epizooties*, Bd. 22, H. 3, S. 811-822.
- MANGEN, M.-J.J., NIELEN, M. und BURRELL, A.M. (2002): Simulated effect of pig population density on epidemic size and choice of control strategy for classical swine fever in The Netherlands. In: *Preventive Veterinary Medicine*, Bd. 56, S. 141-163.
- MANSITO CABALLERO, F. (1995): Tierseuchenpolitik in der EU. In: *Deutscher Bauernverband (Hrsg.): Die Zukunft der EU-Tierseuchenpolitik. DBV-Schriftenreihe, Heft 1/ 1995, S. 25-36.*
- MAYER, V. (2002): Operative Krisen und Krisenmanagement. Ansätze und Methoden zur Sicherung der Zielkontinuität von Unternehmen im Rahmen ganzheitlicher Risk Management Konzepte. Dissertation, München.
- MATTHEWS, L., HAYDON, D.T., SHAW, D.J., CHASE-TOPPING, M.E., KEELING, M.J. und WOOLHOUSE, M.E.J. (2003): Neighbourhood control policies and the spread of infectious diseases. In: *Proceedings of the Royal Society* Bd. 270, S. 1659-1666.
- MEUWISSEN, M.P.M., ASSELDONK, M.A.P.M. VAN, SKEES, J.R. und HUIRNE, R.B.M. (2006): Designing Epidemic Livestock Insurance. In: Koontz, S.R., Hoag, D.L., Thilmany, D.D., Green, J.W. und Grannis, J.L. (Hrsg.): *The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies.* CAB International, Oxfordshire. S. 126-140.
- MEUWISSEN, M.P.M., SKEES, J.R., BLACK, J.R., HUIRNE, R.B.M. und DIJKHUIZEN, A.A. (2000): An Analytical Framework for Discussing Farm Business Interruption Insurance for Classical Swine Fever. AAEA Annual Meeting, Tampa.
- MEUWISSEN, M.P.M und HUIRNE, R.B.M. (1998): Feasibility of Income Insurance in European Agriculture. AAEA Annual Meeting, Salt Lake City.
- MLU (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT) SACHSEN-ANHALT (2009): Zur weiteren Verkürzung der Tränkedauer bei Kälbern. Online:

- http://www1.mlu.sachsen-anhalt.de/lhg/tierhaltung_zucht/milchrinder/idd42010104.pdf. Letzter Zugriff: 15.01.2009
- MORALES, C., GARRIDO, A., PALINKAS, P. und SZEKELY, C. (2008): Risks Perceptions and Risk Management Instruments in the European Union: do farmers have a clear idea of what they need? EAAE-Kongress, Ghent.
- MORRIS, R.S., WILESMITH, J.W., STERN, M.W., SANSON, R.L. und STEVENSON, M.A. (2001): Predictive spatial modelling of alternative control strategies for the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain, 2001. In: The Veterinary Record, Bd. 149, S. 137-144.
- MÜLLER-REICHART, M. und ROMEIKE, F. (2005): Grundlagen des Risikomanagements in der Versicherungsbetriebslehre. In: Romeike, F. und Müller-Reichart, M. (Hrsg.): Risikomanagement in Versicherungsunternehmen. Wiley, Weinsheim, S. 47-106.
- NAO (NATIONAL AUDIT OFFICE) (2002): The 2001 Outbreak of Foot-and-Mouth Disease. Report by the Comptroller and Auditor General. HC 939 Session 2001-2002.
- NEUMANN, A.M. (2004): Partizipative Früherkennung von Chancen und Risiken. Dissertation, Trier.
- NIELEN, M., JALVINGH, A.W., HORST, H.S., DIJKHUIZEN, A.A., MAURICE, H., SCHUT, B.H., WUIJCKHUISE, VAN L.A. und DE JONG, M.F. (1996): Quantification of contact between Dutch farms to assess the Potenzial risk of foot-and-mouth disease spread. In Preventive Veterinary Medicine, Bd. 28, S. 143-158.
- NIEMI, J.K. und PIETOLA, K. (2004): Hog farmer incentives and moral hazard under contagious animal disease restrictions. 86. EAAE-Seminar, Capri.
- NISSEN, B. (2001): Qualitative und quantitative Risikofaktoren für die Einschleppung und Verbreitung von Viruskrankheiten am Beispiel der Klassischen Schweinepest (KSP) und der Maul- und Klauenseuche (MKS). Dissertation, Hannover.
- OBERMEIER, O.-P. (1999): Die Kunst der Risikokommunikation: über Risiko, Kommunikation und Themenmanagement. Gerling Akademie, München.
- OLSON, L.J.Q und S. ROY (2008): Dynamic Sanitary and Phytosanitary Trade Policy. Working Paper 08-12, University of Maryland.
- PAULY, M.V. (1974): Overinsurance and Public Provision of Insurance: The Roles of Moral Hazard and Adverse Selection. In: The Quarterly Journal of Economics, Bd. 88, H. 1, S. 44-62.

- PHARO, H.J. (2002): Foot-and-mouth disease: an assessment of the risks facing New Zealand. In: New Zealand Veterinary Journal, Bd. 2; S. 46-55.
- PHILIPP, W. (2004): Tierkörperbeseitigung. In: Prange, H. (Hrsg.): Gesundheitsmanagement Schweinehaltung. Ulmer, Stuttgart. S. 280-281.
- PRANGE, H. und KÖRÜGEL, K. (2004): Produktionsgestaltung. In: Prange, H. (Hrsg.): Gesundheitsmanagement Schweinehaltung. Ulmer, Stuttgart. S. 39-50.
- PRANGE, H. (2004): Tiergesundheitliche Betreuung. In: Prange, H. (Hrsg.): Gesundheitsmanagement Schweinehaltung. Ulmer, Stuttgart. S. 389-406.
- RAU, K., GERNAND, E. und MICHEL, M. (2008): Analyse von Leistungsparametern in Abhängigkeit von Produktionsrhythmen in der Ferkelproduktion. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- REMOND, M., KAISER, C., LEBRETON, F., MOUTOU, F. UND CRUCIÈRE, C. (2001): Residual foot-and-mouth disease virus antibodies in French cattle and sheep six years after the vaccination ban. In: Veterinary Research, Bd. 32, S. 81-86.
- RIBBENS, S., DEWULF, J., KOENEN, F., MINITIENS, K., KRUIF, DE A. und MAES, D. (2008): Type and frequency of contact between Belgian pig herds. In: Preventive Veterinary Medicine. Im Druck.
- ROBINSON, S.E. und CHRISTLEY, R.M. (2007): Exploring the role of auction markets in cattle movements within Great Britain. In: Preventive Veterinary Medicine, Bd. 81, S. 21-37.
- ROCHE, M.J. und MCQUINN, K. (2004): Riskier product portfolio under decoupled payments. In: European Review of Agricultural Economics, Bd. 31, H.2, S. 111-123.
- ROSENTHAL, U., BOIN, A. und COMFORT, L.K. (2001): The Changing World of Crisis and Crisis Management. In: Rosenthal, U., Boin, A. und Comfort, L.K. (Hrsg.): Managing Crisis. Threats, Dilemmas, Opportunities. Charles C Thomas, Springfield.
- ROSENTHAL, U., CHARLES, M. und 'T HART, P. (1989): Coping with crisis: The management of disasters, riots and terrorism. Charles Thomas, Springfield.
- SANSON, R.L., STEVENSON, M.A., MACKERETH, G.F. und MOLES-BENFELL, N. (2006): The development of an InterSpread Plus parameter set to simulate the spread of FMD in New Zealand. In: Proceedings of the 11th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics, 2006.

- SANSON, R.L. (1994): The epidemiology of foot-and-mouth disease: implications for New Zealand. In: New Zealand veterinary journal, Bd. 42, H. 2, S. 41-53.
- SCHAIK, VAN G., NIELEN, M. und A.A. DIJKHUIZEN (2001): An economic model for on-darm decision support of management to prevent infectious disease introduction into dairy farm. In: Preventive Veterinary Medicine, Bd. 51, S. 289-305.
- SCHMITZ, D. (2009): Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. Mündliche Auskunft am 23.01.2009.
- SCHNEEWEIB, H. (1967): Entscheidungskriterien bei Unsicherheit. Springer, Berlin.
- SCHUHMANN, J., MEYER, U. und STRÖBELE, W. (1999): Grundzüge der mikroökonomischen Theorie. 7. Auflage, Springer, Berlin.
- SHIRLEY, M.D.F. und RUSHTON, S.P.R. (2005): Where diseases and networks collide: lessons to be learnt from a study of the 2001 foot-and-mouth epidemic. In: Epidemiology and Infection, Bd. 133, S. 1023-1032.
- SEITZ, M. (2001): Die Möglichkeiten des traditionellen Rückversicherungsmarktes im Umgang mit Grentrisiken. In: Der Umgang mit den Risiken im Grenzbereich der Versicherbarkeit: Dokumentation über ein Symposium am 18.-20. Oktober 2001 im Schloß Marbach. Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe. S. 35-42.
- SÖRENSEN, J.H. (2003): Modelling the Atmospheric Spread of Foot-and-Mouth Disease. Danish Meteorological Institute Scientific Report 03-17.
- SÖRENSEN, J.H., MACKAY, D.K.J., JENSEN, C.O. und DONALDSON, A.I. (2000): An integrated model to predict the atmospheric spread of foot-and-mouth disease virus. In: Epidemiology and Infection, Bd. 124, S. 577-590.
- SKEES, J.R. und BARNETT, B.J. (1999): Conceptual and Practical Considerations for Sharing Catastrophic/ Systemic Risks. In: Review of Agricultural Economics, Bd. 21, H. 2, S. 424-441.
- SPREIDLER, M. (2004): Auswirkungen eines steigenden Mastendgewichts auf die tierische Leistung und Wirtschaftlichkeit der Intensivmast von Fleckvieh-Jungbullen bei unterschiedlichem Red-Holstein-Anteil. Dissertation, Weihenstephan.
- SPREIDLER, M., HEISSENHUBER, A. und PAHL, H. (2000): Wirkung von markt- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen auf das optimale Mastendgewicht in der Bullenmast. In: Berichte +über Landwirtschaft, Bd. 78, H. 3, S. 373-401.

- STARP, M. (2006): Integriertes Risikomanagement im landwirtschaftlichen Betrieb. Duncker und Humblot, Berlin.
- STEFFEN, G. und D. BORN (1987): Betriebs- und Unternehmensführung in der Landwirtschaft. Ulmer, Stuttgart.
- STEGEMANN, J.A., ELBERS, A.R.W., BOUMA, A. und DE JONG, M.C.M. (2002): Rate of inter-herd transmission of classical swine fever virus by different types of contact during the 1997-8 epidemic in The Netherlands. In: *Epidemiology and Infection*, Jg. 128, S. 285-291.
- STER, I.C. und FERGUSON, N.M. (2007): Transmission Parameters of the 2001 Foot and Mouth Epidemic in Great Britain. In: *Plos One*, H. 6, S. 1-12.
- SUHL, L. und MELLOULI, T. (2006): Optimierungssysteme. Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen. Springer, Berlin.
- SUMNER, D.A., BERVEJILLO, J.E., und JARVIS, L. (2006): The Role of Public Policy in Controlling Animal Disease. In: Koontz, S.R., Hoag, D.L., Thilmany, D.D., Green, J.W. und Grannis, J.L. (Hrsg.): *The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies*. CAB International, Oxfordshire. S. 29-38.
- TAYLOR, N. (2003): Review of the use of models in informing disease control policy development and adjustment. Reading.
- ˆT HART, P. und BOIN, B.A. (2001): Between crisis and normalcy: The long term shadow of post-crisis politics. In: Rosenthal, U., Boin, A. und Comfort, L.K. (Hrsg): *Managing Crisis. Threats, Dilemmas, Opportunities*. Charles C Thomas, Springfield.
- THE ROYAL SOCIETY (2002): Infectious diseases in livestock. Scientific questions relating to the transmission, prevention and control of epidemic outbreaks of infectious disease in livestock in Great Britain. Latimer Trend, Plymouth.
- THOMPSON, D., MURIEL, P., RUSSELL, D., OSBORNE, P., BROMLEY, A., ROWLAND, M., CREIGHTY, S. und BROWN, C. (2002): Economic costs of the foot and mouth disease outbreak in the United Kingdom in 2001. *Scientific and Technical Review*, Bd. 21, H. 3, S. 675-687.
- TLL (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT): Umrechnungsschlüssel für Vieheinheiten (VE), Großvieheinheiten (GV).
Online: http://www.tll.de/ainfo/archiv/ve_schl.pdf. Letzter Zugriff: 15.02.2009.

- TÖPFER, A. (1999): Plötzliche Unternehmenskrisen- Gefahr oder Chance?: Grundlagen des Krisenmanagements, Praxisfälle, Grundsätze zur Krisenvorsorge. Luchterhand, Neuwied.
- TOMASSEN, F.H.M., DE KOEIJER, A.; MOURITS, M.C.M., DEKKER, A., BOUMA, A. UND HUIRNE, R.B.M. (2002): A decision-tree to optimise control measures during the early stage of a foot-and-mouth disease epidemic. In: Preventive Veterinary Medicine, Bd. 54, S. 301-324.
- Turvey, C. (2006): Conceptual Issues in Livestock Insurance. In: Koontz, S.R., Hoag, D.L., Thilmany, D.D., Green, J.W. und Grannis, J.L. (Hrsg.): The Economics of Livestock Disease Insurance. Concepts, Issues and International Case Studies. CAB International, Oxfordshire. S. 82-100.
- WBGU (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN): Jahresgutachten 1998: Welt im Wandel- Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Springer, Berlin.
- WELLS, S.J. (2000): Biosecurity on Dairy Operations: Hazards and Risk. In: Journal of Dairy Science, Bd. 82, S. 2380-2386.
- WEISS, C (1995): Wachsen und Weichen bei unterschiedlicher Betriebsgröße: Erste Ergebnisse für Oberösterreichs Landwirtschaft. In: Die Bodenkultur, Bd. 46 (1995), Universität für Bodenkultur Wien.
- WEIB, J. UND STIGLER, F. (2009): Die Schweinemast kommt mit einem blauen Auge aus der Krise. Online: <http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23679/index.php>. Letzter Zugriff: 15.02.2009.
- WEIB, J. (2008): Ein Gruseljahr für die Ferkelerzeuger. LKV Bayern.
- WILLMS, H. (2006): Gesellschaftliche Bedeutung der Tierseuchenverbreitung- eine Ausbreitungsuntersuchung am Beispiel der Maul- und Klauenseuche. Dissertation, Hannover.
- WLW (WESTFÄLISCH-LIPPISCHER LANDWIRTSCHAFTSVERBAND) (2008): Landwirtschaft in der Region. Online: http://www.wlv.de/kreisverbaende/Steinfurt/landwirtschaft_in_der_region.php. Letzter Zugriff: 28.11.2008.
- WOCKEN, C., SCHARPER, C., LASSEN, B., SPILLER, A. und THEUVSEN, L. (2008): Risikowahrnehmung in Milchviehbetrieben: Eine empirische Studie zur vergleichenden Bewertung von Politik-, Markt- und Produktionsrisiken. Vortrag anlässlich der 48. Jahrestagung der GEWISOLA, Bonn.

- WOOLHOUSE, M.E.J.; SHAW, D.J.; MATTHEWS, L.; LIU, W.-C.; MELLOR, D.J. und THOMAS, M.R. (2005): Epidemiological implications of the contact network structure for cattle farms and the 20-80 rule. In: *Biology Letters*, H. 1, S. 350-352.
- ZSCHIESCHE, L. (2008): Welches Krisenmanagement braucht die Tierzucht? Ertragsschadenversicherung als wesentliches Element in der Tierhaltung. Vortrag „Risikomanagement in der Landwirtschaft“, Berlin, 16. Juni.
- ZSCHIESCHE, L. (2005): Vortrag vor dem Agrarausschuss des Europaparlamentes am 20. Juni 2005. Online: http://www.europarl.europa.eu/hearings/20050620/agri/zschiesche_de.pdf. Letzter Zugriff: 20.06.2008.
- ZWEIFEL, P. und EISEN, R. (2003): *Versicherungsökonomie*. 2. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg.
- ZWINGERMANN, W. (1995): Tierseuchenpolitik- Aus der Sicht der Mitgliedstaaten. In: Deutscher Bauernverband (Hrsg.): *Die Zukunft der EU-Tierseuchenpolitik*. DBV-Schriftenreihe, Heft 1/ 1995, S. 39-53.

Gesetze und Verordnungen

- ABL. EG (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN) (2003), Nr. L 306, 22.11.2003.
- ABL. EG (1990), Nr. L 224, 18.8.1990.
- ABL. EG (1972), Nr. L 302, 31.12.1972.
- ABL. EU (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION) (2007), Nr. L 229, 16.11.2007.
- ABL. EU (2005), Nr. L 55, 01.03.2005.
- MKSEUCHV (VERORDNUNG ZUM SCHUTZ GEGEN DIE MAUL- UND KLAUENSEUCHE) (2005), BGBl. I S. 3573.
- SCHHALTHYGV (VERORDNUNG ÜBER HYGIENISCHE ANFORDERUNGEN BEIM HALTEN VON SCHWEINEN) (1999), 07.06.1999.

Statistiken

- ADNS (ANIMAL DISEASE NOTIFICATION SYSTEM): Animal disease situation per country and per disease, verschiedene Jgg.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG (2004): *Viehbestände der landwirtschaftlichen Betriebe Bayerns am 3. Mai 2003*.

-
- BMELV (2007b): Die wirtschaftliche Lage der landwirtschaftlichen Betriebe. Buchführungsergebnisse der Testbetriebe. Wirtschaftsjahr 2006/ 2007.
- BMELV (2007c) (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik 2007. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- DEFRA (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS) (2007b); Agriculture in the United Kingdom 2007.
- EUROSTAT (2007): Eurostat Jahrbuch der Regionen 2007. Luxemburg.
- LDS NRW (LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK NRW) (2004): Viehhaltungen und Viehbestände in Nordrhein-Westfalen am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen.
- LWK NRW (2008c) (Hrsg.): Zahlen zur Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen.
- OIE (WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH) (2008a): Foot and mouth disease. Online: http://www.oie.int/eng/maladies/fiches/a_A010.htm. Letzter Zugriff: 25.07.2008.
- OIE (2008b): Foot and mouth disease. Online: http://www.oie.int/eng/info/en_fmd.htm?e216. Letzter Zugriff: 25.07.2008.
- ZMP (ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSSTELLE) (2008): ZMP-Marktbilanz Milch 2008.

Anhangverzeichnis

Anhang 1: Angaben zur Positionierung der Betriebe in Modellregion 1	176
Anhang 2: Angaben zur Positionierung der Betriebe in Modellregion 2	176
Anhang 3: Wahrscheinlichkeiten der Produktionsverfahren in Betrieben der Modellregionen	177
Anhang 4: Räumliche Verteilung der Großvieheinheiten in Modellregion 2	178
Anhang 5: Umrechnungsschlüssel für Großvieheinheiten (GV).....	178
Anhang 6: Halter und Bestände von Milchkühen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen	179
Anhang 7: Halter und Bestände von Mastbullen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen	179
Anhang 8: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen	180
Anhang 9: Halter und Bestände von Mastschweinen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen	180
Anhang 10: Halter und Bestände von Milchkühen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen	181
Anhang 11: Halter und Bestände von Milchkühen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)	181
Anhang 12: Halter und Bestände von männlichen Rindern (1 Jahr oder älter) im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen.....	182
Anhang 13: Halter und Bestände von männlichen Rindern (1 Jahr oder älter) im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)	182
Anhang 14: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen	183
Anhang 15: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)	183
Anhang 16: Halter und Bestände von Jung- und Mastschweinen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen	184
Anhang 17: Halter und Bestände von Jung- und Mastschweinen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)	184

Anhang 18: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 1	185
Anhang 19: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 1 (Fortsetzung)	186
Anhang 20: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 2	187
Anhang 21: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 2 (Fortsetzung)	188
Anhang 22: Angaben zur Modellierung des Nutzkälberhandels in Modellregion 1	189
Anhang 23: Angaben zur Modellierung des Nutzkälberhandels in Modellregion 2.....	190
Anhang 24: Parameter der Verteilungsfunktionen zur Modellierung von Handelsfutterlieferungen in Modellregion 1	191
Anhang 25: Parameter der Verteilungsfunktionen zur Modellierung von Handelsfutterlieferungen in Modellregion 2	192
Anhang 26: Angaben zur Modellierung von Veterinärbesuchen in den Modellregionen.....	193
Anhang 27: Tierverluste im Modell für beide Modellregionen	194
Anhang 28: Anzahl von Standorten des vor- und nachgelagerten Bereichs in den Modellregionen.....	195
Anhang 29: Kapazitäten des Personen- und Fahrzeugverkehrs im Modell.....	195

Anhang 1: Angaben zur Positionierung der Betriebe in Modellregion 1

Anzahl von Nachbarn	Wahrscheinlichkeit (kumuliert)
0	0,05
1	0,30
2	0,50
3	0,75
4	0,85
5	1,00

Abstand des Nachbarn	[km]	Wahrscheinlichkeit
Umgebung 1 [km]	0,10	0,10
Umgebung 2 [km]	0,20	0,25
Umgebung 3 [km]	0,40	0,25
Umgebung 4 [km]	0,60	0,20
Umgebung 5 [km]	0,80	0,20

Quelle: Eigene Berechnungen.

Anhang 2: Angaben zur Positionierung der Betriebe in Modellregion 2

Anzahl von Nachbarn	Wahrscheinlichkeit (kumuliert)
0	0,40
1	0,70
2	0,90
3	1,00

Abstand des Nachbarn	[km]	Wahrscheinlichkeit
Umgebung 1 [km]	0,30	0,10
Umgebung 2 [km]	0,50	0,45
Umgebung 3 [km]	0,80	0,45

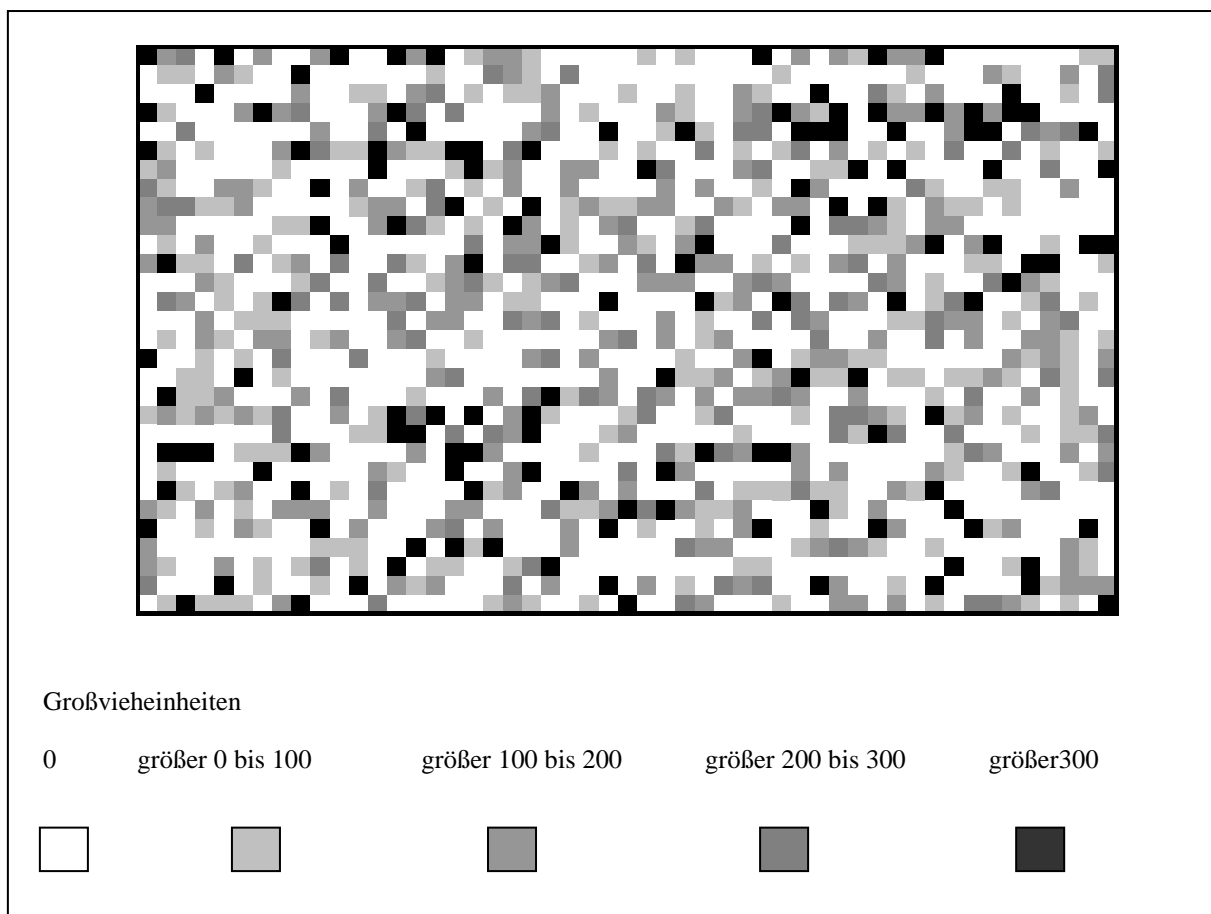
Quelle: Eigene Berechnungen.

Anhang 3: Wahrscheinlichkeiten der Produktionsverfahren in Betrieben der Modellregionen

Verfahren im Betrieb				Wahrscheinlichkeit	
Milchkühe	Mastbullen	Zuchtsauen	Mastschweine	Modellregion 1	Modelregion 2
x				0,06	0,25
x	x			0,07	0,32
x		x		0,01	0,03
x			x	0,02	0,11
x	x	x		0,00	0,00
x	x		x	0,00	0,06
x	x	x	x	0,00	0,00
x		x	x	0,00	0,00
	x	x		0,01	0,00
	x		x	0,10	0,05
	x	x	x	0,01	0,00
	x			0,19	0,06
		x		0,15	0,06
		x	x	0,08	0,05
			x	0,29	0,00

Quelle: Eigene Berechnung.

Anhang 4: Räumliche Verteilung der Großvieheinheiten in Modellregion 2



Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 5: Umrechnungsschlüssel für Großvieheinheiten (GV)

Bezeichnung	GV
Kälber unter sechs Monate	0,30
Jungrinder sechs Monate bis ein Jahr	0,30
Rinder 1 bis unter 2 Jahre	0,70
Rinder 2 Jahre und älter	1,00
Milchkühe	1,00
Ferkel	0,02
Schweine unter 50 kg Lebendgewicht	0,06
Mastschweine ab 50 kg Lebendgewicht	0,16
Zuchtschweine	0,30

Quelle: TLL, 2009, o.S.

Anhang 6: Halter und Bestände von Milchkühen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen

	1-9		10-19		20-29		30-49		50-99		100 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	78	425	156	2.242	92	2.190	95	3.852	96	6.535	17	1.988	534	17.232
Modell	74	402	161	2.322	89	2.096	93	3.783	92	6.461	15	1.763	524	16.827

Quelle: LWK NRW, 2008c, S. 68; Eigene Berechnungen.

Anhang 7: Halter und Bestände von Mastbullen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen

	1-9		10-19		20-29		30-49		50-99		100 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	380	1.427	211	2.987	169	3.927	217	8.152	184	12.232	69	9.902	1.230	38.627
Modell	365	1.409	227	3.406	173	4.320	204	7.390	179	12.010	62	9.315	1.213	37.850

Quelle: LWK NRW, 2008c, S. 72; Eigene Berechnungen.

Anhang 8: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen

	1-19		20-49		50-99		100-199		200 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	138	1.311	154	5.233	169	12.302	200	29.223	152	45.456	813	93.525
Modell	147	1.370	147	5.038	175	13.027	195	29.008	144	43.076	808	91.519

Quelle: LWK NRW, 2008c, S. 79; Eigene Berechnungen.

Anhang 9: Halter und Bestände von Mastschweinen im Kreis Steinfurt am 3. Mai 2007 nach Bestandsgrößenklassen

	1-49		50-199		200-399		400-999		1.000 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	330	6.549	429	47.215	291	83.184	373	241.552	142	194.047	1.565	572.547
Modell	343	6.585	387	40.598	309	90.570	388	247.346	131	189.827	1.558	574.863

Quelle: LWK NRW, 2008c, S. 81; Eigene Berechnungen.

Anhang 10: Halter und Bestände von Milchkühen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen

	1-2		3-4		5-9		10-19		20-29	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	32	50	58	207	186	1.347	376	5.357	285	6.869
Modell	26	44	51	198	194	1.445	385	5.380	296	7.014

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 40f; Eigene Berechnungen.

Anhang 11: Halter und Bestände von Milchkühen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)

	30-49		50-74		75-99		100 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	239	9.057	61	3.600	6	490	3	348	1.246	27.325
Modell	247	9.297	58	3.452	4	324	4	472	1.256	27.626

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 40f; Eigene Berechnungen.

Anhang 12: Halter und Bestände von männlichen Rindern (1 Jahr oder älter) im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen

	1-2		3-4		5-9		10-19		20-29	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	230	319	121	427	247	1.697	153	1.972	35	813
Modell	190	286	94	314	206	1.088	168	2.350	44	1.056

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 46f; Eigene Berechnungen.

Anhang 13: Halter und Bestände von männlichen Rindern (1 Jahr oder älter) im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)

	30-49		50-74		75-99		100 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	17	650	5	323	1	-	2	-	811	6.569
Modell	22	851	6	390	2	168	3	415	735	6.918

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 46f; Eigene Berechnungen.

Anhang 14: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen

	1-4		5-9		10-19		20-29		30-49	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	77	163	37	242	28	358	17	405	21	817
Modell	65	158	40	265	35	418	15	364	25	970

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 58f; Eigene Berechnungen.

Anhang 15: Halter und Bestände von Zuchtsauen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)

	50-59		60-79		80-99		100 und mehr		gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	7	382	12	838	9	796	18	2.266	226	6.267
Modell	5	281	14	967	15	1.004	16	2.024	230	6.551

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 58f; Eigene Berechnungen.

Anhang 16: Halter und Bestände von Jung- und Mastschweinen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen

	1-4		5-9		10-19		20-49		50-99	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	117	283	68	448	84	1.113	84	2.576	26	1.879
Modell	100	205	65	451	96	1.206	78	2.356	20	1.465

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 64f; Eigene Berechnungen.

Anhang 17: Halter und Bestände von Jung- und Mastschweinen im Kreis Schwandorf am 3. Mai 2003 nach Bestandsgrößenklassen (Fortsetzung)

	100-199		200-299		300-499		500 und mehr		Gesamt	
	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere	Halter	Tiere
empirisch	28	3.871	7	1.575	10	3.638	9	7.625	433	23.008
Modell	19	2.665	5	1.136	12	4.321	8	6.821	403	20.626

Quelle: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 2004, S. 64f; Eigene Berechnungen.

Anhang 18: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 1

	Ferkelerzeuger				
	Anzahl Zuchtsauen				
	1-20	21-100	101-200	201-400	>400
Direktabsatz	0,25	0,40	0,30	0,00	0,00

	Ferkelerzeuger				
	Ferkelpartiengröße				
	1-50	51-100	101-200	201-500	>500
Vermarktungsorganisation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ferkelmarkt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

		Ferkelpartiengröße				
		1-50	51-100	101-200	201-500	>500
Vermarktungsorganisation						
Handelspartiangröße	50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	100	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	200	0,00	0,50	0,50	0,25	0,25
Handelspartiangröße	300	0,00	0,00	0,50	0,75	0,50
Handelspartiangröße	500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Ferkelmarkt						
Handelspartiangröße	50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	100	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	200	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00
Handelspartiangröße	300	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Handelspartiangröße	500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quelle: Haxsen, 2008, S. 7ff.; HONOLD, 2007, S. 44; Eigene Annahmen.

Anhang 19: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 1 (Fortsetzung)

Direktabsatz	Anzahl Zuchtsauen					
		1-20	21-100	101-200	201-400	>400
Zielregion	1	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
Zielregion	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Export		0,50	0,25	0,25	0,25	0,25

Vermarktungsorganisation	Ferkelerzeuger Ferkelpartiengröße					
		50	100	200	300	500
Zielregion	1	0,20	0,75	0,75	0,75	0,75
Zielregion	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Export		0,80	0,25	0,25	0,25	0,25

Ferkelmarkt	Ferkelpartiengröße					
		50	100	200	300	500
Zielregion	1	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00
Zielregion	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Export		1,00	0,50	0,00	0,00	0,00

Vermarktungsorganisation	Ferkelpartiengröße					
		50	100	200	300	500
Mastplätze	1-200	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mastplätze	201-500	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00
Mastplätze	501-1.000	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00
Mastplätze	1.001-1.500	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20
Mastplätze	>1.500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80

Ferkelmarkt	Ferkelpartiengröße					
		50	100	200	300	500
Mastplätze	1-200	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Mastplätze	201-500	0,25	0,50	0,50	0,00	0,00
Mastplätze	501-1.000	0,00	0,50	0,40	0,30	0,00
Mastplätze	1.001-1.500	0,00	0,00	0,10	0,20	0,00
Mastplätze	>1.500	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00

Quelle: Haxsen, 2008, S. 7ff.; HONOLD, 2007, S. 44; Eigene Annahmen.

Anhang 20: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 2

	Ferkelerzeuger				
	Anzahl Zuchtsauen				
	1-20	21-100	101-200	201-400	>400
Direktabsatz	0,25	0,40	0,30	0,00	0,00

	Ferkelerzeuger				
	Ferkelpartiengröße				
	1-50	51-100	101-200	201-500	>500
Vermarktungsorganisation	0,25	0,75	0,80	1,00	1,00
Ferkelmarkt	0,75	0,25	0,20	0,00	0,00

		Ferkelpartiengröße				
		1-50	51-100	101-200	201-500	>500
Vermarktungsorganisation						
Handelspartiangröße	50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	100	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	200	0,00	0,50	0,50	0,25	0,25
Handelspartiangröße	300	0,00	0,00	0,50	0,75	0,50
Handelspartiangröße	500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Ferkelmarkt						
Handelspartiangröße	50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	100	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
Handelspartiangröße	200	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00
Handelspartiangröße	300	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Handelspartiangröße	500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quelle: Haxsen, 2008, S. 7ff.; HONOLD, 2007, S. 44; Eigene Annahmen.

Anhang 21: Angaben zur Modellierung des Ferkelhandels in Modellregion 2 (Fortsetzung)

Direktabsatz		Anzahl Zuchtsauen				
		1-20	21-100	101-200	201-400	>400
Zielregion	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zielregion	2	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30
Export		0,50	0,50	0,50	0,70	0,70

Vermarktungsorganisation		Ferkelerzeuger Ferkelpartiengröße				
		50	100	200	300	500
Zielregion	1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zielregion	2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Export		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Ferkelmarkt		Ferkelpartiengröße				
		50	100	200	300	500
Zielregion	1	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01
Zielregion	2	0,20	0,20	0,18	0,19	0,19
Export		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Vermarktungsorganisation		Ferkelpartiengröße				
		50	100	200	300	500
Mastplätze	1-200	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mastplätze	201-500	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00
Mastplätze	501-1.000	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00
Mastplätze	1.001-1.500	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20
Mastplätze	>1.500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80

Ferkelmarkt		Ferkelpartiengröße				
		50	100	200	300	500
Mastplätze	1-200	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Mastplätze	201-500	0,25	0,50	0,50	0,00	0,00
Mastplätze	501-1.000	0,00	0,50	0,40	0,30	0,00
Mastplätze	1.001-1.500	0,00	0,00	0,10	0,20	0,00
Mastplätze	>1.500	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00

Quelle: Haxsen, 2008, S. 7ff.; HONOLD, 2007, S. 44; Eigene Annahmen.

Anhang 22: Angaben zur Modellierung des Nutzkälberhandels in Modellregion 1

	Milcherzeuger Anzahl Milchkühe				
	1-20	21-50	51-100	101-150	>150
Absatzrhythmus	14	7	7	7	7
Direktabsatz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vermarktungsorganisation	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Kälbermarkt	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Kälbermast	0,50	0,05	0,50	0,50	0,50

Anzahl Mäster	Anzahl Kälber bei Absatz über Vermarktungsorganisation			
	2	3	4	>4
1	1,00	1,00	1,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,50
3	0,00	0,00	0,00	0,50
4	0,00	0,00	0,00	0,00

Anzahl Mäster	Anzahl Kälber bei Absatz über Kälbermarkt			
	2	3	4	>4
1	1,00	1,00	1,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,50
3	0,00	0,00	0,00	0,50
4	0,00	0,00	0,00	0,00

		D*	V**	K***
Zielregion	1	1,00	0,75	0,50
Zielregion	2	0,00	0,00	0,00
Export	5	0,00	0,25	0,50

Bullenmastplätze	1-50	0,20	0,20	0,30
Bullenmastplätze	51-75	0,20	0,20	0,40
Bullenmastplätze	76-100	0,20	0,20	0,30
Bullenmastplätze	101-150	0,20	0,20	0,00
Bullenmastplätze	>150	0,20	0,20	0,00

D* Direktabsatz
V** Vermarktungsorganisation
K*** Kälbermarkt

Quelle: Eigene Annahmen.

Anhang 23: Angaben zur Modellierung des Nutzkälberhandels in Modellregion 2

	Milcherzeuger				
	Anzahl Milchkühe				
	1-20	21-50	51-100	101-150	>150
Absatzrhythmus	14	7	7	7	7
	1-20	21-50	51-100	101-150	>150
Direktabsatz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vermarktungsorganisation	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Kälbermarkt	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Kälbermast	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Anzahl Kälber bei Absatz über Vermarktungsorganisation				
Anzahl Mäster	2	3	4	>4	
	1	1,00	1,00	1,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,50
	3	0,00	0,00	0,00	0,50
	4	0,00	0,00	0,00	0,00
	Anzahl Kälber bei Absatz über Kälbermarkt				
Anzahl Mäster	2	3	4	>4	
	1	1,00	1,00	1,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,50
	3	0,00	0,00	0,00	0,50
	4	0,00	0,00	0,00	0,00
	D*	V**	K***		
Zielregion	1	0,05	0,05	0,05	
Zielregion	2	0,60	0,60	0,60	
Zielregion	3	0,00	0,00	0,00	
Zielregion	4	0,00	0,00	0,00	
Export	5	0,00	0,35	0,35	
Bullenmastplätze	1-50	0,20	0,20	0,20	
Bullenmastplätze	51-75	0,20	0,20	0,20	
Bullenmastplätze	76-100	0,20	0,20	0,20	
Bullenmastplätze	101-150	0,20	0,20	0,20	
Bullenmastplätze	>150	0,20	0,20	0,20	
				0,20	
	D*	Direktabsatz			
	V**	Vermarktungsorganisation			
	K***	Kälbermarkt			

Quelle: Götz, 2007, S. 108; Eigene Annahmen.

Anhang 24: Parameter der Verteilungsfunktionen zur Modellierung von Handelsfutterlieferungen in Modellregion 1

	Anzahl Milchkuhplätze				
	1-10	11-30	31-50	51-100	>100
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	12	16	18	22	24
p	0,50	0,50	0,50	0,60	0,70
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	5	10	10	10	10
Mod	20	20	20	20	20
Max	30	30	30	30	30
	Anzahl Mastbullenplätze				
	1-10	11-30	31-50	51-100	>100
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	8	10	14	20	24
p	0,50	0,50	0,05	0,60	0,70
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	0	0	3	5	4
Mod	10	10	6	7	10
Max	12	12	9	10	12
	Anzahl Sauenplätze				
	1-10	11-30	31-50	51-100	>100
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	14	16	20	24	24
p	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	0	6	8	8	8
Mod	10	10	12	12	12
Max	12	12	14	14	14
	Anzahl Mastschweineplätze				
	1-25	26-100	101-500	501-1.000	>1.000
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	8	12	16	24	30
P	0,5	0,50	0,50	0,50	0,60
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	0	0	2	2	2
Mod	2	2	4	5	5
Max	4	4	6	8	8

Quelle: LFL, 2008a, o.S.; LFL, 2008b, o.S.; LFL, 2008c, o.S.; LFL, 2008d, o.S.; Eigene Annahmen.

Anhang 25: Parameter der Verteilungsfunktionen zur Modellierung von Handelsfutterlieferungen in Modellregion 2

	Anzahl Milchkuhplätze				
	1-10	11-30	31-50	51-100	>100
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	12	15	18	20	22
p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	5	10	10	10	10
Mod	20	20	20	20	20
Max	30	30	30	30	30
	Anzahl Mastbullenplätze				
	1-10	11-30	31-50	51-100	>100
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	8	10	14	20	24
p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	0	0	3	5	4
Mod	10	10	6	7	10
Max	12	12	9	10	12
	Anzahl Sauenplätze				
	1-10	11-30	31-50	51-100	>100
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	12	14	18	22	24
p	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	0	6	8	8	8
Mod	10	10	12	12	12
Max	12	12	14	14	14
	Anzahl Mastschweineplätze				
	1-25	26-100	101-500	501-1.000	>1.000
Futtermittellieferungen [im Jahr]					
n	8	12	16	24	30
p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60
Futtermittelbedarf je Platz [dt/Jahr]					
Min	0	0	2	2	2
Mod	2	2	4	5	5
Max	4	4	6	8	8

Quelle: LFL, 2008a, o.S.; LFL, 2008b, o.S.; LFL, 2008c, o.S.; LFL, 2008d, o.S.; Eigene Annahmen.

Anhang 26: Angaben zur Modellierung von Veterinärbesuchen in den Modellregionen

	Milcherzeuger				
	Anzahl Milchkühe				
	1-20	21-50	51-100	101-150	>150
Veterinärbesuche [im Jahr]	14	14	26	52	52

	Bullenmäster				
	Anzahl Mastplätze				
	1-20	21-50	51-100	101-150	>150
Veterinärbesuche [im Jahr]	6	12	18	24	30

	Ferkelerzeuger				
	Anzahl Zuchtsauen				
	1-10	11-50	51-75	76-100	>100
Veterinärbesuche [im Jahr]	8	16	22	30	52

	Schweinemäster				
	Anzahl Mastplätze				
	1-20	21-50	51-400	401-800	>800
Veterinärbesuche [im Jahr]	4	12	20	30	48

Quelle: SCHMITZ, 2009, o.S.; WILLMS, 2006, S. 43; Eigene Annahmen.

Anhang 27: Tierverluste im Modell für beide Modellregionen**Verfahren**

	Milchkuh	Mastbullen	Sauen	Mastschwein
Verluste im Jahr inklusive der Nachzucht	0,05	0,028	0,04	0,03

Quelle: LFL, 2008a, o.S.; LFL, 2008b, o.S.; LFL, 2008c, o.S.; LFL, 2008d, o.S.; Eigene Annahmen.

Anhang 28: Anzahl von Standorten des vor- und nachgelagerten Bereichs in den Modellregionen

Bezeichnung	Anzahl	
	Modelregion 1	Modellregion 2
Molkerei	2	2
Veterinär	8	4
Tierkörperbeseitigungsanstalten	2	2
Besamungstechniker (Rinder)	4	4
Futtermittellieferanten	4	2

Quelle: Eigene Annahmen.

Anhang 29: Kapazitäten des Personen- und Fahrzeugverkehrs im Modell

Vektor	Max. Strecke	Kapazität
Veterinär	300 km	10 Betriebe
Besamungstechniker	300 km	15 Betriebe
Futterlieferung	350 km	7 Betriebe
Milchsammelwagen	350 km	20 t
TBA-Fahrzeug	300 km	30 Betriebe

Quelle: SCHMITZ, 2009, o.S.; WILLMS, 2006, S. 43ff.; Eigene Annahmen.