

Abschätzung der aerogenen Verbreitung von Viren am Beispiel der Maul- und Klauenseuche

49. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Med. Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS)
19. Jahrestagung der Schweizerischen Gesellschaft für Medizinische Informatik (SGMI)
Jahrestagung 2004 des Arbeitskreises Medizinische Informatik (ÖAKMI)

Franz Rubel, Elisabeth Schachner

Innsbruck, Österreich, 26 - 30 September 2004

Biometeorologie und Mathematische Epidemiologie
Department für Naturwissenschaften, Veterinärmedizinische Universität Wien

Motivation

Bedrohungsszenarien durch Bioterror oder Tierseuchen erfordern Kenntnis der aerogenen Verbreitung von Viren.

Die Maul- und Klauenseuche (MKS)

ist eine ökonomisch bedeutende Tierseuche.

Schaden in Großbritannien 2001 mehr als 6 Mrd. Euro.

Global verbreitet - permanente Bedrohung.

Ziel der Berechnung der aerogenen Verbreitung von Viren

Ausweisung tierhaltender Betriebe, die unter Risiko stehen.

Optimierung der Seuchenbekämpfung.

Ziel der Seuchenbekämpfung - Erregerfreiheit



Keine prophylaktische Impfung

Stamping out

Tötung aller Klauentiere eines Seuchengehöfts

Slaughter of dangerous contacts

Präventive Keulung jener Herden, die zufolge epidemiologischer Untersuchungen mit dem Virus in Kontakt gekommen sind oder unter Risiko stehen, infiziert zu werden.

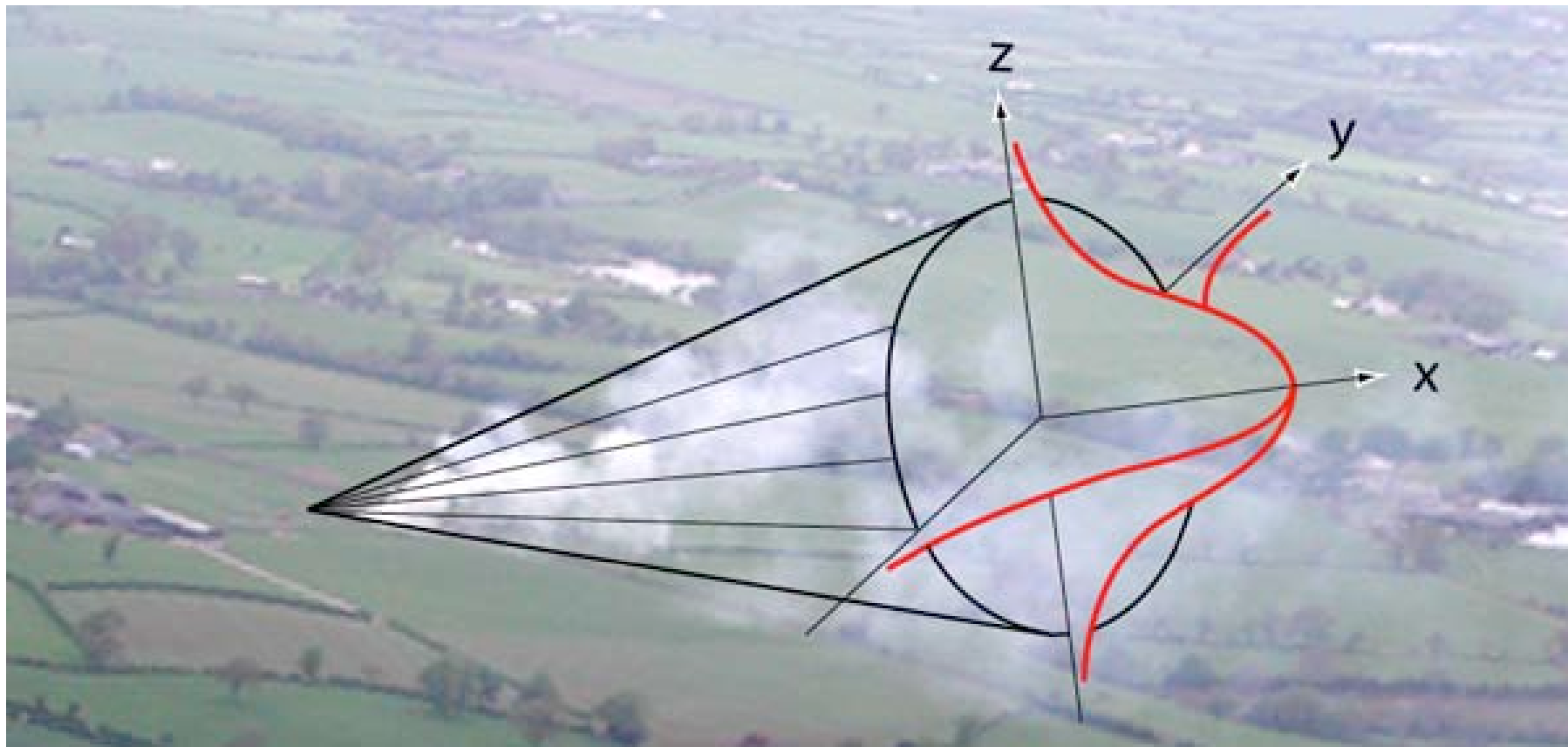
Seuchengerechte Entsorgung getöteter Tiere

Photo: Luftaufnahme während der MKS-Epidemie 2001, Großbritannien



Im Rahmen der MKS-Bekämpfung wurden 4 Mio. Tiere gekeult. Am Beispiel der Rauchfahnen lässt sich auch die aerogene Verbreitung von Viren veranschaulichen.

Prinzip der aerogenen Ausbreitung von Stoffen



Die **mittlere Konzentration C** in der Fahnen ist normalverteilt.
 C nimmt mit der Entfernung von der Quelle exponentiell ab.

Virus-Ausbreitungsmodell nach Gauß

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y(x) \sigma_z(x)} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2(x)} - \frac{(z - h)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right)$$

- $C(x, y, z)$ 3D Konzentrationsverteilung an MKS-Viren in TCID₅₀/m³
 Q Quelle, Virus-Emissionsrate in TCID₅₀/s
 h Höhe der Quelle in m
 u mittlere Windgeschwindigkeit (Meßhöhe 10 m) in m/s
 $\sigma_y(x), \sigma_z(x)$ horizontaler und vertikaler Dispersionsparameter abhängig von der atmosphärischen Stabilität (stabil, neutral oder labil)

TCID₅₀ = 50 % Tissue Culture Infectious Doses

Emissionsraten für verschiedene Spezies

Tag der klinischen Symptome	Rinder	Schafe	Schweine
	logTCID ₅₀ /day		
-2		3.4	
-1		4.6	
±0	3.5	5.1	4.3
+1	4.5	4.0	8.6
+2	5.1	3.2	8.6
+3	4.7	2.7	7.1
+4	4.1	2.4	5.4

Die Menge der emittierten Viren hängt vom Krankheitsstadium und der Tierart ab. Werte in der Tabelle nach Sørensen (2000).

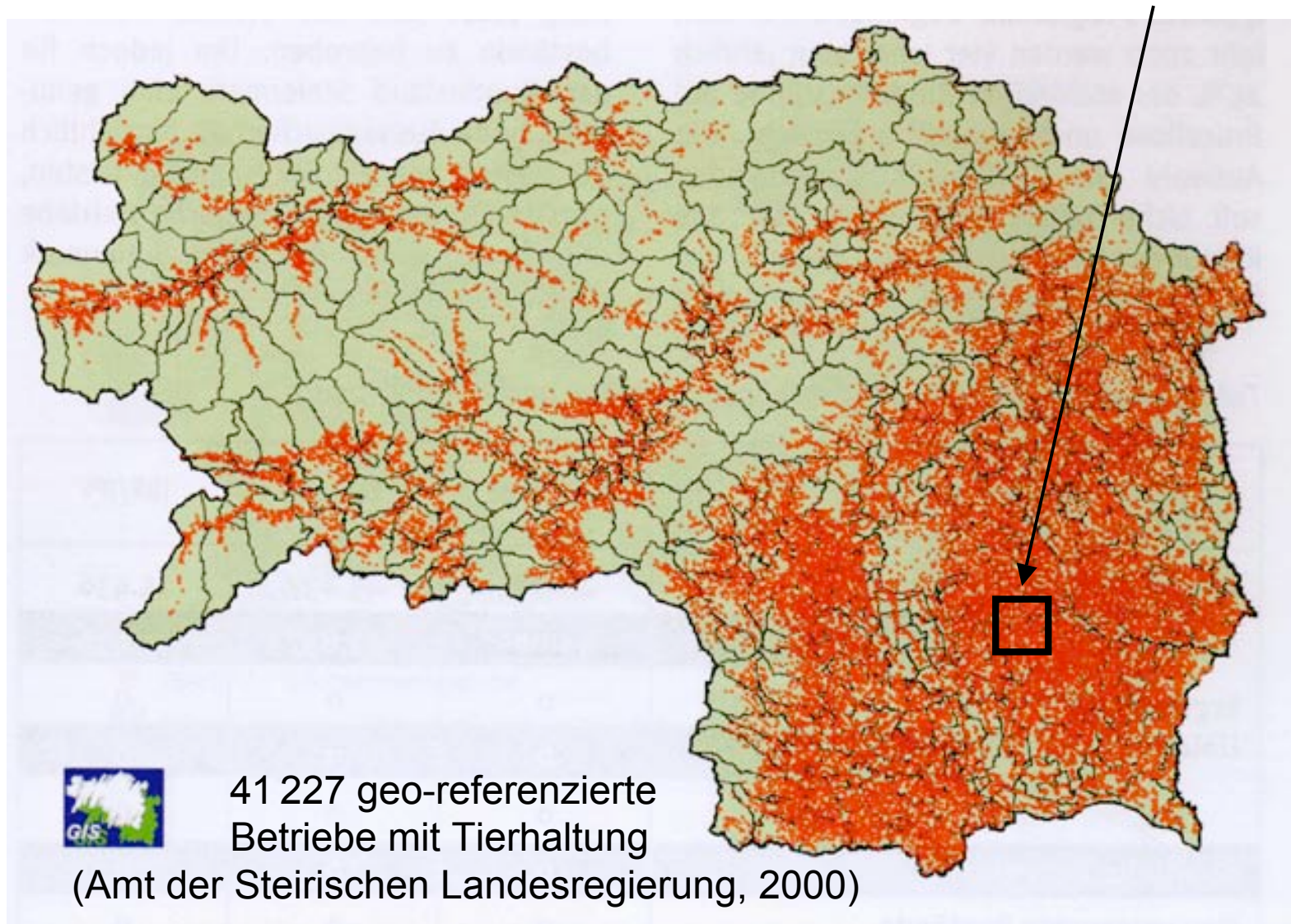
Minimale Infektionsdosis (ID), Inhalationsrate und Grenzwertkonzentration

Spezies	Minimale ID TCID ₅₀ /day	Inhalationsrate m ³ /day	C _{Grenzwert} TCID ₅₀ /m ³
Rinder	10	173	0.06
Schweine	400	52	7.70
Schafe	10	9	1.11

- Minimale ID und Inhalationsrate sind aus Experimenten bekannt (z.B. Sørensen, 2000).
- Daraus kann die Grenzwertkonzentration für eine MKS-Infektion berechnet werden.

Fallstudie Steiermark, 25. April 2003

10 infizierte Schweine



Ergebnis Entfernung in Windrichtung, für die verschiedene Spezies unter Risiko stehen, infiziert zu werden.

Zeit UTC	Q log TCID ₅₀ /day	Fälle -	Feuchte %	Wind m/s	Stabilität Klasse	Rinder m	Schafe m	Schweine m
06:00	8.6	10	85.2	1.83	5	4 500	600	170
07:00	8.6	10	73.4	1.62	3	1 000	190	70
08:00	8.6	10	59.7	1.85	3	1 000	200	70
09:00	MKS Virus inaktiv da relative Feuchte < 55 %							
...								
18:00								
19:00	8.6	10	59.3	1.83	4	2 000	300	100
20:00	8.6	10	68.6	1.86	5	4 500	600	170
21:00	8.6	10	72.4	1.22	6	12 000	1 300	330
22:00	8.6	10	75.8	0.62	6	9 000	1 100	270
23:00	8.6	10	74.7	0.57	6	9 000	1 000	260
00:00	8.6	10	76.4	0.20	6	7 000	800	200

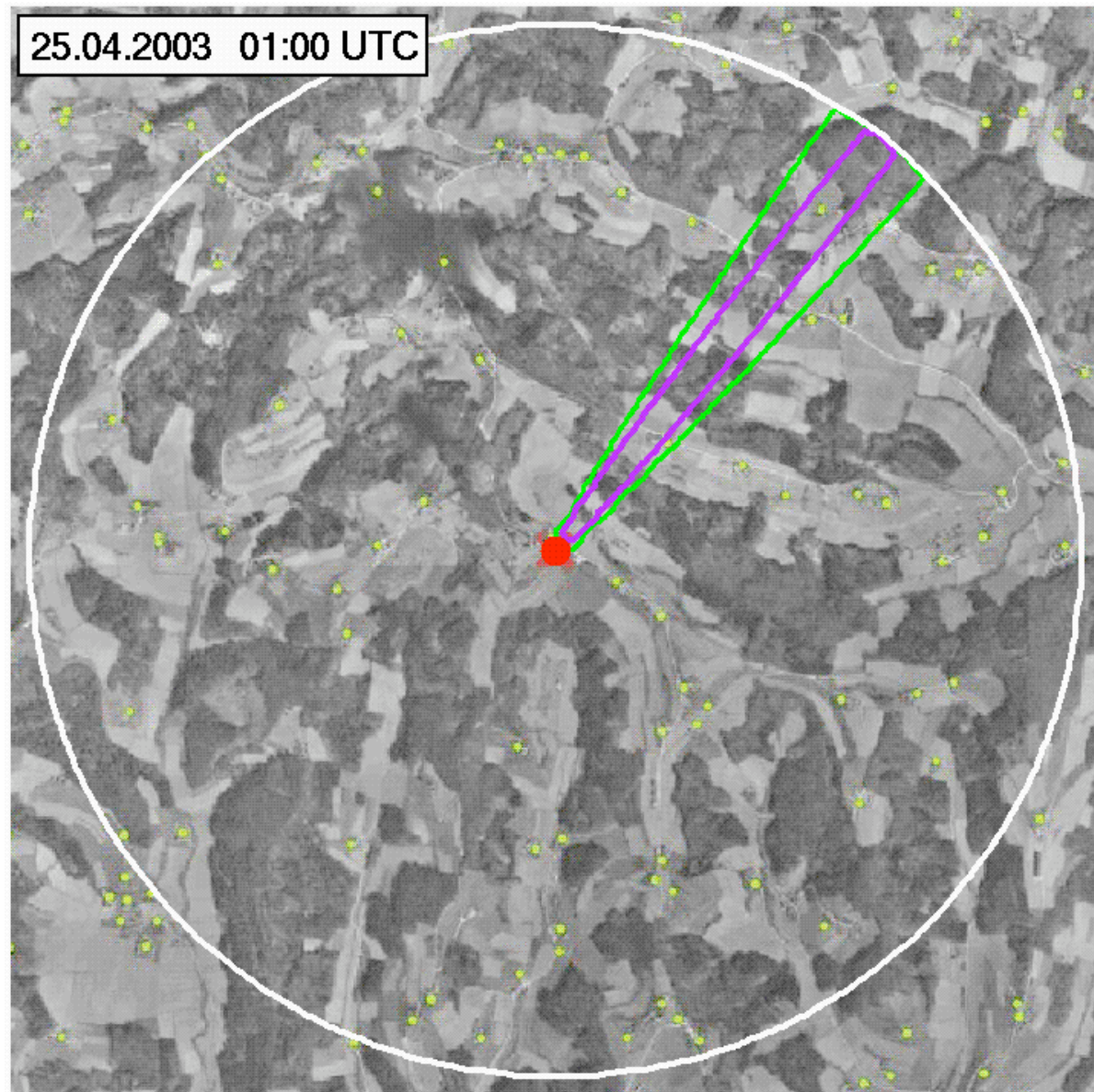
Ergebnis

Raum-zeitliche
Darstellung der
Virus-Fahne, aus-
gehend von einem
Betrieb im Zentrum der

3 km Schutzzone

Risikogebiete für:

-  Schweine
-  Schafe
-  Rinder



Aussicht

Anwendung des epidemiologischen Modells

im Rahmen der MKS-Echtzeitübung im November 2004, mit simulierten Ausbrüchen in der Steiermark und im Burgenland.

Übung ist vorgeschrieben von der Europäischen Union, steht unter internationaler Beobachtung.

Implementierung eines Lagrange'schen Partikelmodells

Realistischere Beschreibung der Virus-Verbreitung im orographisch strukturierten Gelände.