

Austrian Contributions to
Veterinary Epidemiology

Volume 1

Prozessmodelle in der Veterinär-Epidemiologie

Franz Rubel ¹⁾

¹⁾ **Corresponding author:** A. Univ.-Prof. Dr. Franz Rubel, Department of Natural Sciences
University of Veterinary Medicine Vienna, Veterinärplatz 1, A-1210 Vienna. Tel: +43 1 25077
4325, Fax: +43 1 25077 4390, Email: franz.rubel@vu-wien.ac.at

Vienna 2005

DNW
ISSN 1684-0488
ISBN 3-9502042-0-2

The general objective is to promote and extend the use of statistical and mathematical methods in veterinary epidemiology. Special emphasis is given on methods and results. Monographs, paper collections or conference proceedings will be published in German as well as in English in the Austrian Contributions to Veterinary Epidemiology if judged consistently with these general aims. All contributions will be refereed.

IMPRINT

- Editors Franz Rubel
Department of Natural Sciences, University of Veterinary Medicine Vienna
- Klemens Fuchs
Institute of Applied Statistics and System Analysis, Joanneum Research, Graz
- Editorial office Michael Bernkopf
Public Relations, University of Veterinary Medicine Vienna
- Advisory board Jenő Reiczigel, Dep. of Biomathematics and Informatics, Szent Istvan University, Hungary
Armin Deutz, Animal Health Service, Graz, Austria
Günther Schauburger, Dep. of Natural Sciences, University of Veterinary Medicine Vienna
- Print Typeset by authors in \LaTeX
Printed and bound by digitaldruck.at Druck- und HandelsgesmbH
A-2544 Leobersdorf, Eitzenbergerstr. 8
- Publisher Department für Naturwissenschaften (DNW), Veterinärplatz 1, A-1210 Wien
- © DNW All rights reserved

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Einleitung	13
1.1 Motivation	13
1.2 Der Begriff des Modells	14
2 Klassifizierung und Entwicklung von Modellen	17
2.1 Grundlegende Modelle der Populationsbiologie	17
2.1.1 Das exponentielle Wachstumsmodell	17
Übung: Exponentielles Wachstum	18
2.1.2 Das logistische Wachstumsmodell	20
Übung: Logistisches Wachstum	20
2.2 Klassifizierung von Epidemiemodellen	22
2.2.1 Empirische und theoretische Modelle	22
2.2.2 Diskrete und kontinuierliche Modelle	23
2.2.3 Deterministische und stochastische Modelle	25
2.3 Entwicklung von Epidemiemodellen	26
2.3.1 Beschreiben des Systems	26
2.3.2 Implementieren der Gleichungen	27
Übung: Numerische Lösung - ODE exponentielles Wachstum	28
Übung: Numerische Lösung - ODE logistisches Wachstum	28
Übung: Runge-Kutta Verfahren mit ODE_RK4	31
2.3.3 Testen und Verbessern	32
2.3.4 Experimentieren	32
2.3.5 Anwenden - Verwendung von Modellergebnissen	33
2.4 Zufallszahlen zur Erzeugung stochastischer Modellkomponenten	33
2.4.1 Beschreibung stochastischer Prozesse	33
Übung: Häufigkeitsverteilung - Schlachtung von MKS-Fällen	34
Übung: Häufigkeitsverteilung - Inkubationszeit der Tollwut	36
2.4.2 Berechnung von Zufallszahlen mit definierter Verteilung	37
Übung: Erzeugung von Zufallszahlen	38
Übung: Normalverteilte Zufallszahlen	38
Übung: Exponentialverteilte Zufallszahlen	38
3 Modelle für Infektionskrankheiten	43
3.1 Klassifikation in Modelle für mikro- und makroparasitäre Infektionen	43
3.2 SIR-Modelle	44

3.3	Diskrete Modelle mit konstanter Infektionswahrscheinlichkeit	45
3.3.1	Ein einfaches SIR-Modell	45
	Übung: Einfaches SIR-Modell	47
3.3.2	Ein einfaches SIR-Modell formuliert als Markovkette	48
	Übung: Gewöhnliches SIR-Modell	51
	Übung: Erweitertes SIR-Modell	51
3.3.3	Allgemeine Formulierung von Matrizenmodellen	52
3.4	Diskrete Modelle mit dynamischer Infektionswahrscheinlichkeit	54
3.4.1	Das klassische Reed-Frost-Modell	54
	Übung: Deterministisches Reed-Frost-Modell	56
3.4.2	Ein Reed-Frost-Modell zur Simulation von Impfprogrammen	57
	Übung: Stochastisches Reed-Frost-Modell mit Impfung	61
3.4.3	Auswertung stochastischer Simulationen	61
	Übung: Ensembleprognose	61
	Übung: Ensembleprognose - statistische Auswertung	64
3.5	Kontinuierliche Epidemiemodelle	67
3.5.1	Infektionsübertragung	67
3.5.2	Epidemiemodell einer geschlossenen Population	68
	Übung: Finale Populationsgröße	73
	Übung: Durchimpfungsgrad	73
3.5.3	Epidemiemodell einer offenen Population	75
3.5.4	Basisreproduktionszahlen für verschiedene Infektionskrankheiten	76
4	Anwendungen aus der Veterinärmedizin	79
4.1	Übersicht	79
4.2	Mastitis	81
	4.2.1 Medizinischer Hintergrund	81
	4.2.2 Ein Matrizenmodell für Multi-Agens Mastitis	81
	Übung: Multi-Agens Mastitis Modell	82
4.3	Maul- und Klauenseuche	84
	4.3.1 Medizinischer Hintergrund	84
	4.3.2 Bekämpfung	85
	4.3.3 Ein Matrizenmodell mit dynamischer Übergangsmatrix für MKS	86
	Übung: Maul- und Klauenseuche Modell	89
4.4	Seehundstaupe, Phocine Distemper Virus (PDV)	92
	4.4.1 Medizinischer Hintergrund	92
	4.4.2 Ein kontinuierliches Modell zur Beschreibung der Seehundstaupe	93
	Übung: Anpassung des Staupe Modells an die Epidemie 1988	96
	4.4.3 Modellierung der Langzeitdynamik von Seehundstaupe-Epidemien	98
	Übung: Langzeitdynamik der Seehundstaupe	99
	Übung: Abschätzung des Ausmaßes erneuter Staupeausbrüche	103
4.5	Fuchstollwut	105
	4.5.1 Epidemiologie und Kontrolle	105
	4.5.2 Ein Epidemiemodell zur Langzeitdynamik der Tollwut	107
	Übung: Diskretes Tollwutmodell	108

4.5.3	Sensitivitätsanalyse des diskreten Tollwutmodells	109
4.5.4	Ein Tollwutmodell zur Simulation der Immunisierung von Füchsen .	111
	Übung: Kontinuierliches Tollwutmodell mit Impfung	113
5	Vorhersagbarkeit und Chaos	117
5.1	Bifurkationspunkte	117
	Übung: Chaotisches Verhalten des diskreten logistischen Modells . .	119
	Übung: Kleine Ursache - große Wirkung: Schmetterlingseffekt . . .	119
5.2	Attraktoren	120
	Übung: Seltsame Attraktoren	122
	Übung: Selbstähnlichkeit und Skaleninvarianz	124
5.3	Lyapunov-Exponenten	125
	Übung: Lyapunov-Exponenten für das diskrete logistische Modell .	125
	Literatur	127
	Glossar	133