

Die Pestepidemie im Mittelalter

Peter Bützer

Inhalt

1	Einleitung/Theorie.....	1
1.1	Der Rattenfänger von Hameln.....	2
1.2	Pestarten	2
1.3	Datenbasis	3
1.4	Aufgabenstellung	3
1.5	Durchführung	3
2	Lösung am Beispiel der Stadt Wil (Kt. St. Gallen).....	4
2.1	Beobachtungen	4
2.2	Modell	5
2.3	Folgerungen.....	5
2.4	Simulation (Typ 3 und Typ 4).....	5
	Simulationsdiagramm.....	5
	2. Zeitdiagramm	6
	2. Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	6
	2. Vergleich von Sterbetafel und Simulation	7
3	Interpretation	7
4	Literatur.....	8

1 Einleitung/Theorie

Eine Epidemie ("Seuche") ist ein massenhaftes Auftreten einer Krankheit innerhalb einer Population. Oftmals handelt es sich um Infektionskrankheiten. Eine Epidemie ist zeitlich und räumlich begrenzt. Wenn sie sich länderübergreifend oder gar weltweit ausbreitet, spricht man von einer Pandemie.

Das Wort Epidemie kommt aus dem Griechischen von epi (=über) und demos (=Volk). Das Wort Seuche dagegen ist gotischen Ursprungs (siukei, mittelhochdeutsch siuche) und damit verwandt mit Siechtum. Es wird heute meist für epidemisch auftretende Tierkrankheiten (z. B. Maul- und Klauenseuche) verwendet.

Epidemische Krankheiten sind beispielsweise Cholera, Grippe, Typhus und Pest. 2003 kam die möglicherweise als Epidemie zu bezeichnende Krankheit SARS hinzu und heute spricht man über Vogel- und Schweinegrippe¹.



Abbildung 1: Arnold Böcklin „Die Pest“

1.1 *Der Rattenfänger von Hameln*

In Hameln fochten Mäus und Ratzen
 Bey hellem Tage mit den Katzen,
 Es war viel Noth, der Rath bedacht,
 Wie andre Kunst zuweg gebracht.
 Da fand sich ein der Wundermann,
 Mit bunten Kleidern angethan,
 Pfif Ratz und Mäus zusamm ohn Zahl,
 Ersäuft sie in der Weser all.
 (Gebrüder Grimm²)



Abbildung 2: „Siechenkapeli“ in Altstätten, auf dem Grundstück des alten Siechenhauses gebaut, das 1490 erstmals erwähnt ist. Hier haben die Aussätzigen ihre Betstunden gehalten. In mehreren Wellen zog der schwarze Tod durch das Rheintal. 1594 raffte er 330 Personen, ungefähr einen Viertel der Bevölkerung von Altstätten weg. Im weiteren Pestjahr 1620 wurde die Kapelle renoviert.

Am Beispiel der Pest im Mittelalter soll ein grundsätzliches Verständnis für die Geschwindigkeit der Ausbreitung dieser Krankheit gewonnen werden. In Europa hat keine andere Seuche zwischen dem 14. und 18. Jahrhundert so viele Opfer gefordert, wie der schwarze Tod³. Von 1347 bis 1351 erlagen dem Schwarzen Tod schätzungsweise 75 Millionen Menschen - mehr als ein Drittel der europäischen Bevölkerung. Die Pestepidemien im 14. Jahrhundert trafen vor allem gesundheitlich angeschlagene Menschen⁴. Die Stadt St. Gallen wurde zwischen 1500 und 1640 vierzehn Mal von der Pest heimgesucht. Auch Altstätten blieb von dieser Geißel nicht verschont⁵. Auslöser war vermutlich das Bakterium *Yersinia pestis*, das auch heute noch jährlich 100 bis 200 Opfer fordert.

1.2 *Pestarten*

Man unterscheidet drei Erscheinungsformen der Pest: die Beulenpest, die Lungenpest sowie die Pestsepsis.

Beulenpest: Bei der Beulenpest, auch Bubonenpest genannt, erfolgt die Ansteckung gewöhnlich durch den Biss des Rattenfloh. Wenn ein Floh seinen Wirt wechselt und diesen beißt, überträgt er Bakterien (*Yersinia pestis*) und Krankheitskeime auf ihn. Der Name Beulenpest stammt von den stark geschwollenen Lymphknoten (Beulen) am Hals, in den Achselhöhlen und in den Leisten. Die *Inkubationszeit* liegt bei 2-6 Tagen, dann treten hohes Fieber und schmerzhaftes Lymphknotenschwellung auf (Bubonen). Die *Sterblichkeitsrate* beträgt bei unbehandelten Patienten 75 Prozent. Beulenpest ist heute jedoch bei frühzeitiger Erkennung gut mit Antibiotika zu behandeln. Die Beulenpest verbreitet sich im Winter langsamer als im Sommer, da der Überträgerfloh bei Temperaturen unter 12°C in eine Kältestarre fällt. Der epidemische Höhepunkt dieser Pestart war wegen der Flohreproduktion stets im Herbst. *Yersinia* bleibt in getrockneten Sekreten und Blut ca. 3 Wochen infektiös. Inaktivierung durch Hitze.

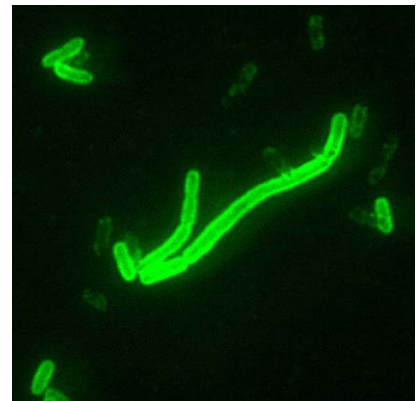


Abbildung 3: *Yersinia pestis* im Fluoreszenz-Mikroskop mit Fluoreszenz-markiertem Antikörper gegen ein Kapsel-Antigen.

Lungenpest: Die Lungenpest kann sich im Verlauf der Beulenpest entwickeln, wenn die Erreger in die Blutbahn geraten (man spricht dann von einer sekundären Lungenpest), sie kann aber auch durch eine Tröpfcheninfektion von Mensch zu Mensch übertragen werden (primäre Lungenpest). Infizierte leiden oft an hohem Fieber, Schüttelfrost, Husten mit

blutigem Auswurf und Atembeschwerden. Die Krankheit verläuft heftiger, weil die Abwehrbarrieren der Lymphknoten durch direkte Infektion der Lunge umgangen werden. Die *Inkubationszeit beträgt nur 1-2 Tage*, die *Sterblichkeitsrate liegt hier bei 95 Prozent*.

Pestsepsis: Die Pestsepsis entsteht durch Infektion des Blutes. Dies kann sowohl durch Infektion von aussen, zum Beispiel offene Wunden, geschehen, wie auch als Komplikation aus den beiden anderen Formen, zum Beispiel durch Platzen der Pestbeulen nach innen. Pestsepsis ist praktisch immer tödlich, in der Regel spätestens nach 36 Stunden. Heute kann durch die Behandlung mit Antibiotika die Sterblichkeit deutlich gesenkt werden.

Kontagionsindex, Infektionsindex; engl.: index of contagion. Dieser ist in der Epidemiologie die Erkrankungs-, Krankheitshäufigkeit, d.h. die Zahl der an einer Infektionskrankheit erkrankten (nicht-immunen) Personen, bezogen auf 100 der Infektion ausgesetzte »Kontaktpersonen«.

1.3 Datenbasis

1.4 Aufgabenstellung

Man suche Daten einer Pestepidemie in einer Stadt (der schwarze Tod) und stelle diese im zeitlichen Verlauf dar.

Tabelle 1: Sterbetafel der Stadt Wil im Jahre 1611 (Kt.St.Gallen, Schweiz)

Monat	Anzahl Tote
März	0
April	10
Mai	12
Juni	21
Juli	80
August	260
September	310
Oktober	55
November	10
Dezember	0

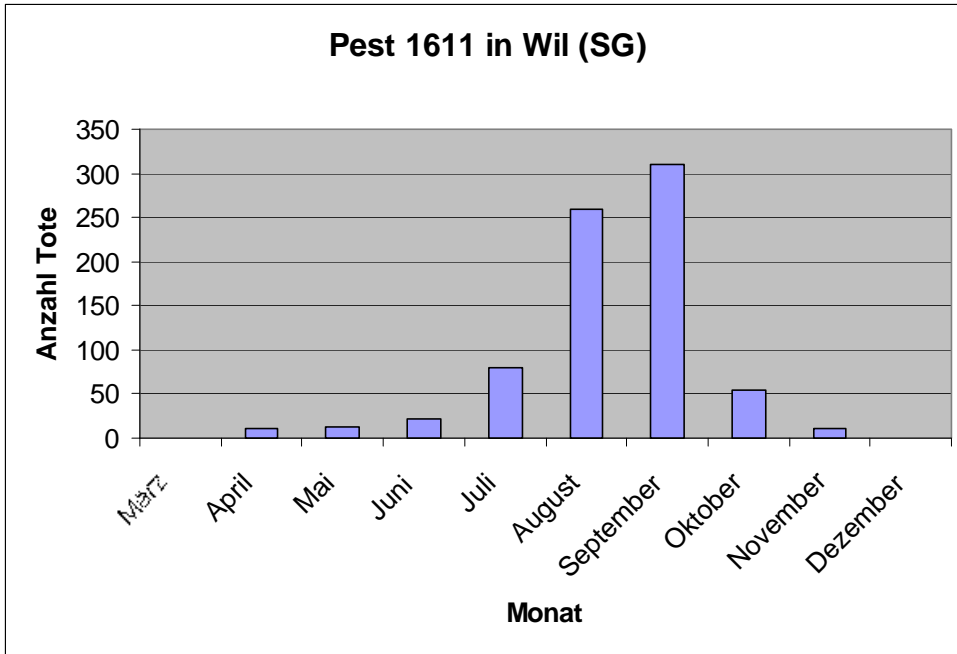
1.5 Durchführung

Die Sterbetafeln sind genau anzusehen um wenn möglich daraus abzuleiten, um welche Art Pest es sich gehandelt haben könnte. Die entsprechenden Parameter sind aus den obigen Angaben zu entnehmen.

2 Lösung am Beispiel der Stadt Wil (Kt. St. Gallen)

2.1 Beobachtungen

Für die Stadt Wil (Kt. St. Gallen, Schweiz) wurden bei einer Ausstellung im Ortsmuseum die folgenden Daten gefunden:



Die Stadt Wil hatte damals in der näheren Umgebung ca. 2000 Einwohner.

Abbildung 4: Todesfälle durch die Pest in Wil⁶

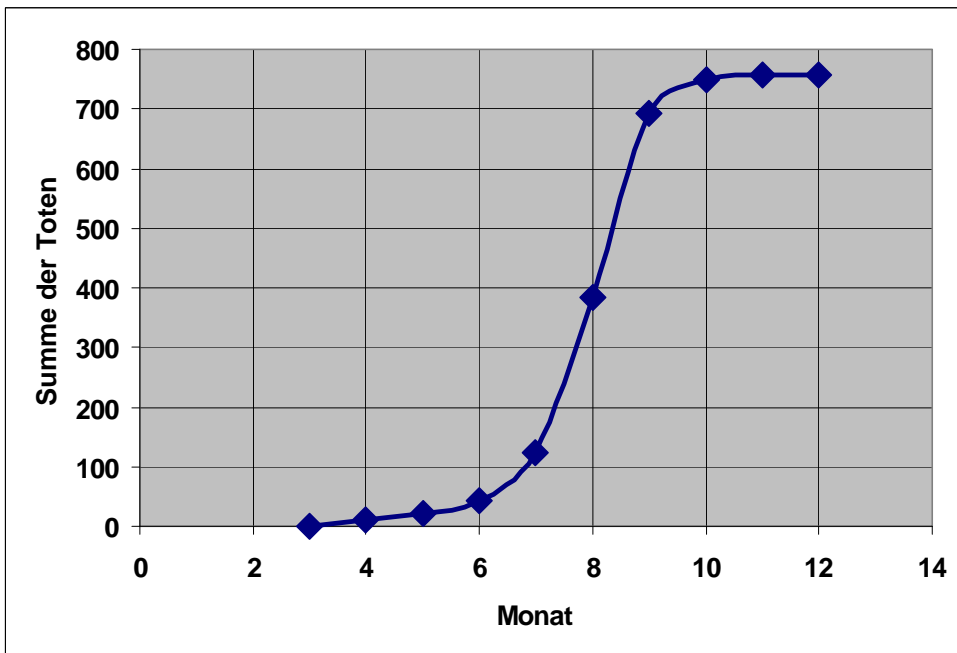


Abbildung 5: Summenkurve der Todesfälle in Wil durch die Pest (nach den Sterbetafeln)

(Andere Quellen geben in Wil für 1611 888 Pesttote an, 1635 war ein Jahr mit 363 Toten.)

2.2 Modell

Man überlege sich, wie das zeitliche Verhalten sein könnte, mit dem sich eine Epidemie ausbreiten kann (Dynamik).

2.3 Folgerungen

Die Daten zeigen das Auftreten der Seuche im Herbst, was darauf hinweisen könnte, dass es sich um die Beulenpest gehandelt hat.

Verantwortlich für die Pest ist der Bazillus (Stäbchen) *Yersinia pestis*, der von Flöhen mit dem Stich übertragen wird. Nager, vor allem Ratten sind Träger dieser Flöhe (Hinweis auf den Rattenfänger von Hammeln)⁷. Da dieser Übertragungsmechanismus ziemlich schwierig zu simulieren ist, geht man von einem Modell aus, das die Übertragung von den Infizierten auf die Gesunden direkt beschreibt, aber über einen umfassenden Parameter (Kontagionsindex, Infektionsindex) erfasst wird.

2.4 Simulation¹ (Typ 3 und Typ 4)⁸

Man simuliere die Ausbreitung der Pest so, dass die obige Sterbetafel einigermaßen korrekt modelliert ist (Beispiele von Simulationen^{9, 10}).

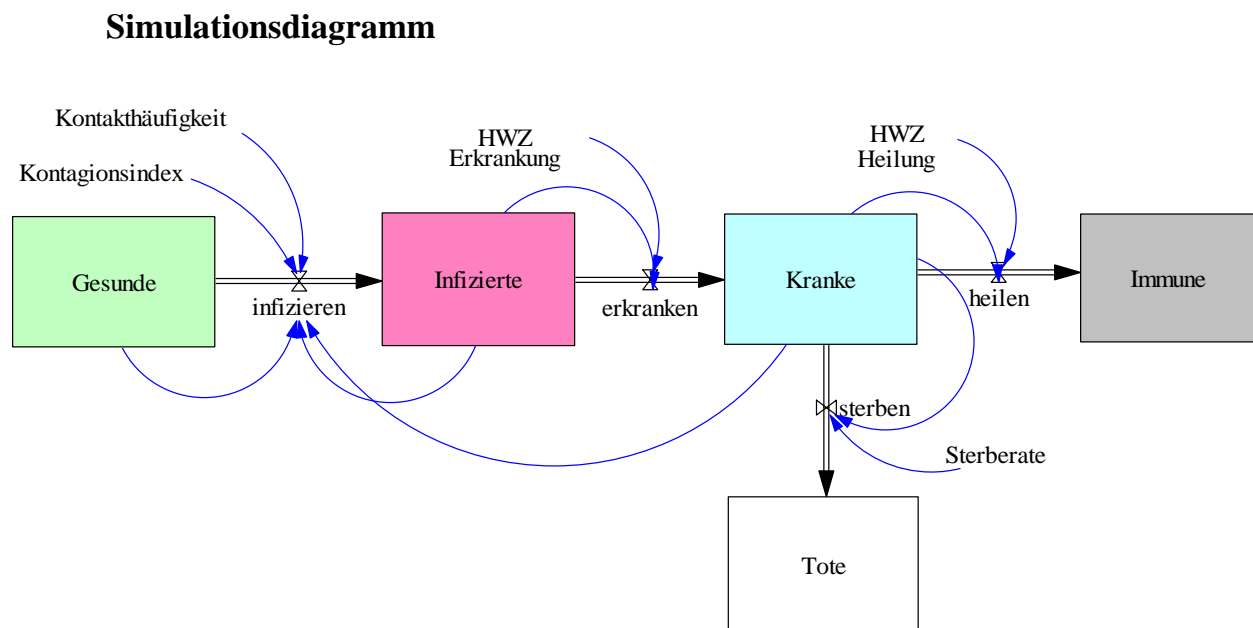


Abbildung 6: Simulationsdiagramm der Ausbreitung einer Seuche durch Übertragung von Mensch zu Mensch (mit Vensim® PLE)¹¹

¹ Simulations-Software: Vensim® PLE, Ventana Systems, Inc., <http://www.vensim.com/>

2. Zeitdiagramm

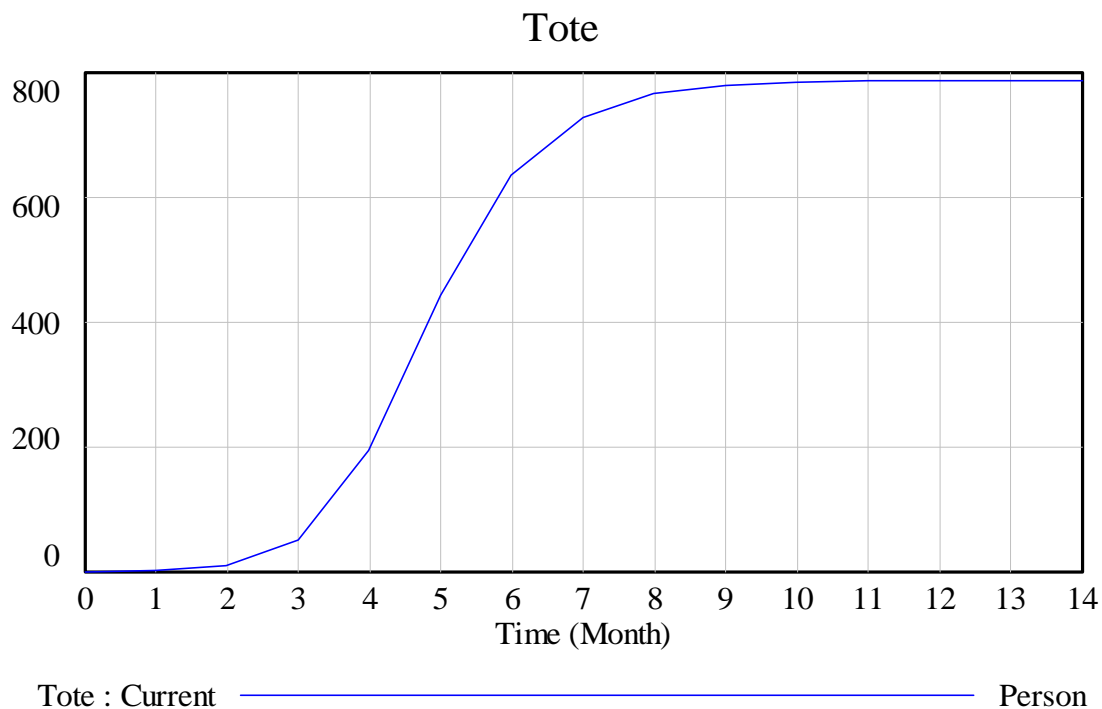


Abbildung 7: Zeitdiagramm der Todesfälle durch die Pest in Wil um 1611

Es sind 2000 Personen angenommen, die vom Sterberegister in Wil erfasst wurden (entspricht etwa der Grösse dieser Stadt zu dieser Zeit).

2. Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

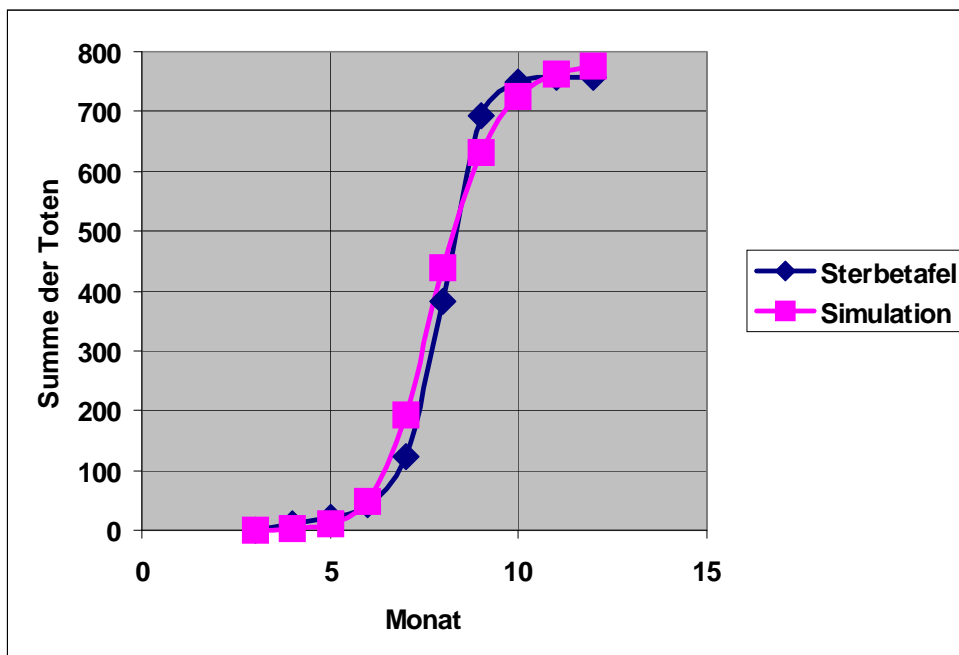
- (01) $\text{erkranken} = \text{LN}(2)/\text{HWZ Erkrankung} * \text{Infizierte}$
Units: Person/Month [0,?]
- (02) $\text{FINAL TIME} = 14$
Units: Month
The final time for the simulation.
- (03) $\text{Gesunde} = \text{INTEG}(-\text{infizieren}, 2000)$
Units: Person [0,?]
Anzahl Einwohner
- (04) $\text{heilen} = \text{LN}(2)/\text{HWZ Heilung} * \text{Kranke}$
Units: Person/Month [0,?]
- (05) $\text{HWZ Erkrankung} = 0.1$
Units: Month [0,1]
- (06) $\text{HWZ Heilung} = 0.82$ (Annahme¹²)
Units: Month [0,2]
- (07) $\text{Immune} = \text{INTEG}(\text{heilen}, 2)$
Units: Person [0,?]
- (08) $\text{infizieren} = \text{Kontakthäufigkeit} * \text{Kontagionsindex} * \text{Gesunde} * (\text{Infizierte} + \text{Kranke})$
Units: Person/Month [0,?]
- (09) $\text{Infizierte} = \text{INTEG}(\text{+infizieren-erkranken}, 1)$
Units: Person [0,?]
- (10) $\text{INITIAL TIME} = 0$
Units: Month
The initial time for the simulation.
- (11) $\text{Kontagionsindex} = 0.8$

Units: Dmnl [0,1,0.9]

Als Kontagionsindex - von lat.: contagium (Ansteckung) und index (Anzeiger) - wird eine Maßzahl bezeichnet, mit der in der Epidemiologie auf die Wahrscheinlichkeit einer erkennbaren und nicht erkennbaren Erkrankung durch den Kontakt mit einem bestimmten Erreger hingewiesen wird. So gibt ein Kontagionsindex von 0,8 an, dass 80 % der mit dem Erreger in Kontakt gekommenen Personen (oder im weiteren Sinne: Lebewesen) erkranken.

- (12) Kontakthäufigkeit= 0.00175 (Annahme)
Units: 1/(Person*Month) [0,0.005]
Kontakthäufigkeit einer Gesunden Person mit einer Infizierte oder kranken Person pro Monat, bei den 2000 Gesunden Personen sind das am Anfang ca. 1 Kontakt pro Woche.
- (13) Kranke= INTEG (erkranken-heilen-sterben, 0)
Units: Person [0,?]
- (14) SAVEPER = 1
Units: Month [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (15) sterben= Sterberate*Kranke
Units: Person/Month [0,?]
- (16) Sterberate= 0.75
Units: 1/Month [0,1,0.05]
- (17) TIME STEP = 0.01
Units: Month [0,?]
The time step for the simulation.
- (18) Tote= INTEG (sterben, 0)
Units: Person [0,?]

2. Vergleich von Sterbetafel und Simulation



3 Interpretation

Die Simulation zeigt, dass noch **2 Parameter** bleiben, welche frei sind: der Kontagionsindex (0.0014) und die Heilungsrate (0.85). Der erste Wert ist kaum zu bestimmen, er sagt in unserer Simulation lediglich aus, dass die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der Gesunde erkrankt sind nicht sehr hoch war – bei der grossen Zahl Leute ist das dann trotzdem beachtlich rasch. Für die Erkrankung waren 2 Prozesse massgebend, Erkrankte und die Übertragung der Erkrankung durch die Rattenflöhe auf Gesunde.

Die Heilungsrate ergibt eine durchschnittliche Zeit für die Heilung von 24 Tagen, was als realistisch betrachtet werden kann.

Interessant ist, dass die **Massnahmen gegen die Pest** auch nur an diesen beiden Parametern eingreifen konnten – erstens Desinfektion, weniger Ratten als Träger der Flöhe, weniger Kontakte der Kranken (Isolation) und raschere Heilung (bessere Pflege, Nahrung).

Isoliert und von Freiwilligen gepflegt wurden Pest-Kranke in der Regel im Siechenhaus im Gebiet der Rudenzburg, vor dem äusseren unteren Tor – beide wichtigen Massnahmen wurden damals ergriffen. Mit Pestmandaten auf die Gefahren für die Pflegenden hingewiesen und einige Verhaltensregeln, wie das Reiseverbot aufgestellt.

Das der Simulation zugrunde gelegte Modell scheint die wesentlichen Faktoren einer Pestepidemie recht gut zu erfassen. Die Pest lässt sich mit den üblichen Antibiotika wie Streptomycin behandeln, trotzdem erkranken weltweit noch heute etwa 3000 Personen pro Jahr¹³.

4 Folgerung

Dieses Modell der Ausbreitung einer Seuche kann selbstverständlich mit einem entsprechenden Differentialgleichungs-System beschrieben werden, dessen Lösungen jedoch ausserordentliche mathematische Fertigkeiten voraussetzt. Die visuelle Darstellung mit dem Simulationsdiagramm, die einfache Formulierung der Flüsse und die numerische Lösung durch die Software, die Systemdynamik, verschaffen einen Zugang zu wichtigen Problemen, die früher nur sehr wenigen Spezialisten vorbehalten war.

5 Literatur

¹ Kolata Gina, Influenza, Die Jagd nach dem Virus, Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main, 2001

² Jakob Ludwig Karl Grimm (1785-1863), Wilhelm Karl Grimm (1786-1859)

³ Schreiber W., Mathys F.K., Infectio, Editiones <Roche>, Basel 1986, 11

⁴ DeWitte Sharon N., Wood James W., Selectivity of Black Death mortality with respect to preexisting health, PNAS February 5, 2008 vol. 105 no. 5, p. 1436-1441

⁵ Rohner W., Müller H., Altstätten im Wandel der Zeit: Zurück zum Ursprung, Der Rheintaler, Mittwoch 23. März 1988, S.8

⁶ Grüebler W., Pest in Wil (Kt. St.Gallen), 14.5.1997 (Ortsmuseum Wil, Ausstellung)

⁷ Schreiber W., Mathys F.K., Infectio, Editiones <Roche>, Basel 1986, 21, 30

⁸ Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S. 50ff und 57ff

⁹ The Shodor Education Foundation, Inc., Flu Epidemic Model, www.shodor.org/succeed/models/java/flu/, 2004-08-02

¹⁰ Shiflet A. Shiflet G.. 2002. Modeling Malaria.

www.woffordcollege.org/ecs/scientificprogramming/ModelingMalaria/material.htm, 2004-08-02

¹¹ Vensim © PLE, Simulationssoftware, Ventana Systems Inc., <http://www.vensim.com/download.html>, 2007-12-12

¹² Pustelnik T., Mikrobiologie - eine militärische und militärmedizinische Herausforderung, http://www.bmlv.gv.at/pdf_pool/publikationen/09_vu3_04_mbh.pdf#search=%22Kontagionsindex%20pest%22, 2009-08-30

¹³ Chase Marilyn, Researchers in Britain Have Determined the Genetic Sequence of Bubonic Plague, Wall Street Journal 4 Oct 2001 (<http://www.mindfully.org/GE/GE3/Bubonic-Plague-Sequenced.htm>)