

Die Endphase der Tollwut in der Schweiz

U. Breitenmoser, U. Müller, A. Kappeler¹, R.G. Zanoni

Schweizerische Tollwutzentrale, Institut für Veterinär-Virologie und ¹Pathologisches Institut der Universität Bern

Zusammenfassung

Seit Mitte 1989 beschränkte sich die Tollwut in der Schweiz auf den Jura. Auch dort erlosch der letzte endemische Seuchenherd 1990, aber eine Reinfektion im gleichen Jahr hatte ein Wiederaufflackern der Tollwut zur Folge. Bis 1994 stieg die Zahl der Fälle wieder auf 225 an. Eine intensivierte Bekämpfung der Seuche durch Doppelimpfungen sowie erhöhte Impfköderdichte und zusätzliche Impfungen der Jungfuchse am Bau bewirkten einen raschen Rückgang der Fallzahl in den Jahren 1995 (25 Fälle) und 1996 (6 Fälle). Der letzte endemische Tollwutfall in der Schweiz trat Ende Dezember 1996 auf. Nach einer zusätzlichen zweijährigen Nachimpf- und Surveillance-Phase gilt die Schweiz seit Anfang 1999 offiziell als frei von Tollwut. In dieser Arbeit analysieren wir die Endphase der Epizootie. Der Grund für die Reinfektion 1990 waren aus Frankreich eingedrungene infizierte Fuchse. Sogleich wurde die Tollwut in der Nordwestschweiz wieder endemisch, weil der Impfschutz der Fuchspopulation ungenügend war. Die zu geringe Herdenimmunität war teilweise auf Probleme mit dem Impfsystem zurückzuführen, vor allem aber eine Folge des rasanten Anstiegs der Fuchspopulation.

Schlüsselwörter: Tollwut – *Vulpes vulpes* – Populationsdynamik – orale Immunisierung – Epizootie

Einleitung

Die Schweiz ist tollwutfrei. Am 21. Dezember 1996 wurde der letzte endemische Fall in die Schweizerische Tollwutzentrale eingeliefert. Nach zwei weiteren Jahren der Impfung der Vektorart Fuchs (*Vulpes vulpes*) und der Überwachung der zuletzt ver-seuchten Gebiete in der Nordwestschweiz gemäss den Vorgaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 1990), konnte das Land im Frühjahr 1999 offiziell als von der Seuche befreit erklärt werden. Dieser Erfolg ist die endgültige Bestätigung des Konzepts der oralen Immunisierung der Fuchse als Mittel zur Bekämpfung der Tollwut in dem Land, in dem diese Methode entwickelt wurde (Zanoni et al., 2000).

The final phase of the rabies epizootic in Switzerland

Since summer 1989, rabies in Switzerland has been restricted to the Jura Mountains in the north-west of the country. Even there, the last endemic focus disappeared in 1990, but a re-infection in the same year caused a new flare-up of the epizootic. Until 1994, the number of rabies cases increased again to 225. Control measures were intensified with doubled vaccination campaigns, increased bait densities, and additional vaccination campaigns to immunize young foxes at the den. As a consequence, the number of cases dropped to 25 in 1995 and to 6 in 1996. On December 21, 1996, the last endemic case of rabies in Switzerland was registered. After two years of continuing vaccination campaigns and surveillance, Switzerland became officially rabies-free at the beginning of 1999. In the present paper, we analyse the final stage of the epizootic. The re-infection in 1990 was caused by infected foxes immigrating from France, but as the immunization of the fox population in Switzerland was insufficient, the disease became again endemic immediately. The lacking herd immunity was partly a consequence of problems related to the vaccination system and even more of the rapid increase of the fox population.

Keywords: rabies – *Vulpes vulpes* – population dynamic – oral immunization – epizootic

Allerdings hätte dieses Ziel nach den Vorstellungen des Bundesamts für Veterinärwesen, der beteiligten kantonalen Behörden und der Schweizerischen Tollwutzentrale bereits früher erreicht werden sollen. Das Prinzip, Fuchse mit Hilfe eines Impfköders im Freiland gegen Tollwut zu immunisieren, hatte sich bei ersten Feldversuchen im Rhonetal von 1978–81 als ein taugliches Mittel zur Bekämpfung der Tollwut erwiesen (Steck et al. 1982b). Mit der schrittweisen Ausdehnung der Impffläche ab 1981 begann die Zahl der Seuchenfälle rasch abzunehmen (Abb. 1; Wandeler et al., 1988b; Kappeler, 1991; Zanoni et al., 2000). Seit Sommer 1989 traten Tollwutfälle nur noch im Jura auf, entlang der Grenze zu Frankreich, wo der zu dieser Zeit noch fehlende Impfschutz die Bekämpfung der Seuche

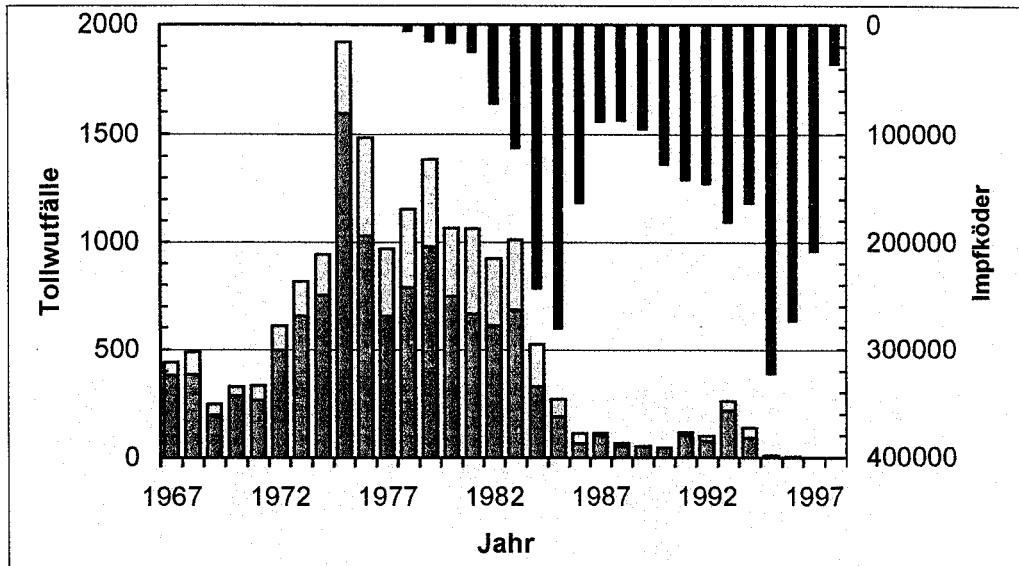


Abbildung 1: Verlauf der Tollwut-Epizootie (linke Ordinate; dunkle Säulen = Füchse, helle Säulen = andere Tierarten) und Einsatz von Tollwut-Impfködern (rechte Ordinate; hängende Säulen) zur oralen Immunisierung von Füchsen in der Schweiz von 1967–98.

erschwerte (Kappeler, 1991). Trotzdem gab das Minimum von 25 Fällen im Jahr 1990 (Abb. 1) Anlass zur Hoffnung, dass die Tollwut in der Schweiz bald besiegt sein werde, zumal im gleichen Jahr in den französischen Jura-Departementen mit den flächendeckenden Impfkampagnen begonnen wurde. Diese Hoffnung erwies sich als verfrüht. Ab 1991 nahm die Tollwut in der Schweiz zu und erreichte im Kalenderjahr 1994 wiederum 225 Fälle. Das war zwar eine geringe Zahl im Vergleich zu den Spitzenjahren 1975–82 mit jeweils über 1000 Fällen, aber trotzdem sehr beunruhigend, weil die Zahl der ausgebrachten Impfköder von 1990–94 ebenfalls stetig erhöht worden war (Abb. 1). Das bewährte Mittel der oralen Immunisierung der Füchse schien nicht mehr zu funktionieren. Im Kreise der an der Tollwutbekämpfung beteiligten Fachleute und Institutionen machten drei Hypothesen als Erklärung für den unerwarteten Misserfolg die Runde:

1. *Stetige Immigration von infizierten Füchsen aus Frankreich.* Diese Vermutung stützte sich vor allem auf die Tatsache, dass sich die Tollwutfälle auf die Höhenzüge des Jura beschränkten, wo auf der französischen Seite noch starke Tollwutherde vorhanden waren (Abb. 2).
2. *Versagen des Impfsystems.* Im Frühjahr 1991 – fast gleichzeitig mit dem Wiederanstieg der Tollwut – war in der Schweiz vom bewährten Hühnerkopf-Köder mit dem Impfstoff SADBern auf den Kunstköder der Firma Virbac mit dem Impfstoff SAG umgestellt worden (Kappeler, 1991).
3. *Ungenügende Herdenimmunität infolge des Anstiegs der Fuchspopulation.* Bereits Kappeler (1991)

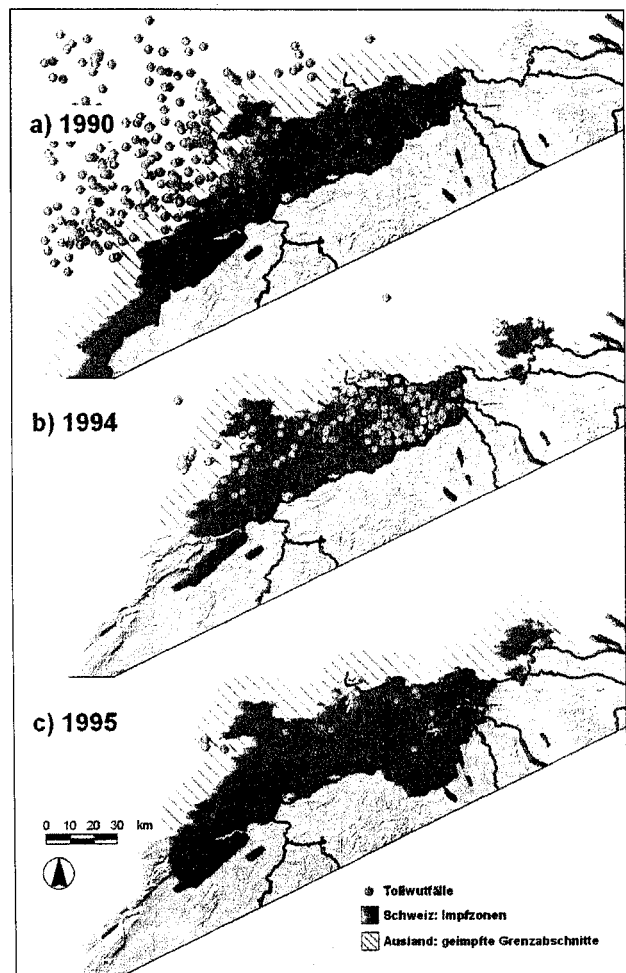


Abbildung 2: Tollwutsituation in der Nordschweiz und dem angrenzenden Ausland während der kritischen Phase in den 90er Jahren. Tollwutfälle innerhalb der Schweiz sind auf Gemeindeebene genau dargestellt; Fälle im Ausland geben die ungefähre Verteilung wieder (Quelle: Rabies Bulletin of Europe; Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere, Tübingen). Impfzonen im Ausland sind nur entlang der Grenze zur Schweiz eingezeichnet. Die Jahreszahlen bezeichnen jeweils das biologische Jahr vom 1. April bis 31. März des Folgejahres. Kartengrundlagen: Höhenmodell RIMINI, Kantons Grenzen, Gewässer – BfS GEO-STAT / L+T.

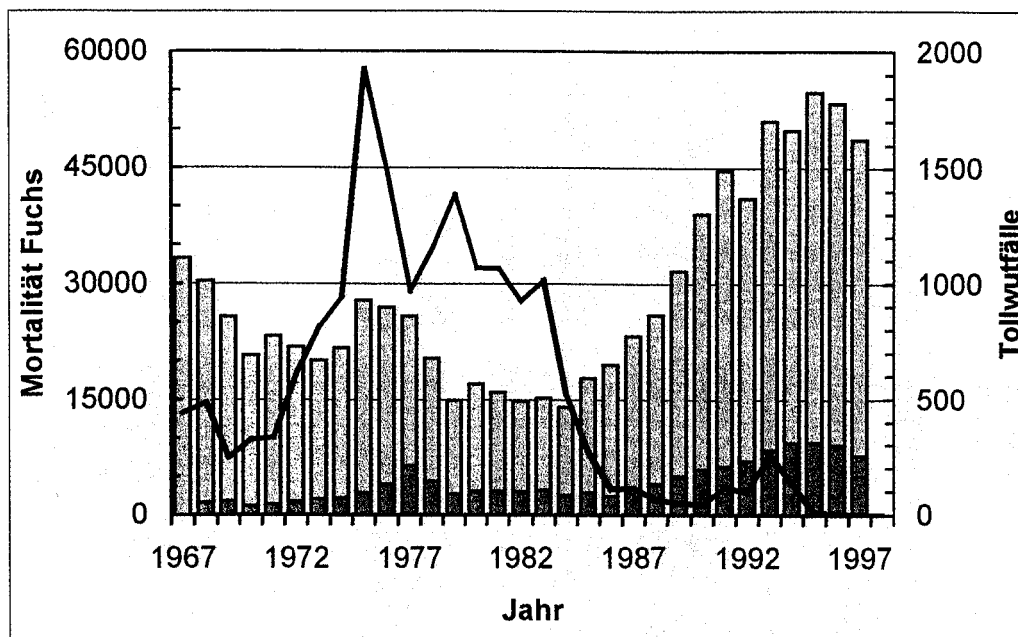


Abbildung 3. Entwicklung der statistisch erfassten Fuchsmortalität in der Schweiz (Histogramm, linke Ordinate) und Verlauf der Tollwut-Epizootie (Liniendiagramm, rechte Ordinate) in den Jahren 1967–97. Helle Säulen: auf der Jagd erlegte Füchse; dunkle Säulen: übrige tot gefundene Füchse (hauptsächlich Verkehrsoffer; für die ganze Schweiz erst seit 1968 erfasst). Ergänzt nach Breitenmoser et al. (1995).

hatte darauf aufmerksam gemacht, dass die Fuchsstrecke in der Schweiz von 1984–90 um das Dreifache angestiegen war. Sowohl die Aussagekraft der Jagdstrecke als Indikator der Fuchsabundanz als auch der kausale Zusammenhang zwischen Tollwutbekämpfung und Anstieg der Fuchsdichte sind umstritten, aber empirisch war die Zunahme der Fuchspopulation in den frühen 1990er Jahren offensichtlich und die möglichen Folgen für die Tollwutbekämpfung voraussehbar (Abb. 3).

In dieser Arbeit wollen wir den Verlauf der Tollwut in den Jahren 1990–96 beschreiben – eine umfassende Analyse der Tollwut-Epizootie und ihrer Bekämpfung in der Schweiz bis 1990 legte Kappeler (1991) vor – und aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten die Bedeutung der drei erwähnten Hypothesen retrospektiv zu beurteilen versuchen.

Methodische Hinweise

Die Daten zur Tollwut stammen von der Schweizerischen Tollwutzentrale der Universität Bern, die Angaben zur Mortalität der Füchse aus den Jahresstatistiken des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Im Gegensatz zur traditionellen Berichterstattung der Schweiz. Tollwutzentrale ordnen wir in dieser Arbeit die Tollwutfälle nicht dem Kalenderjahr, sondern dem «biologischen» Jahr zu, das vom 1. April bis zum 31. März des Folgejahrs dauert. Damit erreichen wir eine bessere Übereinstimmung mit dem biologischen Jahr des Fuchses (Jungfüchse werden Ende

März/Anfang April geboren), mit dem Beginn der Frühjahrs-Impfkampagne (die Kontrolltiere aus den Monaten Januar bis März werden so richtigerweise der vorangehenden Herbst-Impfkampagne zugewiesen) und der Jagdstatistik (das Jagdjahr dauert bis Ende Februar, wenn die Schonzeit für Füchse beginnt). Statistische Auswertungen erfolgten mit dem Programm SYSTAT® 8,0 (SPSS Inc., Chicago), kartographische mit dem Geographischen Informationssystem ArcView® 3.1 (ESRI Inc., Redlands). Die Herdenimmunität wird in der Tollwutbekämpfung mit dem Tetracyclinwert geschätzt. Das Antibiotikum Tetracyclin, dem Impfköder beigemischt, lagert sich im Knochen eines Tieres ein und kann im Fluoreszenz-Mikroskop nachgewiesen werden (Capt, 1981). Der Tetracyclinwert ist nur ein Indikator für die Herdenimmunität, da nicht automatisch jeder Fuchs, der einen Köder aufnimmt, erfolgreich immunisiert ist. Seine Aussagekraft beruht auf der Annahme, dass der Anteil nach einer Köderaufnahme erfolgreich immunisierter Füchse unter allen untersuchten Situationen gleich ist. Um die Möglichkeit einer veränderten Effektivität des Impfköders zu beurteilen, berechnen wir daher zusätzlich den Anteil Tetracyclin-positiver Füchse unter den tollwütigen Tieren. Die Beurteilung von Impfkampagnen ist angesichts ständig wechselnder Impfbereiche und veränderter Tollwutinzidenz schwierig; bei geringen Fallzahlen könnte ein «Impfversager» auf eine lokale Klumpung von Fällen aufgrund einer spezifischen Konstellation der örtlichen Fuchspopulation, den Ausfall eines einzelnen Impfstoff-Lots oder die unzu-

längliche Arbeit einer Auslegeequipe zurückzuführen sein. Um die Konfidenzintervalle der Tetracyclinwerte und der tetracyclinmarkierten tollwütigen Füchse zu schätzen, haben wir im GIS ArcView ein räumlich stratifiziertes Bootstrapping mit 1000 Durchgängen pro Jahr durchgeführt (Müller et al., in Vorbereitung).

Reinfektion und Fuchs-Populationsdynamik

Das epidemiologische Kompartiment «Jura» umfasst den gesamten schweizerischen Falten- und Tafeljura von Genf bis zur Mündung der Aare in den Rhein. Die Tollwut-Impfungen begannen dort im Jahr 1984 (Kappeler, 1991). In den folgenden Jahren erfassten die Impfkampagnen verschiedene Teile des Kompartiments, und seit Frühjahr 1988 erstreckte sich die Impfzone lückenlos entlang der Grenze zu Frankreich. Der Zusammenhang zwischen den Seuchenherden im französischen Jura und dem Auftreten von Tollwutfällen in der Schweiz nach der Aufnahme der flächendeckenden Impfung war offensichtlich (Kappeler, 1991), auch wenn letztlich das Einwandern infizierter Füchse nicht zu beweisen war. Der letzte endemische Tollwutherd im Schweizer Jura lag im Kanton Basel-Landschaft und im Solothurner Jura. Dieser Herd erlosch im Sommer 1990. Im Grenzgebiet zu Frankreich, in den Kantonen Neuenburg und Jura, waren 1989 und in der ersten Hälfte 1990 vereinzelte Fälle vorgekommen. Die erste eigentliche Reinfektion erfolgte im Grenzgebiet zwischen dem Clos du Doubs (JU) und La Chaux-de-Fonds (NE) im Herbst und Winter 1990/91 (Abb. 2a). Eine Visualisierung des Verlaufs der Tollwut in der Schweiz und in Europa steht auf der Homepage der Schweizerischen Tollwutzentrale unter <http://www.cx.unibe.ch/ivv> zur Verfügung.

Im Kalenderjahr 1991 kamen 103 der 105 diagnostizierten Tollwutfälle aus den Kantonen Jura und Neuenburg und aus dem Berner Jura. Ende 1991 erfolgte eine zweite Reinfektion unmittelbar südwestlich von Basel (je ein Fall in den Gemeinden Witterswil SO und Binningen BL). In der Folge etablierte sich auch im Grossraum Basel wiederum ein Endemiegebiet, das sich schliesslich vom Kanton Neuenburg bis zum Kanton Aargau und von der Landesgrenze bis zur Aare erstreckte (Abb. 2b). Dieser starke Ausbruch konnte nicht mehr auf die von Frankreich eingewanderten infizierten Tiere zurückgeführt werden. Im Vergleich zu früheren Jahren war zwar die Falldichte relativ gering (101 im biologischen Jahr 1992, 262 im Jahr 1993 und 189 im Jahr 1994; Abb. 1), aber die Seuche breitete sich wieder aus (Abb. 2).

Der Tetracyclinwert war während des Wiederanstiegs der Tollwutfälle durchaus zufriedenstellend (Tab. 1; Abb. 4a): In den Jahren 1991–94 betrug der mittlere Tetracyclinwert für alle Füchse 70,5% (63,7%–76,7%). In den 12 vorangehenden, erfolgreichen Jahren war er mit 54,7% (32,1%–64,3%) signifikant tiefer gewesen (Mann-Whitney U = 2,5; P = 0,008). Der Tetracyclinwert entspricht jedoch nicht der Zahl der immunen Füchse, sondern gibt lediglich an, wie viele einen Köder aufgenommen haben (Kappeler, 1991; Bugnon, 1999). Als Indikator für den längerfristigen Trend der Herdenimmunität ist der Tetracyclinwert durchaus geeignet. Wenn aber ein Wechsel im Köder-Impfstoff-System vorgenommen wird – wie dies in der Schweiz 1991 geschehen – kann sich die Aussagekraft des Tetracyclinwerts ändern. Falls Füchse häufiger Köder fressen (und damit Tetracyclin aufnehmen), ohne die Impfstoffkapsel zu zerbeißen, oder falls der Impfstoff weniger wirksam ist, deckt der Tetracyclinwert das nicht auf. Als Parameter für die Wirksamkeit des Köder-Impfstoff-Systems kann die Zahl der Füchse herangezogen werden, die einen Impfköder gefressen hatten und trotzdem tollwütig wurden (Tab. 1). Tatsächlich schnitt hier das

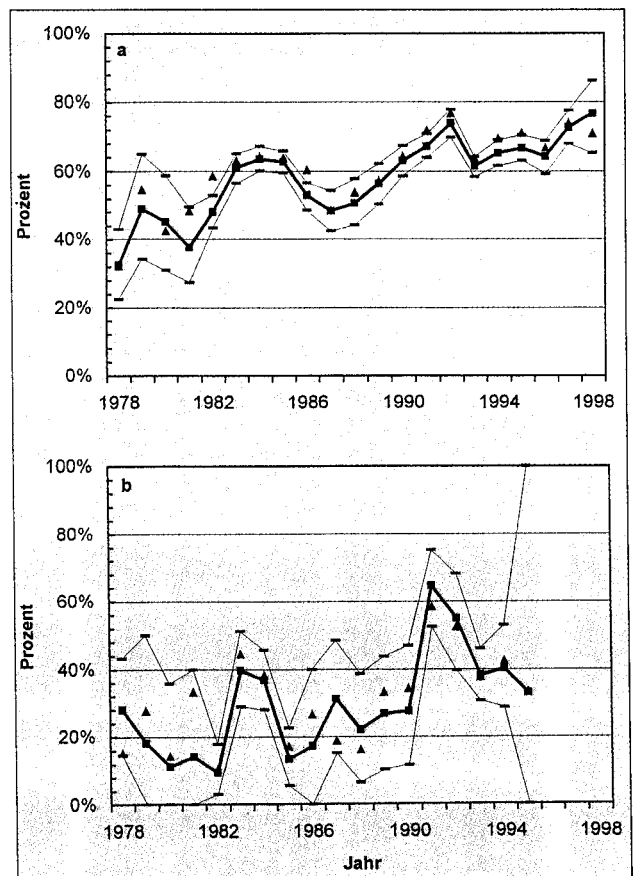


Abbildung 4: Schätzung der 95%-Konfidenzintervalle für die Tetracyclinwerte (a) und den Anteil der Tetracyclin-positiven Füchse unter den tollwütigen (b) mittels eines räumlich stratifizierten Bootstrapping-Verfahrens. Gezeigt sind die berechneten Werte (▲; Tab. 1), die geschätzten Mittelwerte (dicke Linie mit ■) und die obere und untere Grenze des 95%-Konfidenzbereichs (dünne Linien mit -).

Tabelle 1: Untersuchungen der Füchse aus dem Impfgebiet in der Schweiz in den Jahren 1978 (Beginn der oralen Immunisierung) bis 1997 (Ende der oralen Immunisierung) auf Tollwut (TW) und Tetracyclin (TC). n = Total der untersuchten Füchse (17 046); TC_n% = Anteil TC positiver von n; TW = Anzahl TW positiver; TC_{TW}% = Anteil der TC positiven Tiere unter den tollwütigen. Adulte und juvenile Füchse sind älter bzw. jünger als 1 Jahr. Ein Jahr dauert vom 1. April bis zum 31. März des folgenden Jahrs.

Jahr	Alle Füchse				Adulte Füchse				Juvenile Füchse			
	n	TC _n %	TW	TC _{TW} %	n	TC _n %	TW	TC _{TW} %	n	TC _n %	TW	TC _{TW} %
1978	218	32,1	85	15,3	114	28,9	53	15,1	104	35,6	32	15,6
1979	77	54,5	18	27,8	48	54,2	17	29,4	29	55,2	1	0,0
1980	94	42,6	14	14,3	50	38,0	10	10,0	44	47,7	4	25,0
1981	95	48,4	12	33,3	44	45,5	7	42,9	51	51,0	5	20,0
1982	677	58,6	67	10,4	272	59,2	37	16,2	405	58,3	30	3,3
1983	910	63,1	90	44,4	350	74,6	45	51,1	560	55,9	45	37,8
1984	1394	64,3	125	38,4	564	68,6	78	41,0	830	61,3	47	34,0
1985	1819	63,7	70	17,1	666	73,6	39	15,4	1153	58,0	31	19,4
1986	1062	60,4	15	26,7	466	75,8	7	42,9	596	48,3	8	12,5
1987	369	48,5	32	18,8	181	74,0	18	22,2	188	23,9	14	14,3
1988	346	53,8	31	16,1	140	68,6	10	0,0	206	43,7	21	23,8
1989	671	57,2	48	33,3	308	67,5	31	38,7	363	48,5	17	23,5
1990	885	64,2	35	34,3	408	77,0	12	41,7	477	53,2	23	30,4
1991	1393	71,9	101	58,4	759	83,0	45	55,6	634	58,5	56	60,7
1992	1137	76,7	63	52,4	648	85,6	42	66,7	489	64,8	21	23,8
1993	1899	63,7	215	37,7	926	72,7	44	40,9	973	55,2	171	36,8
1994	1218	69,4	87	42,5	733	74,5	51	51,0	485	61,6	36	30,6
1995	1391	71,1	3	33,3	824	77,3	2	50,0	567	62,1	1	0,0
1996	784	66,7	0	–	431	79,1	0	–	353	51,6	0	–
1997	504	74,0	0	–	277	89,2	0	–	227	55,5	0	–

neue System (Virbac-Köder mit SAG Impfstoff) im ersten Jahr seines Einsatzes signifikant schlechter ab als das alte System (Hühnerkopf mit SADBern) in jedem der vorangegangenen Jahre (Abb. 4b). Ab 1992 sank der Anteil Tetracyclin-positiver Füchse an der Gruppe der tollwütigen wieder deutlich ab und erreichte vergleichbare Werte zu den 80er Jahren. In den Jahren des Wiederanstiegs der Tollwut verlagerte sich die Seuche zunehmend auf die Jungfüchse (Breitenmoser et al., 1995). Von 1991–94 hatten im Durchschnitt 80% der adulten Füchse mindestens einen Impfköder aufgenommen (Tab. 1). Das lässt auf einen hohen Durchimpfungsgrad der Altfüchse schliessen. Kappeler (1991) wies bereits darauf hin, dass die empfänglichen Nachkommen immuner Eltern die Grundlage für die Aufrechterhaltung der Infektionskette bilden. Das fällt namentlich dann ins Gewicht, wenn die Gesamtzahl der Füchse zunimmt. Zur Beurteilung der Dynamik der Fuchspopulation stehen uns die Zahlen aus den Jagdstatistiken und die der tot gefundenen Füchse (vor allem Verkehrsoffer) zur Verfügung (Abb. 3). Von 1984–95 vervierfachte sich die statistisch erfasste Mortalität der Füchse in der Schweiz, was als eine entsprechende Zunahme der Population interpretiert werden darf. Die Zunahme war dort am ausgeprägtesten, wo die Tollwut am längsten persistierte (Breitenmoser und Müller, in Vorbereitung), also z.B. im Kompartiment Jura. Eine simple Rechnung mag die epidemiologische Bedeutung dieser Entwicklung veranschaulichen: Obwohl der Tetracyclinwert aller Füchse 1995 mit 71% höher lag als 1984 (64%; Tab. 1), nahm als Folge des Populationsanstiegs die Zahl der «Un-

geimpften» (das heisst der Tetracyclin-negativen Tiere) um den Faktor 3,2 zu. Das heisst, dass Mitte der 90er Jahre trotz des im Vergleich zu früheren Jahren angestiegenen Tetracyclinwerts ungefähr dreimal so viel ungeschützte Füchse im Endemiegebiet lebten wie um 1984. Da der Grenzwert für die Persistenz der Tollwut eine absolute Dichte ist (Steck et al., 1980; Breitenmoser und Müller, in Vorbereitung), ist die relative Herdenimmunität bei steigender Fuchsabundanz ein ungenügender Parameter zur Beurteilung des Impfstatus der Vektorpopulation.

Anpassung der Bekämpfungsstrategie

1994 führte die Schweizerische Tollwutzentrale in Zusammenarbeit mit der Jagdverwaltung und der Jägerschaft des Kantons Solothurn ein Experiment zur spezifischen Bekämpfung der Tollwut bei den Jungfüchsen durch. Kaphegyi (1995) untersuchte die Wirksamkeit einer zusätzlichen Ausbringung von Impfködern an Fuchsbauen mit Jungfüchsen bzw. des Einfangens oder Abschusses von Jungfüchsen am Bau. Der Versuch, Jungfüchse zu eliminieren, erwies sich als unwirksam. Durch die zusätzliche Auslage von Impfködern an befahrenen Fuchsbauen Ende Mai/Anfang Juni konnte jedoch der Tetracyclinwert der bis zur folgenden Herbstimpfung untersuchten Jungfüchse von 40% auf 80% verdoppelt werden (Kaphegyi, 1995; Kaphegyi und Breitenmoser, 1995).

Damit hatten wir ein Instrument, das erlaubte, den geringen Anteil immunisierter Jungfüchse deutlich

zu erhöhen. Um anderen möglichen Ursachen des Rückschlags in der Tollwutbekämpfung – Immigration infizierter Füchse, Anstieg der Populationsdichte oder geringere Effizienz des Impfsystems – zu begegnen, beschloss man eine weitere Intensivierung der Impfkampagnen. Im Frühjahr 1995 erstellten wir ein neues Konzept zur Bekämpfung der silvatischen Tollwut in der Schweiz (Breitenmoser und Zanoni, 1995; Zanoni et al., 2000), von dem schliesslich folgende Elemente umgesetzt wurden:

1. *Erhöhung der Dichte der ausgebrachten Impfköder von 15/km² auf 25/km² für die Frühjahrs- und Herbstimpfung als Kompensation für die angelegene Fuchsabundanz.*
2. *Doppelimpfungen bei der Eröffnung neuer Impfzonen.* Die Annäherung der Tollwutfront an bzw. die Überschreitung der Impfzonengrenze machte 1995 die Ausweitung der Impfzone sowohl gegen Südwesten (NE und VD) als auch gegen das Mittelland (BE, LU, AG) notwendig (Abb. 2 b, c). Um die Herdenimmunität bei den Füchsen möglichst rasch aufzubauen, fand eine erste Köderverteilung per Flugzeug statt, der vier Wochen später eine Nachimpfung mit der bewährten Handauslegung folgte.
3. *Zusätzliche Auslegung von Impfködern an Fuchsbauen zur früheren Erstimpfung der Jungfüchse.* Da Jungfüchse in der Frühjahrs-Impfkampagne kaum immunisiert werden können, gehen die meisten im Spätsommer ungeimpft ins Dispersal. Zum Zeitpunkt der Herbstimpfung können sich Jungfüchse bereits infiziert haben; die Impfung kommt zu spät. Durch die Baubeimpfung im Frühsommer erhalten die Jungfüchse einen ersten Schutz, der durch eine allfällige Köderaufnahme im Herbst noch verbessert wird.

Die Umsetzung dieser drei Massnahmen brachte 1995 nochmals eine massive Erhöhung der Zahl der ausgebrachten Impfköder (Abb. 1; Zanoni et al., 2000). Die enge Zusammenarbeit mit den Franzosen bei den gemeinsam durchgeführten Bau-Impfkampagnen im Grenzgebiet (Vuillaume et al., 1997) half die grenzüberschreitenden epidemiologischen Probleme endgültig zu lösen.

Im Jahr 1995 sank die Zahl der Tollwutfälle auf 10 und 1996 auf 4 (Abb. 1). 1997 diagnostizierten wir noch einen Fall (in Abb. 1 und 3 nicht berücksichtigt), der allerdings epidemiologisch bedeutungslos war, da es sich um einen aus Marokko importierten Hund handelte. Bis zum Frühjahr 1998 wurden die Impfkampagnen im Jura aufrechterhalten. Nach der von der WHO (1990) vorgegebenen zweijährigen Überwachungsperiode nach Bekanntwerden des letzten Falls erreichte die Schweiz im Frühjahr 1999 schliesslich den Status der Tollwutfreiheit.

Diskussion

Was war nun der Grund für den Wiederanstieg der Tollwut von 1991–94 gewesen, und welche der getroffenen Massnahmen führten letztlich zur Elimination der Seuche in der Schweiz? Der am einfachsten zu beurteilende Aspekt ist die Bedeutung der Immigration tollwütiger Füchse aus dem französischen Jura. Tatsächlich erloschen die letzten endemischen Seuchenherde in der Schweiz 1990, und ohne die Reinfektion aus Frankreich wäre die Tollwut in der Schweiz mit grosser Wahrscheinlichkeit zum Erliegen gekommen. Aber die Herdenimmunität der Füchse reichte offenbar bereits 1990/91 im Schweizer Jura nicht mehr aus, so dass sich nach den Reinfektionen sehr rasch wieder ein bedeutender endemischer Herd bildete. Ab 1993 war das epidemiologische Gefälle umgekehrt; nun bedrohte die hohe Falldichte in der Schweiz die jüngsten Erfolge bei der Tollwutbekämpfung im französischen Jura (Abb. 2b). Mit dem Erlöschen der Seuche auf beiden Seiten der Grenze (Abb. 2c) war schliesslich auch die Gefahr einer Reinfektion gebannt.

Schwieriger zu beurteilen ist die Bedeutung der Qualität des Köder-Impfstoff-Systems und der Zunahme der Fuchspopulation. Die aufgezeigten Zusammenhänge zwischen Köder-Impfstoff-System, Tetracyclinwert und Tollwutinzidenz sind mit Vorsicht zu geniessen. Das dynamische Gefüge Fuchspopulation, Tollwutinzidenz und Impferfolg ist äusserst komplex und die zur Beurteilung zur Verfügung stehenden Parameter sind problematisch. Aufgrund der Schätzung der Konfidenzintervalle darf die Entwicklung der Tetracyclinwerte als ziemlich vertrauenswürdig beurteilt werden (Abb. 4a). Für die Schätzung der Zahl der Tetracyclinpositiven Füchse unter den tollwütigen liegen die oberen und unteren Grenzen des 95%-Vertrauensintervalls so weit auseinander (Abb. 4b), dass nur die extremsten Ausschläge der Kurve als verlässlich gelten dürfen. Einen solchen Ausschlag nach oben zeigen die Jahre 1991 und 1992, nach den ersten Impfkampagnen mit dem neuen Ködersystem. Die Aussagekraft dieses Wertes beim Vergleich verschiedener Impfstrategien leidet darunter, dass seine Berechnung vom Tetracyclinwert der Gesamtpopulation beeinflusst wird. Dieser Fehler lässt sich unter Annahme einer repräsentativen Erfassung der Zahl tollwutpositiver und tollwutnegativer Füchse mit der Berechnung des relativen Risikos umgehen. Das relative Risiko – ein in der Epidemiologie häufig verwendeter Parameter zur Beurteilung einer Behandlung – zeigt zwar in allen Jahren einen signifikant besseren Impfschutz der Tetracyclinpositiven Füchse gegenüber den Tetracyclinnegativen, weist aber genau im Jahr 1991 den tiefsten

Wert auf (Zanoni et al., 2000). Wir müssen davon ausgehen, dass das neue SAG-System in den ersten beiden Jahren seiner Anwendung dem alten Hühnerkopf-Köder mit dem SADBern Impfstoff unterlegen war, sich aber in den folgenden Jahren als gleichwertig erwies (Abb. 4b).

Die Auswirkungen des rasanten Anstiegs der Fuchspopulation seit Mitte der 80er Jahre auf die Tollwutbekämpfung mittels oraler Immunisierung liegen – retrospektiv gesehen – auf der Hand. Die verfügbaren Daten zur Herdenimmunität (Tab. 1, Abb. 4a) werfen in diesem Zusammenhang zwei Fragen auf: 1. Warum ist der Tetracyclinwert bei steigender Fuchspopulation aber gleichbleibender Köder-Auslagedichte von 1984–90 nicht gesunken (Tab. 1; Abb. 4a)? und 2. Warum stieg der Tetracyclinwert 1995–97, bei massiv erhöhter Köderdichte und gleichbleibender Fuchspopulation (Tab. 1; Abb. 1 und 4a) nicht deutlich an? Die erste Frage lässt sich mit dem ständig ändernden Impfgebiet erklären. Die Impfkampagnen (und damit die Stichprobenerhebung) erfolgten dort, wo die Seuche herrschte und damit vor dem Anstieg der lokalen Fuchspopulation. Die etwas weniger befriedigende Antwort auf die zweite Frage lautet ähnlich: Von 1994 auf 1995 wurde die Impfzone im Jura um 30% ausgedehnt. Andererseits stellte man in den Jahren 1994–96 die Impfkampagnen in langfristig behandelten Gebieten (die naturgemäss einen hohen Tetracyclinwert aufwiesen) ein. Diese ständigen Änderungen der Stichprobenflächen machen den Vergleich von Jahr zu Jahr äusserst problematisch. Trotzdem kann das nicht darüber hinweg täuschen, dass die messbaren Auswirkungen der neuen Bekämpfungsstrategie ab 1995 auf die erhobenen Parameter erstaunlich gering waren.

Die Tollwutbekämpfung in der Schweiz – und wohl auch anderswo – war immer geprägt durch einen grossen Pragmatismus. Kappeler (1991) hat darauf aufmerksam gemacht, dass rein wissenschaftliche Fragestellungen oft in den Hintergrund treten mussten, weil die an den Impfkationen beteiligten Kantone aus naheliegenden Gründen (Zwang zum raschen Handeln, finanzielle und personelle Limiten) das Risiko eines Experiments nicht eingehen wollten. Auch bei der letzten Anpassung der Bekämpfungsstrategie sind mehrere Massnahmen parallel verwirklicht worden, so dass sich im nachhinein kaum beurteilen lässt, welche Modifikation einen entscheidenden Beitrag zum tatsächlichen Ende der Epizootie geleistet hat. Vermutlich waren die Gründe sowohl für das Wiederaufkommen als auch für das rasche Ende der Epizootie multifaktoriell. Die Komplexität des Systems, die grossräumigen, sich ständig ändernden «Untersuchungsgebiete», Limiten bei der Datenerhebung und die pragmatische Zielsetzung verun-

möglichen oft ein streng deduktiv-wissenschaftliches Vorgehen (Wandeler, 2000).

Gerade bei sehr lang andauernder Anwendung der oralen Immunisierung gegen Tollwut im Feld wäre es jedoch sinnvoll, die wichtigsten Parameter, die Erfolg oder Misserfolg bestimmen, möglichst genau und unter gleichbleibenden Bedingungen zu messen, weil damit zu rechnen ist, dass sich die Variablen, unter denen das System empirisch entwickelt wurde, mit der Zeit verändern. Das pragmatisch-empirische Vorgehen mag zur Entwicklung eines so komplexen Systems wie der oralen Impfung von Füchsen im Freiland die schnellste, billigste und vermutlich sogar die einzig mögliche Methode sein und schliesslich – wie das Beispiel der Tollwut in der Schweiz beweist – zum gewünschten Erfolg führen. Im Hinblick auf eine Übertragbarkeit des Prinzips auf andere Epizootien oder andere Gegenden – schliesslich hat das Beispiel Schweiz in der Tollwutbekämpfung weltweit Schule gemacht (Zanoni et al., 2000) – wäre aber ein möglichst umfassendes naturwissenschaftliches Verstehen wünschenswert. Ein solcher Aufwand kann sich auch lohnen: Möglicherweise hätten in der Schweiz in den 90er Jahren durch genaueres Messen der entscheidenden Parameter in der Fuchspopulation und durch ein gezielteres experimentell-analytisches Vorgehen die bestehenden Probleme in der Tollwutbekämpfung rascher gelöst werden können.

Literatur

Ein Gesamtverzeichnis der Literatur befindet sich am Ende dieses Hefts.

Dank

Wir danken Ch. Breitenmoser-Würsten und M. Heiniger für die kritische Durchsicht des Manuskripts, Ph. Bugnon für die Übersetzung der Zusammenfassung ins Französische und M. Zanoni-Grassi für die italienische Übersetzung. Die spezifischen Arbeiten zu den Füchsen wurden unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 31-47031.96) und durch das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (EU FAIR Projekt CT97-3515 / BBW Nr. 97.0586).

La phase finale de la rage en Suisse

Depuis le milieu de l'année 1989, la rage s'est cantonnée en Suisse à la région du Jura. C'est également dans cette contrée que le dernier foyer endémique s'est éteint en 1990 mais une réinfection la même année a eu pour effet un recrudescence de la rage. Le nombre de cas a alors à nouveau augmenté pour atteindre 1221 cas en 1994. Une lutte intensive contre l'épizootie par une double vaccination, une densité d'appâts augmentée et des vaccinations supplémentaires des renardeaux au terrier a amené une rapide diminution du nombre de cas au cours des années 1995 (25 cas) et 1996 (6 cas). Le dernier cas de rage endémique a été observé en décembre 1996. Après une vaccination et surveillance de deux ans, la Suisse a acquis le statut officiel «exempt de rage». Dans ce travail, nous analysons la phase finale de l'épizootie. La source de la réinfection de 1990 étaient des renards infectés en provenance de France. La rage est redevenue immédiatement endémique dans le Nord-Ouest de la Suisse car la protection immunitaire de la population vulpine était insuffisante. L'immunité trop faible de ce groupe était en partie due à un problème du système de vaccination mais avant tout était une suite de l'augmentation très importante de la population vulpine.

L'ultima fase di rabbia in Svizzera

I casi di rabbia in Svizzera furono circoscritti dalla metà del 1989 alla regione del Jura. Anche qui nel 1990 si spense l'ultimo focolaio endemico, ma nello stesso anno si verificò una recrudescenza dell'infezione che culminò nel 1994 con 225 casi di rabbia. La lotta intensificata all'epidemia mediante doppie vaccinazioni, una più elevata densità delle esche contenenti il vaccino e l'ulteriore vaccinazione delle giovani volpi nei pressi delle tane, portò negli anni 1995 (25 casi) e 1996 (6 casi) ad una rapida riduzione dei casi. L'ultimo caso endemico di rabbia in Svizzera venne registrato alla fine del dicembre 1996. Dopo una fase supplementare di sorveglianza e di ulteriori vaccinazioni durata due anni, nel 1999 la Svizzera diventa ufficialmente libera dalla rabbia. In questo lavoro viene condotta un'analisi dell'ultima fase dell'epizootia. La recrudescenza dell'anno 1990 fu dovuta all'infiltrazione di volpi infette provenienti dalla Francia. Di conseguenza la rabbia divenne di nuovo endemica nella Svizzera nordoccidentale, poiché il grado di immunità della popolazione volpina non era sufficientemente elevato. Tale scarsa immunità fu a volte da ricollegare a problemi legati al sistema di vaccinazione, ma fu soprattutto dovuta ad un rapido incremento della popolazione volpina.

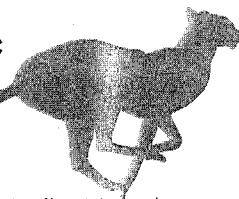
Korrespondenzadresse

Dr. Urs Breitenmoser
 Institut für Veterinär-Virologie, Universität Bern
 Länggassstr. 122
 CH-3012 Bern
 E-Mail: urs.breitenmoser@ivv.unibe.ch

**DIANA
 VETERA**
 ZÜRICH FRANKFURT LINDAU

ZIEL «ISO 9002»*

*BIETET IHNEN HILFE BEI IHRER QUALITÄTS-ZERTIFIZIERUNG!



SEMIR AG · Veterinärinformatik · Gutstrasse 3 · CH-8055 Zürich · Telefon 01 450 5454 · Telefax 01 450 5445 · www.diana.ch · office@diana.ch