

# Der Verlauf der Tollwut in der Schweiz : Landschaft prägt die Ausbreitung einer Wildtierepidemie

Autor(en): **Müller, U. / Kappeler, A. / Zanoni, R.G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für  
Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine  
Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires**

Band (Jahr): **142 (2000)**

Heft 8

PDF erstellt am: **26.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593280>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Der Verlauf der Tollwut in der Schweiz – Landschaft prägt die Ausbreitung einer Wildtierepidemie

U. Müller, A. Kappeler<sup>1</sup>, R.G. Zanoni, U. Breitenmoser

Schweizerische Tollwutzentrale, Institut für Veterinär-Virologie und <sup>1</sup>Pathologisches Institut der Universität Bern

## Zusammenfassung

Die Tollwutepidemie, die die Schweiz 1967 erreichte, breitete sich zu Beginn mangels effektiver Bekämpfungsmassnahmen vor allem in Abhängigkeit von Geländefaktoren aus. Diese wirkten entweder als Barrieren für die Ausbreitung oder sie bestimmten massgeblich die Fuchsdichte und somit den Nährboden für die Epidemie. Nach der Erstinfektion im Kanton Schaffhausen wurden zuerst der Nordwesten der Schweiz, später die Ostalpen, weite Teile des Mittellandes und der Jura befallen. 1978 begannen im Kanton Wallis Kampagnen zur oralen Immunisierung von Füchsen gegen Tollwut. Auch die Ausgestaltung der Impfkampagnen in den Folgejahren war eng mit den landschaftlichen Gegebenheiten verknüpft. Damit gelang es, die Tollwut zurückzudrängen und schliesslich Ende der 90er Jahre innerhalb der Schweiz vollständig zum Verschwinden zu bringen. Wir beschreiben die gesamte Entwicklung der Seuche innerhalb der 30 Jahre seit der Erstinfektion bis zum letzten registrierten Fall und der letzten Impfmassnahme.

**Schlüsselwörter:** Tollwut – orale Immunisierung – Epidemiologie – Wildbiologie – Rotfuchs

## The development of rabies in Switzerland – landscape determines the course of wild animal epidemic

The rabies epidemic that reached Switzerland in 1967 developed in response to landscape factors as long as no efficient control strategies were available. The landscape acted either as barrier to the spread of rabies, or it influenced the density of red foxes and thus the habitat of the epidemic. Following the first cases in the canton of Schaffhausen, the whole northwestern Switzerland was infected followed by the eastern Alps, large parts of the Plateau and the Jura mountains. In 1978, in the canton of Valais, the first campaigns of oral immunization of foxes against rabies started. The design of vaccination campaigns during the next two decades was always closely linked to landscape features. Thus, it was possible to free first the Alps and then the Plateau from rabies and finally, at the end of the 1990s, to eliminate it completely within the country. We describe the entire development of the epidemic within the period of 30 years from the first infection up to the last registered case and the final vaccination campaign.

**Keywords:** rabies – oral immunization – epidemiology – wildlife biology – red fox

## Einleitung

Anfang der 40er Jahre wurden an der polnischen Ostgrenze die ersten Fälle einer Tollwut-Epidemie diagnostiziert, die weite Teile Mittel- und Westeuropas betreffen sollte. Mit einer Geschwindigkeit von 25 bis 60 km pro Jahr breitete sich die Epidemie halbkreisförmig in vornehmlich westliche Richtung aus. Die Schweiz wurde von allen nördlich der Alpen gelegenen Ländern als letztes von der aktuellen Epidemie erfasst. Die ersten Tollwutfälle ereigneten sich im März 1967 im Kanton Schaffhausen (Abb. 1a). Dreissig Jahre später wurde die Schweiz – etwa zeitgleich mit Italien – das erste Land, das nach vorangegangener grossflächiger Verseuchung nach den Richtlinien der WHO als tollwutfrei erklärt werden konnte. Möglich wurde dieser Erfolg durch die Anwendung der oralen Immunisierung von Füchsen gegen Tollwut seit 1978

(Wandeler et al., 1988b). Während ab diesem Jahr der Verlauf der Tollwut ganz wesentlich von den Impfkampagnen abhing, wurden in den elf Jahren zuvor Ausbreitung und Inzidenz der Tollwut vor allem durch geografische Faktoren und von der Abundanz der Vektorart Fuchs in den unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz geprägt (Wandeler et al., 1988b; Kappeler, 1991). Steck et al. (1980) lieferten bereits eine Beschreibung des Verlaufs der Epizootie vor den ersten Impfkampagnen. Kappeler (1991) gab eine umfassende Beschreibung bis zum Jahr 1991 unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung von Impfungen. Breitenmoser et al. (2000) analysierten die Endphase der Tollwut in der Schweiz in den 90er Jahren. Wir fassen in der vorliegenden Arbeit den Tollwut-Seuchenzug für den gesamten Zeitraum vom ersten Fall bis zur Erlangung der Tollwutfreiheit zusammen.



## Datengrundlage und Auswertungen

Seit Beginn der Tollwutepidemie in der Schweiz wurden an der Schweizerischen Tollwutzentrale routinemässig Füchse und andere Tierarten auf Tollwut untersucht. Für diese Arbeit verwenden wir den Datensatz tollwutpositiver Tiere (12 542 Füchse, 2 103 Wildtiere anderer Arten und 2 464 Haustiere), die von 1967 bis 1996 diagnostiziert wurden. Die Herkunft der Tiere war oft nur auf Gemeindeebene bekannt. Für Analysen und kartografische Darstellungen wurde deshalb jeder Tollwutfall innerhalb der Gemeinde an einen zufällig ausgewählten Punkt gesetzt, wobei Gebiete oberhalb 2000 m ü. M. ausgeschlossen wurden. In der Schweiz wurde nie ein Fall oberhalb 2000 m ü. M. registriert (Kappeler, 1991), obwohl der Verlauf der Epidemie zeigt, dass infizierte Füchse gelegentlich höher gelegene Pässe überschritten haben müssen. Die umfangreichen Daten der Schweizerischen Tollwutzentrale sind für eine qualitative Beschreibung des Tollwutverlaufs gut geeignet. Da der Anteil bekannt gewordener Tollwutfälle vor allem in Abhängigkeit von Landschafts- und Siedlungsstruktur sowie der lokalen Organisation der Surveillance schwankt, erlauben die Daten jedoch nur beschränkt eine Beschreibung von Falldichten oder deren Vergleich zwischen Regionen und Zeitperioden. Charakteristische Situationen im Verlauf der Tollwut in der Schweiz sind in Abbildung 1 kartografisch dargestellt. Wir empfehlen, parallel zur Lektüre die animierte Visualisierung des Tollwutverlaufs (Müller et al., 1999) auf der Website des Instituts für Veterinär-Virologie (<http://www.cx.unibe.ch/ivv>) zu betrachten. Diese Animation zeigt die Entwicklung der Tollwut und die halbjährliche Ausdehnung der Impfkampagnen auf dem Hintergrund einer Schweizer Karte.

Die kontinuierliche Ausbreitung der Tollwut lässt sich anhand der Distanzen zwischen den Fällen beschreiben. Wir haben für jeden Tollwutfall die Distanz zum nächstgelegenen vorangehenden Fall eines tollwütigen Fuchses berechnet. Dazu berücksichtigten wir alle Fälle der vorangehenden zwölf Monate, um der maximalen Dauer der Inkubationszeit gerecht zu werden. Da wir zum Tollwutverlauf im angrenzenden Ausland über keine detaillierten Daten verfügten, haben wir diese Auswertungen auf den Zeitraum von 1967 bis 1975 beschränkt. Bis September 1975 (Abb. 1e) hatte sich die Tollwut nach Überschreiten des Rheins in Schaffhausen (Abb. 1a,b) innerhalb der Schweiz unabhängig vom Ausland entwickelt.

## Mechanismus der Tollwutausbreitung

Der Vektor der silvatischen Tollwut in Westeuropa ist der Rotfuchs. Ihre überragende Bedeutung als Vektor erlangen die Füchse aus der Kombination der hohen Empfänglichkeit für das Tollwutvirus mit einem Sozialsystem, das die Ausbreitung der Infektion fördert. Der Mechanismus der Tollwutübertragung zwischen Füchsen ist die Grundlage für die Entstehung charakteristischer räumlicher und zeitlicher Muster des Auftretens von Tollwut. Tollwutinfizierte Füchse verlieren während der klinischen Phase ihre normale territoriale Bindung und irren ziellos umher (Artois und Aubert, 1985). Ein Territoriumsbesitzer kann sich infizieren, wenn er einen kranken Eindringling angreift. Dieses Modell der Infektionskette impliziert eine relativ gleichmässige Ausbreitung zwischen benachbarten Territorien (Anderson, 1991) und innerhalb der Landschaft. Andererseits ist auch eine Ausbreitung durch dispersierende Jungfüchse möglich. Ein Teil der Jungfüchse verlässt zwischen ihrem fünften und elften Lebensmonat das elterliche Territorium und wandert 5–25 km weit, um ein neues Territorium zu suchen. Zwei Argumente sprechen jedoch dafür, dass die Ausbreitung der Tollwut durch dispersierende Jungtiere ein seltenes Ereignis ist. (1) Jungfüchse sind unter den tollwutpositiven Tieren unterrepräsentiert. Während ihr Anteil in Stichproben gejagter, tot gefundener oder verunfallter Füchse mehr als die Hälfte ausmacht, finden sich unter den tollwutpositiven Tieren meist weniger als 50% Jungtiere (Wandeler et al., 1974; Steck, 1982; Breitenmoser et al., 2000). Vermutlich zeigen Jungfüchse weniger aggressives Verhalten gegenüber Artgenossen, so dass sie einer geringeren Infektionsgefahr ausgesetzt sind. (2) Wenn der Dispersion eine grosse Bedeutung für die Tollwutausbreitung zukommen würde, müssten häufiger Sprünge in der Ausbreitung zu beobachten sein, die in ihrer Länge den Dispersaldistanzen entsprechen. Ta-

Tabelle 1: Häufigkeit der Entfernung von Tollwutfällen zum nächsten während der vorangegangenen zwölf Monate aufgetretenen Fall eines tollwütigen Fuchses. Unterscheidung nach Arten oder Artengruppen mit vergleichbarer Epidemiologie. Die Zahlen sind auf die Zeit von April 1967 bis September 1975 beschränkt, solange sich die Tollwut nach der initialen Infektion in der Schweiz unabhängig vom Ausland entwickelte.

Km	Fuchs		Dachs		Katze		Hund		andere Haustiere	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< = 5	3791	93,7	233	96,7	117	92,9	20	95,2	172	96,1
5–10	200	4,9	7	2,9	6	4,8	1	4,8	4	2,2
10–15	41	1,0	1	0,4	2	1,6	0	0,0	2	1,1
15–20	7	0,2	0	0,0	1	0,8	0	0,0	0	0,0
20–25	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
> 25	6	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,6
gesamt	4046	100,0	241	100,0	126	100,0	21	100,0	179	100,0



belle 1 zeigt, dass 93,7% der Tollwutfälle bei Füchsen weniger als 5 km vom nächstliegenden älteren Fall entfernt sind. Dies ist eine Entfernung, die sich zwanglos mit der Infektion benachbarter Territorien erklären lässt. Nur 6,2% der Fälle liegen in einer Entfernung zwischen 5 und maximal 45 km, so dass sich diese vermutlich durch einen Fuchs auf dem Dispersal erklären lassen. Dass auch derart seltene Ereignisse den weiteren Verlauf einer Epidemie entscheidend prägen können, zeigt sich an der erstmaligen Infektion des Kantons Graubünden im Jahr 1971 (Abb. 1d).

## Der Verlauf der Tollwut seit 1967

### Die erste Tollwutwelle im Norden der Schweiz

Am 3. März 1967 trat in Merishausen im Kanton Schaffhausen der erste Tollwutfall bei einem Fuchs auf (Abb. 1a, März 1967). In der Folge breitete sich die Seuche rasch über den gesamten Kanton aus. Der Rhein wurde ohne erkennbare Verzögerung überwunden und bereits im November traten die ersten Fälle im Kanton Zürich auf (Abb. 1b, Dez. 1967). Die weitere Ausbreitung erfolgte vorerst konzentrisch (Abb. 1c, März 1969). Innerhalb der halbkreisförmigen Ausbreitung liessen sich später zwei Hauptrichtungen differenzieren, eine nach Südwesten parallel zum Rhein und eine nach Osten parallel zum Bodensee. Bei der Ausbreitung in östliche Richtungen fanden sich die höchsten Falldichten in einem Streifen südlich der Töss. Abgesehen von einzelnen Fällen blieb die rechte Seite des Zürichsees weitgehend frei von Tollwut. Auch im Kanton Thurgau wurden zwar an zahlreichen Orten tollwütige Tiere registriert, dennoch konnte keine klare Tollwutfront festgestellt werden. Die streifenweise variierende Tollwutintensität könnte auf unterschiedliche Fuchsdichten zurückzuführen sein. Die heterogene Landschaft entlang der Töss wies ein höheres Angebot und eine bessere Verteilung von Nahrung und Deckung auf, den wichtigsten Ressourcen für eine Fuchspopulation, als die vergleichsweise grossräumigen, intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebiete nahe des Zürichsees und im Thurgau. Damit bot dieses Gebiet auch ein grösseres Potential für das Auftreten von Tollwut. Andererseits könnte die unterschiedliche Dichte von Tollwutfällen auch ein Artefakt sein, das auf der unterschiedlichen Politik der Kantone bei der Einsendung von Tieren zur Untersuchung beruht.

In der zweiten Hauptrichtung bewegte sich die Frontwelle vom nördlichen Kanton Zürich in südwestliche Richtung und erreichte im letzten Quartal des Jahres 1968 die Linie Limmat–Aare bei Baden (Abb. 1c, März 1969). Nach mehren Monaten

starker Verseuchung erlosch dort die Tollwut, ohne die Flüsse zu überschreiten. Da Limmat und Aare von Füchsen überquert werden können, sahen Wandeler et al. (1974) die intensiven Reduktionsmassnahmen im Kanton Aargau als Grund dafür, dass die massive Frontwelle nördlich der Flüsse zum Erliegen kam.

### Reinfektion und Ausbreitung im Mittelland, Jura und Ostalpenraum

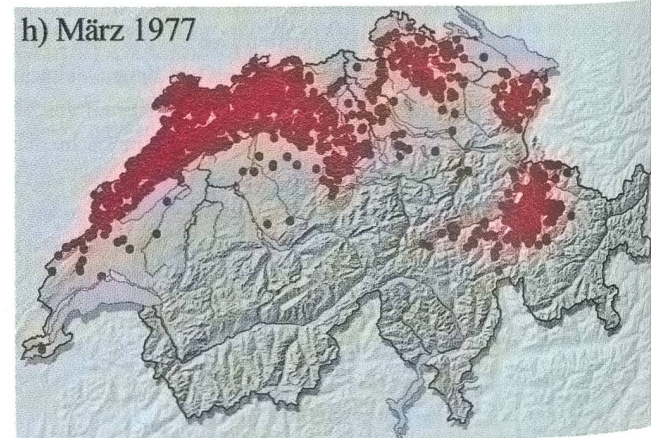
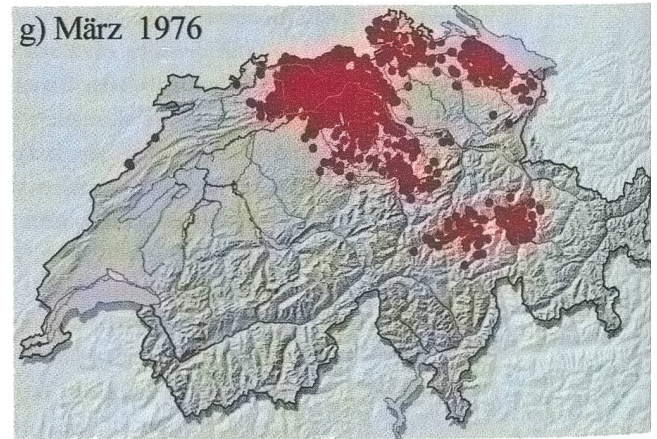
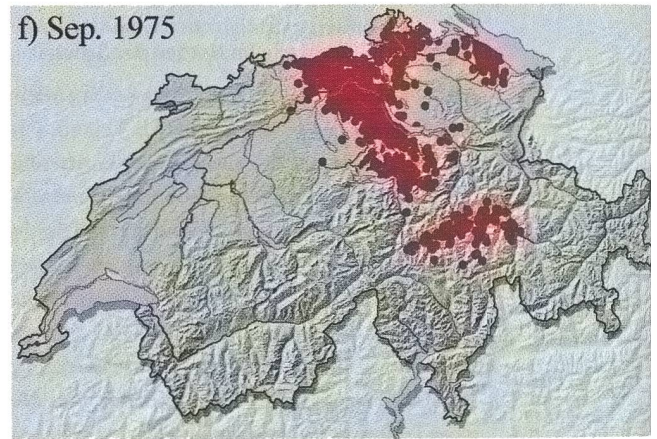
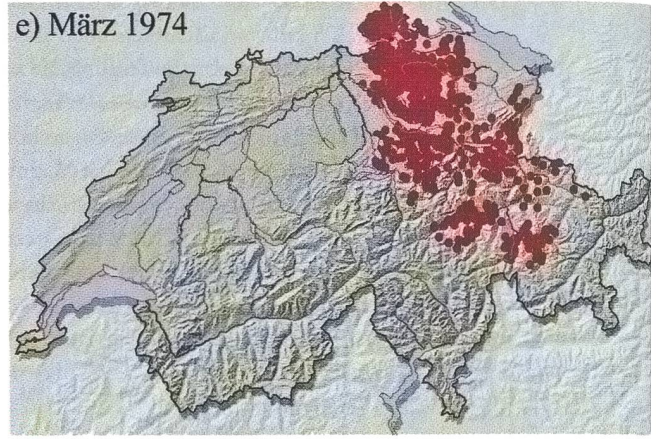
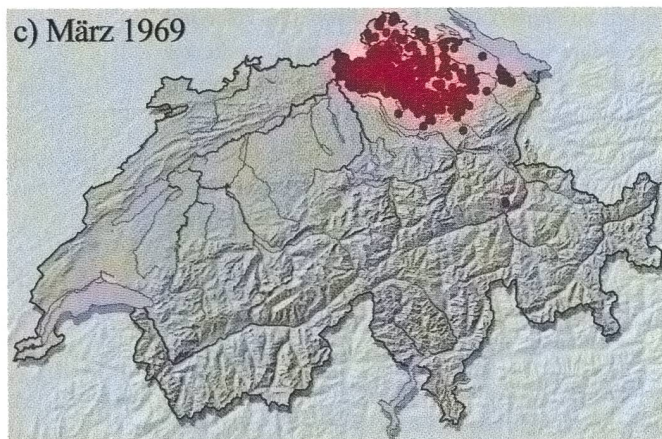
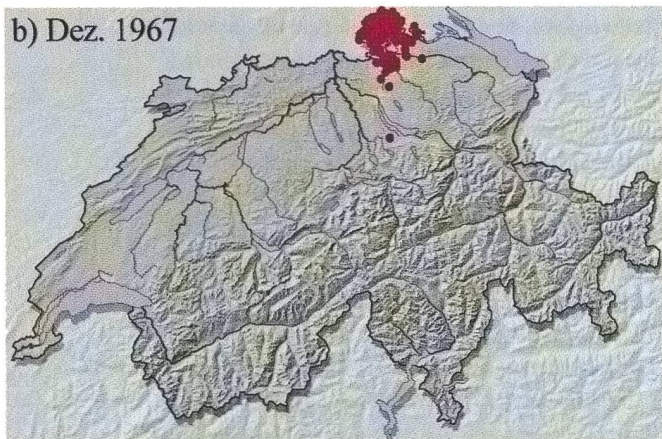
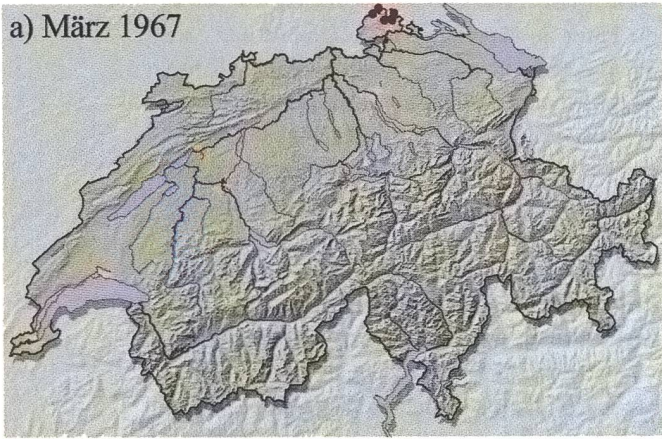
Nach vier Jahren waren die bis dahin hauptsächlich betroffenen Kantone Schaffhausen, Zürich, Thurgau und Aargau wieder weitgehend tollwutfrei. Das Tollwutgeschehen konzentrierte sich auf die Kantone St. Gallen und die beiden Appenzell. (Abb. 1d, März 1971). Die folgenden Jahre brachten sowohl die Infektion neuer Gebiete wie auch die ersten Reinfektionen.

Im Januar 1971 entstand ein neuer Seuchenherd entgegen dem typischen Ausbreitungsmuster der Tollwut ohne direkte Verbindung zur aktuellen Front. In über 45 km Entfernung von den nächsten Fällen in der Nordostschweiz trat ein tollwütiger Fuchs bei Lenzerheide im Kanton Graubünden auf (Abb. 1d, März 1971). Dies war die grösste Distanz, über die sich ein neuer Seuchenherd in der Schweiz je etablieren konnte (Tab. 1). Dieser Fall führte zur Verseuchung der umliegenden Täler und vereinigte sich 1972 mit der Tollwutfront, die aus dem St. Galler Rheintal und dem Fürstentum Liechtenstein in die Ostalpen vordrang (Abb. 1e, März 1974). Bis Mitte 1984, zwei Jahre nach Einsetzen der Impfkampagnen in Graubünden, waren nördlich des Engadins immer einzelne Talschaften von Tollwut betroffen. Der Wechsel zwischen verseuchten und tollwutfreien Perioden erfolgte in den Alpentälern in kürzeren Abständen als im Mittelland oder im Jura. Breite Tollwutwellen, die grossflächige Gebiete durchziehen, fehlten im topografisch stark gegliederten Kanton Graubünden. Wegen der Trennung durch hohe Bergketten konnte sich die Tollwut in benachbarten Tälern fast unabhängig voneinander, häufig sogar in gegenläu-

*Abbildung 1 (auf den folgenden Doppelseiten): Entwicklung der Tollwutepidemie und der Impfmassnahmen in der Schweiz von 1967 bis 1998. Jede Karte zeigt einen Zeitraum von 12 Monaten bis einschliesslich des angegebenen Monats. Tollwutfälle sind für alle Arten ausser Fledermäusen rot eingezeichnet, Impfflächen sind grün gefärbt. Ebenfalls dargestellt ist die Entwicklung des Autobahnnetzes (gelbe Linien), das bei der Ausbreitung der Tollwut als bedeutende Barriere wirkte. In Karte b, Dez. 1967; c, März 1969 und n, März 1994 sind jeweils Einzelfälle weit vor der Front sichtbar (b – Fuchs, c – Schaf, n – Rind), die nicht zu einer weiteren Verseuchung geführt haben und deswegen im Text nicht erwähnt sind.*

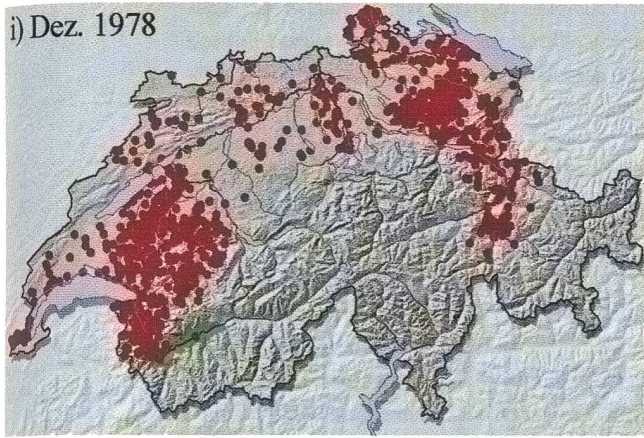
*Geografische Grundlagendaten: Höhenmodell RIMINI – Bundesamt für Statistik GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie, Autobahnen und Gewässer VECTOR200 – Bundesamt für Landestopographie.*



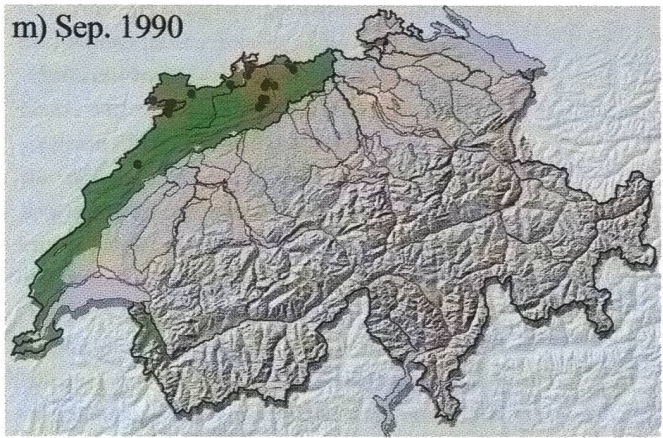




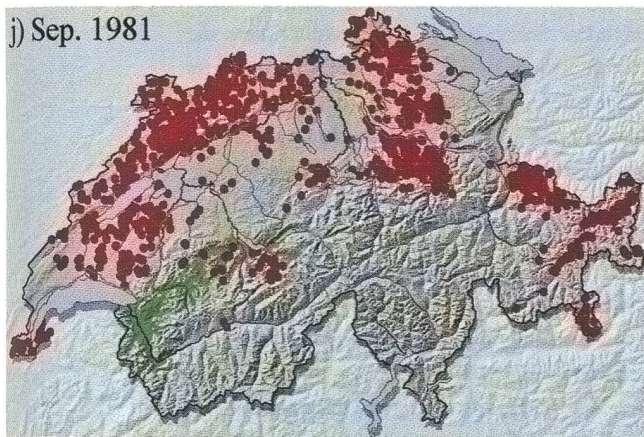
j) Dez. 1978



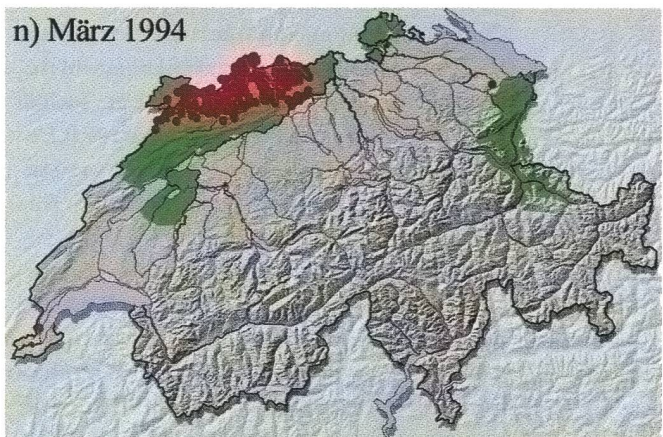
m) Sep. 1990



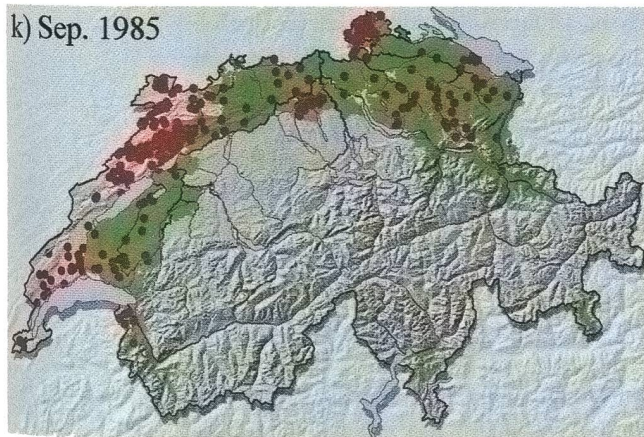
j) Sep. 1981



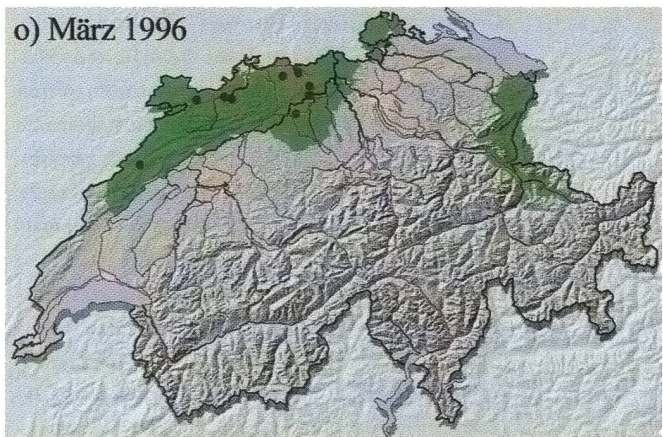
n) März 1994



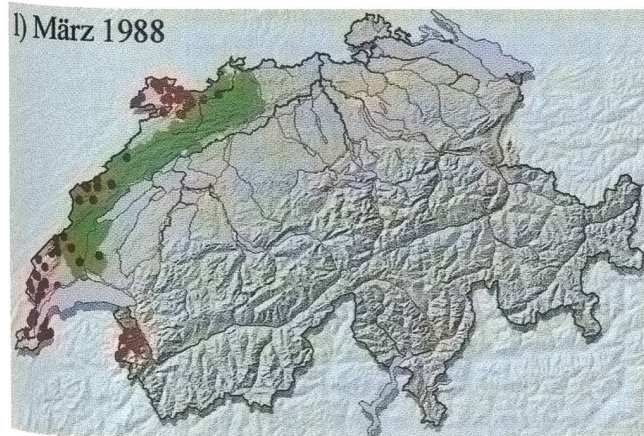
k) Sep. 1985



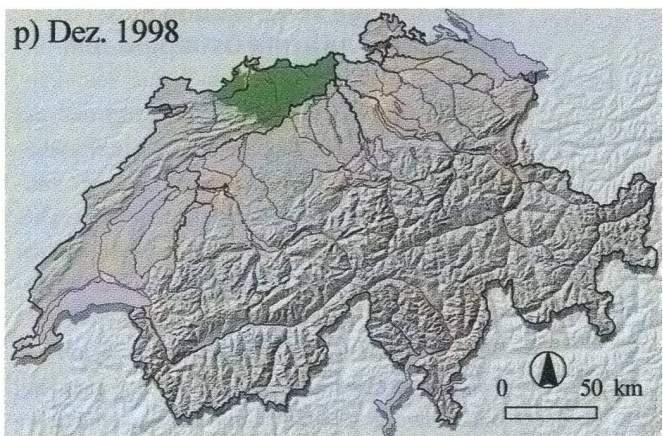
o) März 1996



l) März 1988



p) Dez. 1998





figer Richtung entwickeln. So war es möglich, dass ein gerade tollwutfrei gewordenes Tal vom oberen oder unteren Ende her einem grossen Infektionsdruck aus einem Nachbartal ausgesetzt und erneut infiziert wurde (Abb. 1e–j). Im Jahr 1975 drang die Epidemie im Vorderrheintal bis unterhalb des 2 033 m hohen Oberalppasses vor. In einem Zeitraum von 17 Monaten wurden auf dem 133 km<sup>2</sup> grossen Gebiet der an den Pass grenzenden Gemeinde Tujetsch aber nur 7 Tollwutfälle registriert. Die Intensität der Seuche war im Vorderrheintal gleich wie in anderen Bergtälern mit zunehmender Höhenlage zurückgegangen. Der verbleibende Infektionsdruck war zu gering, um Oberalpass und Furka zu überschreiten und so Andermatt und das Oberwallis zu infizieren (Abb. 1f–h).

Vom räumlich eng begrenzten Infektionsherd Anfang der 70er Jahre schwappte die Seuche auch in den Kanton Glarus über (Abb. 1d, März 1971). Damit wurde erstmals die Linie Walensee–Linthkanal–Zürichsee–Limmat–Aare überschritten. Dies war der Beginn einer in westliche Richtung verlaufenden Verseuchung, die in den folgenden ein- einhalb Jahren den Bereich zwischen Zürichsee und Alpennordrand erfasste (Abb. 1e, März 1974). Gleichzeitig zur Ausbreitung südlich des Zürichsees kam es von 1971 bis 1974 zur Reinfektion des gesamten Bereichs zwischen Zürichsee–Limmat–Aare und dem Bodensee (Abb. 1d, e). Auch Gebiete im Kanton Thurgau oder entlang des Nordufers des Zürichsees, die beim ersten Seuchenzug kaum Fälle zu verzeichnen hatten, waren nun vollständig betroffen. Die hohe Mortalitätsrate von 80–90% (Steck, 1982) hatte die Fuchspopulation nach dem ersten Seuchenzug auf ein so tiefes Niveau reduziert, dass die Krankheit in den befallenen Gebieten nach 1–2 Jahren verschwunden war. Da Füchse ein sehr hohes Reproduktionspotential haben, wuchs allerdings der Bestand in 2–3 Jahren wieder so stark an, dass eine Reinfektion möglich wurde.

### Grossflächige Verseuchung von Mittelland, Jura und Ostalpenraum

1974 begann die Verseuchung des Jura und des Mittellandes südlich der Limmat (Abb. 1e, f). In diesem Jahr wurde die ehemalige Barriere Limmat–Aare an mehreren Stellen überwunden. Dies geschah fast zeitgleich mit dem Vorstoss der Tollwut südlich des Zürichsees. Beide Tollwutwellen vereinigten sich und drangen weiter in südwestliche Richtungen vor. Steck et al. (1980) hatten im Kanton Aargau Anfang der 70er Jahre die Sammlung und Tollwutdiagnostik aller tot anfallenden Füchse initiiert. Diese ausserordentlich intensive Surveil-

lance erlaubte einen direkten Vergleich der Tollwutentwicklung im Jura und Mittelland anhand der gemessenen Falldichten (Abb. 1g, März 1976). Im Aargauer Mittelland wurden im Zeitraum 1974–76 maximal 2,2 tollwütige Füchse pro km<sup>2</sup> und Jahr gefunden. Dagegen wurden nördlich der Aare, im Aargauer Jura, zur gleichen Zeit mit 4,5 Füchsen pro km<sup>2</sup> und Jahr die höchsten Falldichten während der gesamten Epizootie nachgewiesen. Die Frontwelle der Epidemie im Jura bewegte sich innerhalb eines Jahres über eine Strecke von etwa 35 km von der Aare bis zur Autobahn A2 zwischen Härkingen und Basel. Im Mittelland verschob sich die Frontwelle nach Überquerung der Reuss direkt südlich der A1 dagegen nur um 24 km bis in den Bereich der Suhre. Noch weiter südlich kam die Epidemie schon in 10 km Entfernung von der Reuss nach einem Jahr fast zum Stillstand. Bereiche des Berner und Solothurner Mittellandes inklusive Bucheggberg, Emmental und luzernisches Entlebuch blieben erstaunlicherweise weitgehend von der Tollwut verschont (Abb. 1h–j). Das Phänomen, dass hier die von allen Seiten herannahenden Tollwutwellen verebten, kann nicht alleine durch Barrieren oder durch die geringe Habitatkapazität für Füchse im Mittelland in Kombination mit einer hohen Intensität der angewandten Reduktionsmassnahmen (Steck et al., 1980) überzeugend erklärt werden.

Während der Jura von Nordosten her von der Tollwut überrollt wurde, kam es zusätzlich 1976 zu einem Tollwuteinbruch aus Frankreich (Abb. 1g, März 1976). Seit dem ersten Tollwutfall in der Schweiz im Jahr 1967 hatte sich die Krankheit unabhängig vom Geschehen im Ausland entwickelt. Das Jahr 1976 markiert mit der Infektion aus Frankreich den Beginn einer Phase, in der die Epizootie in der Schweiz wesentlich von der im Ausland mitbestimmt wurde. In Frankreich war die Tollwut von Norden kommend bis in die Departemente Doubs und Jura (Steck et al., 1980) vorge- drungen. Die Schweiz teilt im Jura eine 335 km lange Grenze mit Frankreich, die durch keinerlei Barrieren geschützt ist. Der Grenzfluss Doubs wurde 1976 an mehreren Stellen von der Tollwut überschritten. Bis Ende 1977 war der gesamte Jura bis zum Genfer See verseucht (Abb. 1h, März 1977). Zwischen Genfer und Neuenburger See drang die Tollwut wieder nach Nordosten ins Mittelland und in die Freiburger und Waadtländer Alpen vor. Die Saane wurde sofort überquert, und erst die Aare brachte die weitere Ausbreitung nach Nordosten zum Erliegen (Abb. 1i, Dez. 1978). Im Jahr 1978 erreichte die Seuche in der Schweiz ihre grösste Ausdehnung. Bis dahin waren nördlich des Alpenhauptkammes nur die Kantone Obwalden und Nidwalden vollständig von der Tollwut ver-



schont geblieben. Zumindest vorübergehend wieder tollwutfrei geworden waren die Kantone Glarus, Uri und Schwyz.

### Orale Immunisierung von Füchsen – der Weg zur Tollwutfreiheit

1978 erreichte die Tollwut im Rhonetal den Kanton Wallis. Die weitere Ausbreitung rhoneaufwärts konnte mit der ersten Feldapplikation einer oralen Immunisierung von Füchsen gestoppt werden. Im Herbst 1978 wurden auf einer Fläche von 336 km<sup>2</sup> 4 050 Impfköder ausgebracht (Kappeler, 1991; Wandeler et al., 1988; Abb. 1i, Dez. 1978). Als Reaktion auf einen tollwütigen Fuchs östlich der ersten Impfzone wurde im Dezember 1978 eine zusätzliche Zone von 155 km<sup>2</sup> mit weiteren 1 755 Ködern beimpft. In der Folge wurde innerhalb oder oberhalb der Impfzone keine Tollwut mehr registriert, und man dehnte im folgenden Frühjahr die Impffläche bereits bis zum Genfer See und in den Kanton Waadt aus. Die Massnahmen erwiesen sich als voller Erfolg: Nur etwas mehr als ein Jahr nach ihrem Beginn war die Tollwut aus dem Rhonetal verschwunden. Allerdings kam es 1980 zu einer erneuten Infektion des Rhonetals, vermutlich durch Füchse, die aus dem massiven Seuchenherd im Berner Oberland über den Rawil-Pass (2 429 m ü. M.) oder die Gemmi (3 214 m ü. M.) ins Wallis gelangten (Abb. 1j). Die Wiederaufnahme der Impfung brachte die Tollwut im Wallis rasch endgültig zum Erliegen.

Ab 1981 wurden die Impfzonen immer weiter ausgedehnt, zuerst auf die westlichen Voralpen (Abb. 1j, Sep. 1981), später auf die östlichen Alpen und die Zentralalpen. 1983 begannen die Impfkampagnen auch im Mittelland, 1984 im nördlichen Tafeljura. Die Festlegung der zu impfenden Fläche orientierte sich massgeblich an den Erfahrungen, wie sich die Epidemie seit 1967 entwickelt hatte. Besonders die Tatsache, dass die Landschaft im Hinblick auf die Ausbreitung der Tollwut durch natürliche und künstliche Barrieren kompartimentiert ist, fand bei der Planung Berücksichtigung. So wurde versucht, die Tollwut möglichst innerhalb von einem oder von einigen zusammenhängenden, durch Barrieren abgegrenzten Gebieten vollständig zu eliminieren, bevor Impfkampagnen in weiteren Gebieten begonnen wurden. Dieses Konzept der Kompartimente (Wandeler et al., 1988b; Kappeler, 1991; Kappeler und Wandeler, 2000) war ein ebenso wesentlicher Teil der gesamten Strategie der oralen Immunisierung wie etwa die Wahl geeigneter Impfstoffe und Köder.

In den Jahren 1980 und 1981 war es auch zu Infektionen der südlichen Bündner Täler gekom-

men. Aus dem Tirol drang die Tollwut 1980/81 in 18 Monaten bis Sils im Engadin vor (Abb. 1j, Sep. 1981). Etwa zeitgleich, zwischen Mitte 1981 und Mitte 1982, wurden Münstertal, Puschlav und Bergell aus Italien befallen. Im Puschlav und Bergell waren danach bis 1986 Impfkampagnen erforderlich. Die Infektionen im Münstertal und im Unterengadin erloschen dagegen von selbst, und dank der Impfkampagnen im angrenzenden Ausland waren Impfungen hier nie notwendig.

Im Frühjahr 1985 wurde mit 10 500 km<sup>2</sup> in der Schweiz die grösste Fläche gleichzeitig beimpft; insgesamt waren bis zu diesem Zeitpunkt annähernd 15 000 km<sup>2</sup> behandelt worden (Kappeler, 1991; Zaroni et al., 2000). Als Erfolg dieser Impfkampagnen konnten der gesamte schweizerische Alpenraum und grosse Teile des Mittellandes von Tollwut befreit werden (Abb. 1k, Sep. 1985). Einzig der Grenzbereich zu Frankreich wurde lange von den Impfungen ausgenommen. In Frankreich fanden die ersten Impfkampagnen 1986 im Bereich der Grenze zu Luxemburg statt. Im Herbst 1988 impften die Franzosen im Rhonetal südlich des Genfer Sees erstmals an die Schweiz grenzendes Gebiet, das sie in der Folge kontinuierlich weiter nach Norden in den Jura ausdehnten. 1988 begann man in der Schweiz, den bisher nicht behandelten Streifen entlang der Grenze in die Impfkampagnen einzuschliessen (Abb. 1l, März 1988), und im Jahr 1990 wurde der Jura schliesslich auf seiner ganzen Länge von beiden Ländern beimpft (Abb. 1m, Sep. 1990). Die letzten in der Schweiz verbliebenen Seuchenherde im Jura schienen zu erlöschen. Seit Beginn der Epidemie in der Schweiz wurden von April 1990 bis März 1991 mit 35 Fällen die geringsten Fallzahlen registriert. Eine Reinfektion aus Frankreich im selben Jahr führte jedoch zu einem erneuten Aufflackern der Tollwut und zur Bildung eines starken Seuchenherds im nördlichen Jura (Kappeler, 1991; Breitenmoser et al., 2000; Abb. 1n, März 1994). Obwohl aus Frankreich eingewanderte Füchse die Reinfektion verursachten, wurde die Seuche im Schweizer Jura rasch wieder endemisch. Erst eine Intensivierung der Massnahmen zur Tollwutbekämpfung im Jahr 1994 (Breitenmoser und Zaroni, 1995) führte schliesslich zum endgültigen Rückgang der Tollwut. Im Herbst 1996 wurde in Buus BL der bis heute letzte Fall von Tollwut bei einem Wildtier entdeckt. Um der Gefahr nicht entdeckter Fälle oder einer verlängerten Inkubationszeit zu begegnen, wurde auf schrittweise reduzierter Fläche noch zwei Jahre nach diesem Fall geimpft. Im Frühjahr 1998 wurde schliesslich auf einer Fläche von nur noch 1 040 km<sup>2</sup> die anhin letzte Impfkampagne durchgeführt (Breitenmoser et al., 2000; Abb. 1p).



## Literatur

Ein Gesamtverzeichnis der Literatur befindet sich am Ende dieses Hefts.

## Dank

Adrian Siegenthaler und Rémy Monet danken wir für die Digitalisierung von Tollwutfällen und Impfzonen. Matthias Ulrich ist die Aufarbeitung der Entwicklung des Autobahnnetzes zu verdanken. Das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft hat die vorliegende Arbeit im Rahmen des EU-FAIR-Projektes CT97-3515 finanziell unterstützt (BBW-Nr. 97.0586).

### **Le développement de la rage en Suisse – le paysage influence le déroulement d'une épidémie chez les animaux sauvages**

L'épidémie de la rage qui a touché la Suisse en 1967 s'est développée par manque de mesures préventives, dépendant au début surtout des facteurs topographiques. Ceux-ci agissent soit comme barrière contre la propagation de la maladie, soit ils déterminèrent le nombre de renards, créant ainsi un terrain favorable à l'épidémie. Après la première infection dans le canton de Schaffhouse, la maladie s'est d'abord répandue dans le nord-ouest de la Suisse, plus tard dans l'est des Alpes, ainsi que dans des territoires plus étendus du centre du pays et dans le Jura. En 1978, des campagnes d'immunisation orale des renards ont été lancées contre la rage. Aussi, le déroulement des campagnes de vaccination au cours des années suivantes étaient étroitement lié aux caractéristiques des paysages. Ces mesures ont permis de faire reculer la rage et de la faire disparaître complètement en Suisse à la fin des années 1990. Nous décrivons le développement complet de l'épidémie pendant les 30 ans depuis la première infection jusqu'au dernier cas enregistré et à la dernière campagne de vaccination.

### **L'evoluzione della rabbia in Svizzera – Il paesaggio influenza il decorso dell' epidemia degli animali selvatici**

L'epidemia di rabbia che raggiunse la Svizzera nel 1967, si sviluppò per la mancanza di misure di lotta efficaci, all'inizio soprattutto in dipendenza di fattori territoriali. Questi ebbero sia un ruolo di barriere contro la diffusione, o influenzarono in modo determinante la densità delle volpi e di conseguenza il terreno favorevole per il propagarsi dell'epidemia. Dopo i primi casi di infezione nel cantone Sciaffusa, vennero in seguito colpite la parte nord-occidentale della Svizzera, le Alpi orientali, ampie zone della parte centrale e del Giura. Nel 1978 vennero condotte nel cantone Vallese le prime campagne di immunizzazione per via orale delle volpi contro la rabbia. Anche la progettazione delle campagne di vaccinazione degli anni successivi tenne conto in maniera determinante delle caratteristiche del paesaggio. In questo modo fu possibile contenere i casi di rabbia ed in seguito, alla fine degli anni 90, eliminare la rabbia dalla Svizzera. Viene descritto l'andamento dell'epidemia nel corso di 30 anni, a partire dai primi casi d'infezione fino all'ultimo caso registrato e le ultime misure di vaccinazione.

## Korrespondenzadresse

Ulrich Müller  
Schweizerische Tollwutzentrale  
Institut für Veterinär-Virologie der Universität Bern  
Länggassstrasse 122  
3012 Bern  
E-Mail: umueller@ivv.unibe.ch