Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden

Band: 101 (1983-1984)

Artikel: Tollwutbekämpfung in der Schweiz mit besonderer Berücksichtigung des Kantons Graubünden

Autor: Hässig-Kirchen, Franz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-594523

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Jber. Natf. Ges. Graubünden 101 (1984), 101–156

Tollwutbekämpfung in der Schweiz mit besonderer Berücksichtigung des Kantons Graubünden

Von Franz Hässig-Kirchen

Der vorliegende Bericht ist eine gekürzte Fassung der Diplomarbeit «Köderversuche beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes L.*)», die bei Prof. Dr. V. Ziswiler, Universität Zürich, unter der Leitung von Dr. A. Wandeler, Schweizerische Tollwutzentrale, Bern, entstanden ist.

Anschrift des Verfassers:

F. Hässig-Kirchen
Gasthaus Krone
7015 Tamins

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Problemstellung
2.1 Ziele der Arbeit
2.2 Fragestellung
2.3 Definitionen

3. Untersuchungsgebiete und Methodik
3.1 Untersuchungsgebiete
3.2 Köder und Ködermarkierung
3.3 Köderkarten
3.3.1 Flächenmethode
3.3.2 Luderplatzmethode
3.4 Ablauf der Impfaktionen
3.4.1 Köderzubereitung
3.4.2 Köderverteilung im Gelände
3.4.3 Kontrollen im Gelände
3.5 Materialentnahme und Datenerfassung
3.6 Auswertung
3.6.1 Verwertbares Material
3.6.2 Tetrazyklinnachweis
3.6.2.1 Knochenstruktur und Tetrazyklinnachweis
3.6.2.2 Zahnstruktur und Tetrazyklinnachweis

4. Ergebnisse mit der Flächenmethode
4.1 Zeitliches und Örtliches über die ausgeführten Impfaktionen vom Herbst 1981 bis Herbst 1983
4.1.1 Die Impfaktionen im Kanton Graubünden
4.2 Verschwinderate der Köder
4.3 Todesursachen
4.4 Markierungsanteil beim Stichprobenmaterial
4.5 Analyse der markierten und nicht markierten Tiere
4.5.1 Altersverteilung
4.5.2 Geschlechtsverteilung
4.5.3 Vergleich zwischen den Populationen
4.5.4 Höhenverteilung und relative Dichte

4.6 Tetrazyklinnachweis im Caninus
4.6.1 Geschlechts- und Altersverteilung der untersuchten Tiere
4.6.2 Zeitpunkt der Köderaufnahme

5. Ergebnisse mit der Luderplatzmethode im Bergell (BR), Kanton Graubünden
5.1 Auslegung der Köder
5.2 Verschwinderaten der Köder
5.3 Qualitativer Tetrazyklinnachweis im Femur
5.4 Markierungsanteil beim Stichprobematerial
5.5 Quantitativer Tetrazyklinnachweis im FEmur
5.6 Tetrazyklinnachweis im Caninus

6. Diskussion
6.1 Probleme der Tetrazyklinmarkierung
6.2 Probleme der Köderverteilung und Köderaufnahme
6.3 Probleme der Tollwutbekämpfung

7. Dank

8. Zusammenfassung

9. Literatur

1. *Einleitung*

Die Tollwut ist eine der am längsten bekannten Infektionskrankheiten. Nur wenige Länder sind bis heute von dieser Seuche noch verschont geblieben. Die Schweiz wurde im März 1967 von der Frontwelle der sich von Polen über Zentraleuropa ausbreitenden sylvatischen Tollwut erreicht. Seither war die Schweiz nie mehr tollwutfrei. Im In- und Ausland sind viele Untersuchungen über die Epidemiologie und Ökologie der Tollwut gemacht worden. Aus all diesen Arbeiten geht klar hervor, dass der Fuchs der Träger des jetzigen Seuchenzuges in Europa ist.

Die Reduktion des Fuchsbestandes bewirkt eine Verringerung der Tollwutfälle. Wird eine kritische Dichte des Fuchsbestandes unterschritten, so kommt es zum Abreissen der Infektionskette. Unter topographisch günstigen Bedingungen kann dadurch das Vordringen der Tollwut aufgehalten werden (WANDELER u. Mitarb., 1974). Das gleiche Ziel könnte auch durch die künstliche Immunisierung der Fuchspopulation erreicht werden. BAER et al. (1971), DEBBIE et al. (1972) und BLACK und LAWSON (1973) haben gezeigt, dass man Füchse mit dem lebend abgeschwächten Tollwutvirusstamm SAD oral (durch den Mund) immunisieren kann. Damit war die Möglichkeit der Impfung von Fuchspopulationen gegen Tollwut in greifbare Nähe gerückt. Als nächstes galt es, einen Köder zu finden, der folgende Kriterien erfüllt:

- er darf vor dem Fressen nicht längere Zeit gelagert werden,
- er sollte von anderen Arten und von Menschen nicht aufgenommen werden,
- er muss von einem hohen Prozentsatz der Füchse einer Population aufgenommen werden,
- er darf den Impfstoff nicht inaktivieren,
- er muss den Impfstoff in die Mundhöhle abgeben (das Impfvirus wird im Magen zerstört),
- er soll eine biologische Kennzeichnung (Marker) tragen
- er muss billig und in genügender Menge erhältlich sein.

Diese Kriterien sind durch keinen Köder vollständig erfüllbar (WANDELER et al., 1975).

An der Schweizerischen Tollwutzentrale in Bern entschied man sich für Hühnerköpfe mit je 150 mg Tetrazyklinchlorat als Marker. Da dieses Ködermaterial das Impfvirus aber in wenigen Stunden vollständig inaktiviert, musste man für den Impfstoff einen leicht zerbeissbaren Plastikbehälter entwickeln. Dieser wird unter der Haut der Hühnerköpfe

versteckt (HÄFLIGER et al., 1982). Beim Zerkauen des Köders wird der Impfstoffbehälter durchlöchert, und das Vakzinevirus [10^7 infektiöse Einheiten des lebenden, attenuierten (abgeschwächten) Impfvirus], kann Mund- und Rachenschleimhaut infizieren. Die Abwehr gegen diese lokale Infektion hinterlässt eine gute Immunität auch gegen das Feldvirus der Tollwut.

In der Schweiz wurde erstmals 1978 im Kanton Wallis versucht, die Füchse oral gegen die Tollwut zu impfen (STECK et al., 1982 a+b). Der Erfolg war sehr positiv, so dass diese Methode für den weiteren Kampf gegen die Seuche auf neue, dem jeweiligen Stand der Seuche angepasste Gebiete, übertragen werden konnte.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Nachweis der Köderaufnahme bei getöteten Füchsen und mit der Köderaufnahme durch Füchse an sich. Es wird versucht, die gewonnenen Daten mit der Ökologie und Biologie des Fuchses in Beziehung zu bringen.

2. *Problemstellung*

2.1 *Ziele der Arbeit*

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Köderaufnahme durch den Fuchs nachzuweisen und eine von Jägern, Wildhütern und anderen Fachleuten viel propagierte Luderplatzmethode zu untersuchen. Die Arbeit will aber mit der Markierung der Tiere auch biologischen und ökologischen Fragestellungen des Fuchses nachgehen.

2.2 *Fragestellungen*

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit standen die folgenden Fragen im Vordergrund:

(1) Welcher Prozentsatz der untersuchten Füchse ist mit Tetrazyklin markiert?
(2) Nehmen alle Altersklassen und beide Geschlechter die Köder gleich häufig auf?
(3) Ist die Luderplatzmethode eine alternative Auslegeart zur Flächenmethode?
(4) Zu welchem Zeitpunkt nach dem Auslegen werden die Köder durch den Fuchs aufgenommen?
(5) Persistenz der Markierung bei Jung- und Altfüchsen
(6) Spielt eine verschiedene Bejagungsart auf die Stichprobenzusammensetzung eine Rolle?

2.3 Definitionen

Einige häufig verwendete Bezeichnungen haben in der Arbeit folgende Bedeutung:

Fuchs: Das Wort Fuchs ist eine zoologische Artbezeichnung und gilt somit für beide Geschlechter und alle Altersklassen. Männliche Tiere (♂) werden mit Rüde, weibliche Tiere mit Fähe bezeichnet (♀).

Welpe: Welpen nennt man die Jungtiere, die zu etwa 90% zwischen Mitte März und Mitte April nach einer Tragzeit von ca. 53 Tagen zur Welt kommen. Diese Bezeichnung wird aber nur für die ersten 6 Lebenswochen angewendet. Die Geschlechtsreife erreichen die Tiere im Alter von 8–10 Monaten (G. GAFFREY, 1961).

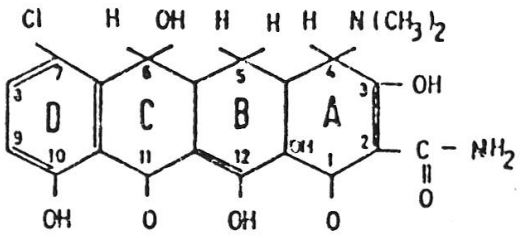
Jungfuchs: Die in der Arbeit gewählten Hilfsmittel zur Altersbestimmung erlauben nur eine Gruppierung in subadulte bis einjährige und ältere Tiere. Aus Einfachheitsgründen werden alle über 6 Wochen bis 12 Monate alten Tiere als Jungfüchse bezeichnet.

Altfuchs: Alle Tiere über 12 Monate werden als Altfüchse bezeichnet. Als Trennungsdatum wird jeweils der 31. März genommen.

Luderplatz: Ort, wo die Füchse zum Abschuss mit Fleischabfällen und Aas angelockt werden.

Wechsel: Häufig begangene Strecken von Füchsen.

Tetrazyklin: Darunter wird hier immer das Tetrazyklinchlorat mit folgender Strukturformel verstanden:



Impfzone/Impfgebiet: Alle Gebiete, in denen mindestens einmal Köder ausgelegt wurden, werden als Impfzone (Impfgebiet) bezeichnet.

Population: Die Gesamtheit der Füchse, die in einem definierten Raum leben.

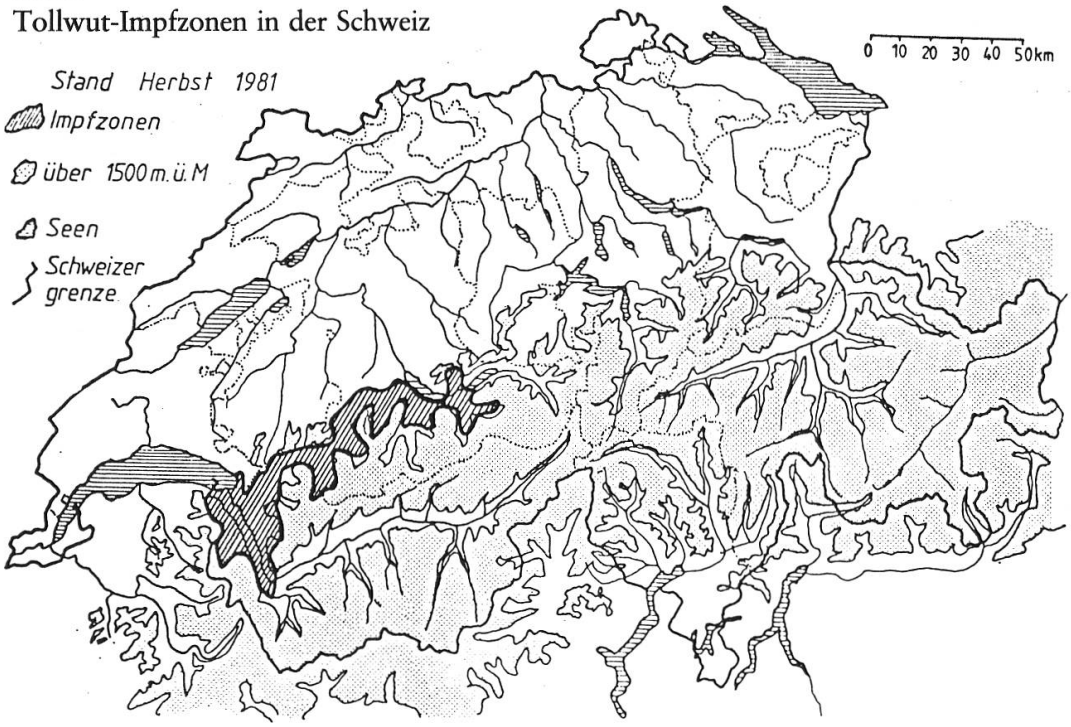
3. *Untersuchungsgebiete und Methodik*

3.1 Untersuchungsgebiete

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das gesamte Material untersucht, welches aus den Impfgebieten von Herbst 1981 bis Herbst 1983 an die Schweizerische Tollwutzentrale eingesandt wurde.

Die Karten 1–5 geben einen Überblick über die jeweilige Ausdehnung der Gebiete der durchgeführten Herbst- und Frühlingsimpfaktionen.

Karte 1
Tollwut-Impfzonen in der Schweiz

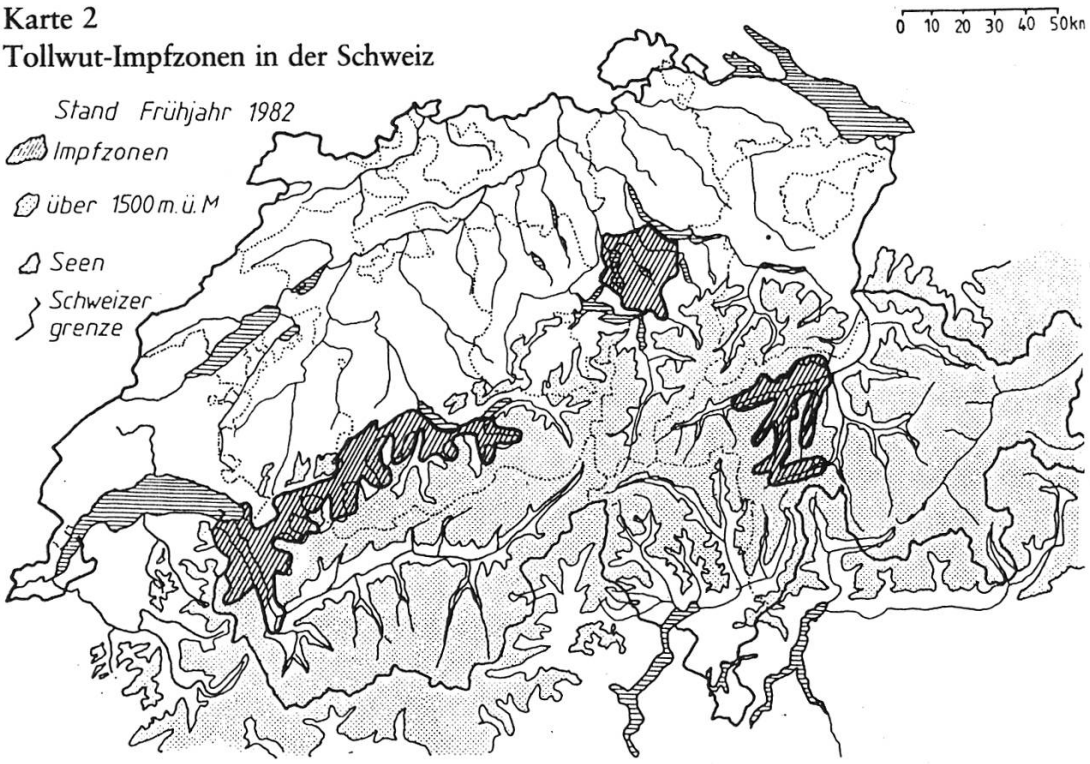


Bei der Arbeit wird das Untersuchungsgebiet in drei Teile gegliedert:

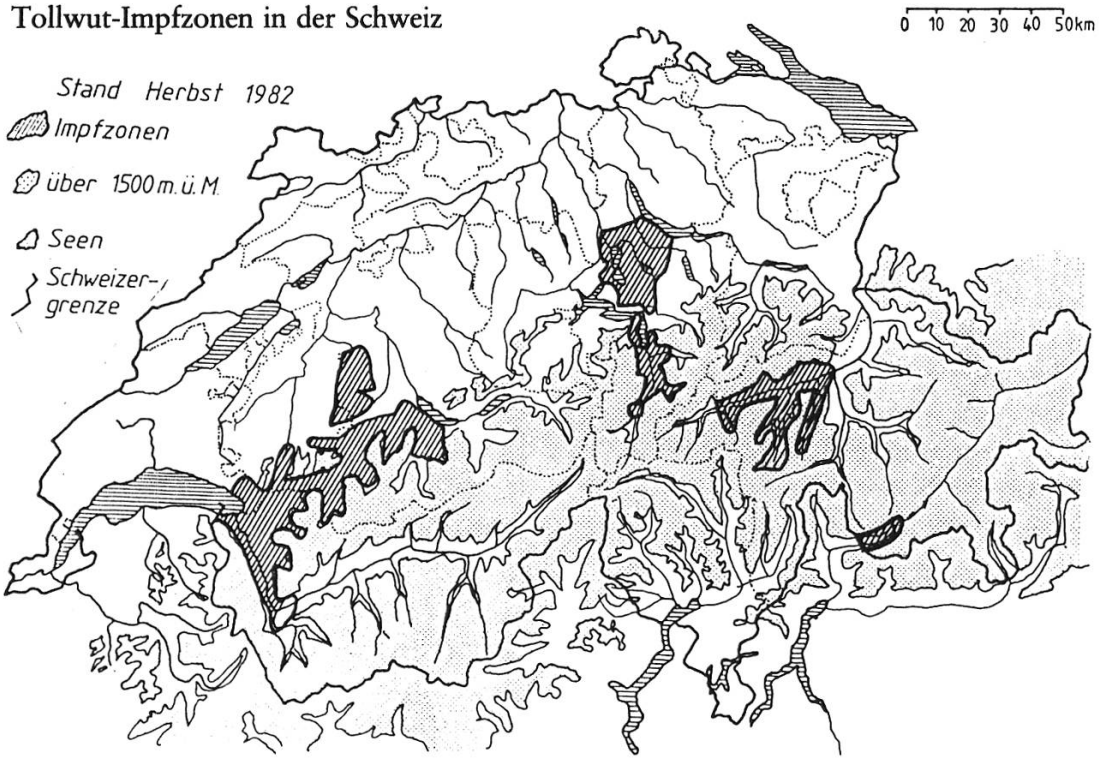
(1) gesamtes Impfgebiet der Schweiz (Kantone: BE, FR, GL, SZ, UR, VD, VS, ZG und ZH) ohne den Kanton Graubünden (GR),
(2) geimpftes Gebiet des Kantons Graubünden (GR) ohne Bergell (BR),
(3) Impfgebiet des Bergells (BR)

Diese Gliederung wurde so gewählt, weil einerseits im Kanton Graubünden zusätzliche Daten gesammelt wurden, andererseits das Bergell aber nicht mit den gleichen Auslegeverfahren geimpft wurde. Die Wahl für die neue Auslegemethode fiel auf das Bergell, da die Behörden und die Talschaft an einer Impfaktion (Impfung) sehr interessiert waren. Das

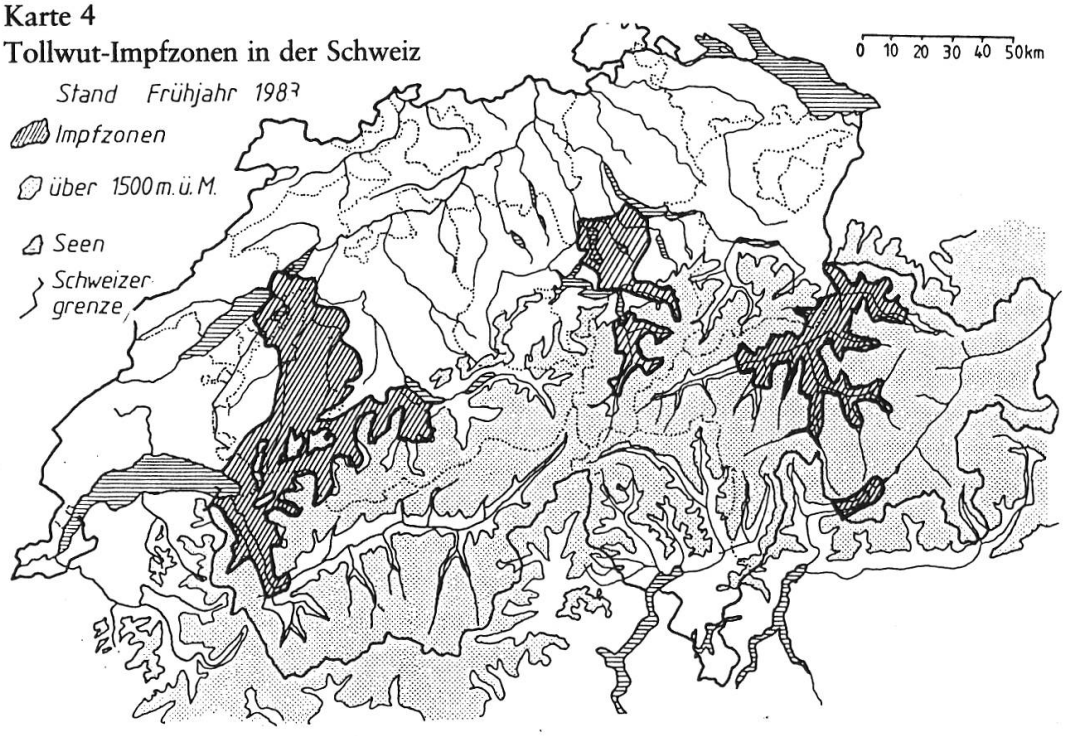
Karte 2
Tollwut-Impfzonen in der Schweiz



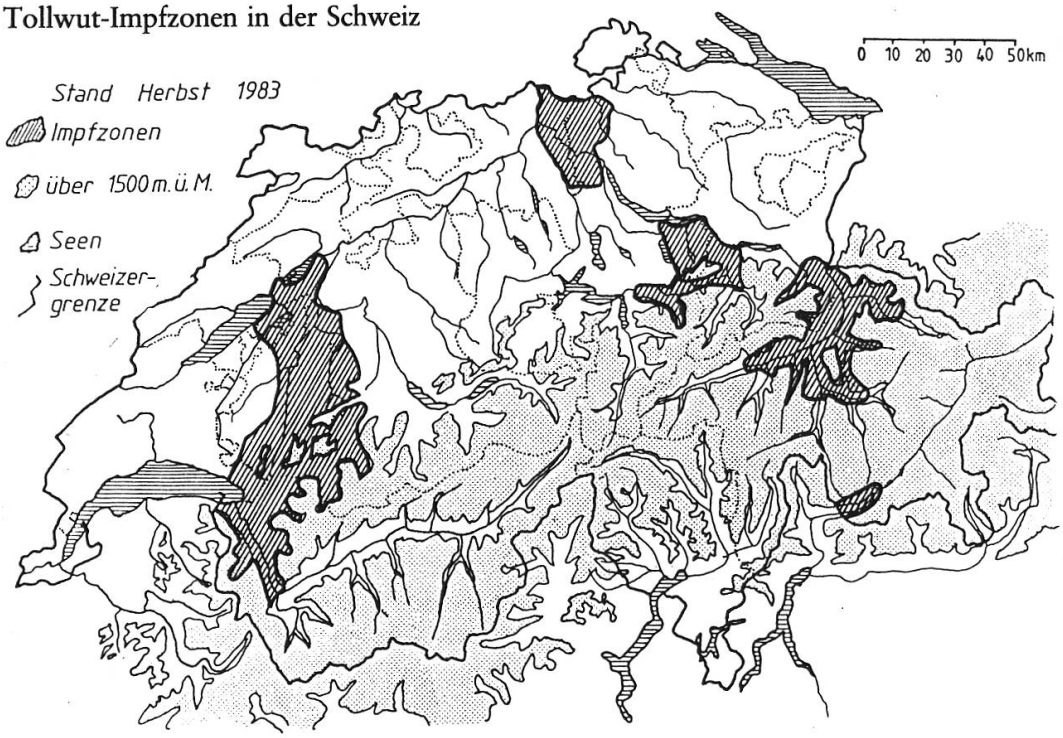
Karte 3
Tollwut-Impfzonen in der Schweiz



Karte 4
Tollwut-Impfzonen in der Schweiz



Karte 5
Tollwut-Impfzonen in der Schweiz



Gebiet eignete sich aber auch aus geographischen Gesichtspunkten, hatte es doch den nötigen Abstand vom Impfgürtel Nordbündens und konnte diesen auch bei einer Ausdehnung oder Verschiebung des nördlichen Impfgebietes beibehalten. Die beiden Impfgebiete trennten sich deutlich voneinander und ein Durchmischungseffekt der beiden Populationen war so fast ausgeschlossen.

3.2 Köder und Ködermarkierung

Verschiedene Vorversuche haben gezeigt (WANDELER et al. 1975), dass Hühnerkopfköder von den Tieren gut aufgenommen werden. Die Hühnerköpfe sind auch als Träger für Impf- und Vitalfarbstoffe geeignet und können zudem in grösseren Mengen billig beschafft werden. Als Vitalfarbstoff hat sich der Gebrauch von Tetrazyklinchlorat bewährt. Dieser Farbstoff hat den Vorteil, dass er in der verwendeten Menge (150 mg in Suspension/Köder) kaum toxisch ist und beim Konsumenten einfach und über eine lange Zeit nachgewiesen werden kann.

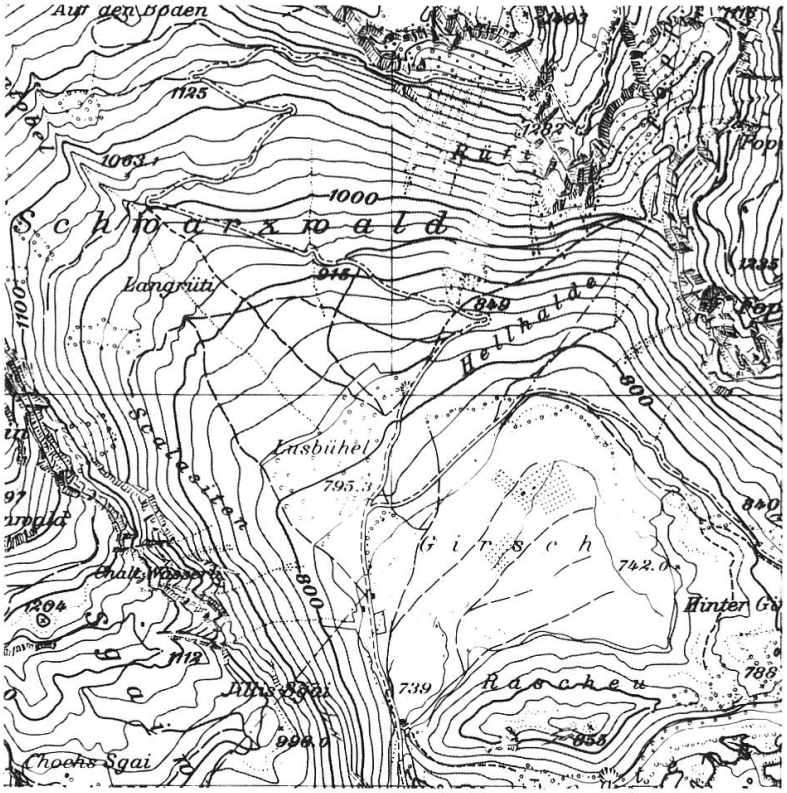
3.3 Köderkarten

Für sämtliche zu impfenden Gebiete erstellt man Köderkarten und benutzt dazu die Landeskarte der Schweiz 1:25 000, in die Auslegeorte der Köder eingezeichnet werden.

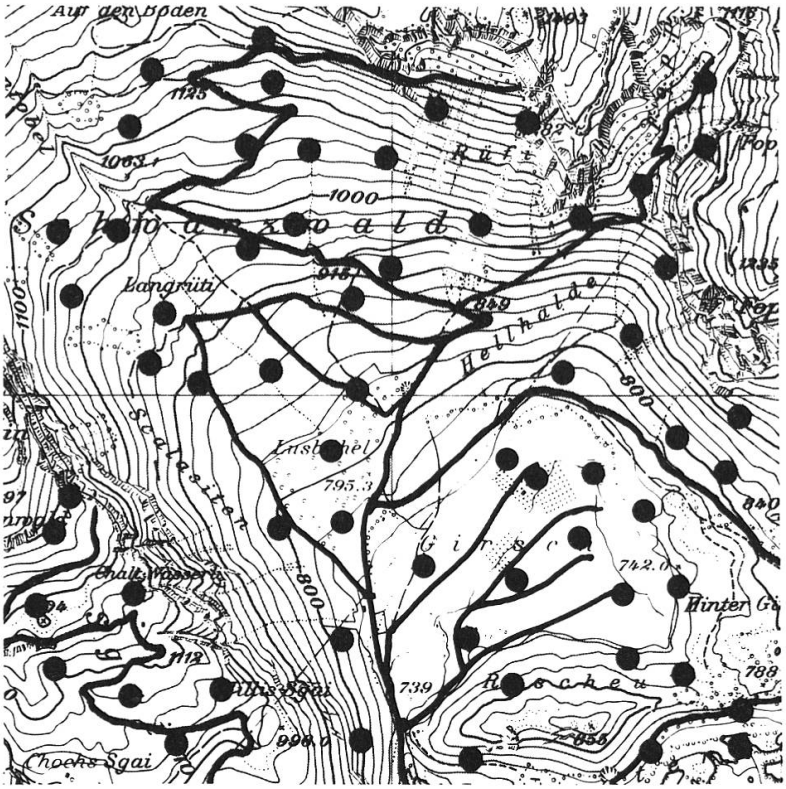
3.3.1 Flächenmethode

Bei dieser Auslegeart wird für das gesamte Impfgebiet eine Köderdichte von 16–20 Köder/km² angestrebt. Die Auslegemannschaften erhalten Landeskarten 1:25 000, auf welchen für die Köder Deponierungsorte eingetragen sind. In der näheren Umgebung jedes auf der Karte eingetragenen Ortes wird ein Köder an einer geeigneten Stelle plaziert und mit Laub getarnt. Beim Entwerfen der Köderkarte werden die befahrbaren Strassen bevorzugt, damit das Aussetzen der Köder erleichtert wird, wobei aber das Prinzip der flächendeckenden Köderverteilung stets gewahrt wird.

Zur Abgrenzung zu Nicht-Impfgebieten hält man sich womöglich an natürliche Grenzen. Bei Abgrenzung der oberen Höhenlage werden die 3 Kriterien: bewohnte Siedlungen, befahrbare Strassen oder die 1600 m Höhenlinie berücksichtigt. Will man die höher gelegenen oder unwegsamen Gebiete trotzdem impfen, so muss für das Auslegen zu Fuss ein Mehraufwand in Kauf genommen oder ein Helikoptereinsatz durchgeführt werden. Bei der Erstellung der Köder-Karte nach der Flächenmethode werden weitere Punkte wie Fuchsbauten, Luderplätze oder Wechsel nicht berücksichtigt.



Karte 6:
Ausschnitt aus der Landeskarte «Reichenau» 1:25 000, Blatt 1195, ohne Köderplatz-Einzeichnung



Karte 7:
Kartenausschnitt mit eingezeichneten Ködern (Köderkarte)

▬ befahrbare Strassen

● Köder

«Karte 6 und 7 reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 14. 9. 1984»

3.3.2 Luderplatzmethode

Diese Auslegeart unterscheidet sich von der Flächenmethode dadurch, dass für die Erstellung der Köderkarten die Jägerschaft vorgängig befragt wird. Die Auslegeorte berücksichtigen bekannte Fuchsbauten, Wechsel, Luder-, Müll- und Abfallplätze. Das Prinzip der flächendekkenden Köderverteilung wird hier bewusst nicht eingehalten. Es wird eine lückenhafte, an die gewählten Kriterien angepasste Auslegemethode angestrebt. Dabei werden mit dieser Methode drei Punkte anvisiert:

- punktuelles Auslegen der Köder in nicht gut befahrbaren Gebieten, die sich für die Flächenmethode nicht optimal eignen,
- den Aufwand für das Auslegen der Köder zu reduzieren,
- einen höheren Prozentsatz an markierten Tieren zu erreichen.

3.4 Ablauf der Impfaktionen

Die Impfaktionen gliedern sich im wesentlichen in drei Phasen:

(1) einer Aktionsplanung: Räumliche und zeitliche Planung der Aktionen mit Berücksichtigung des jeweiligen Seuchenstandes.

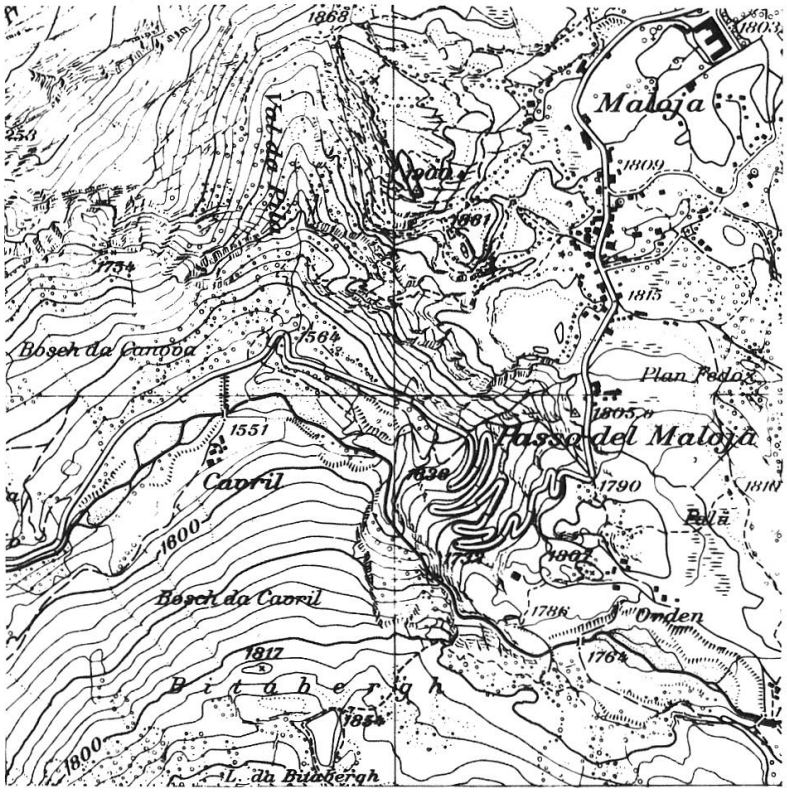
Diese Aktionsplanung geschieht in einer Zusammenarbeit zwischen der Schweizerischen Tollwutzentrale, den Kantonalen Jagdverwaltungen und den Kantonalen Veterinärämtern. Die Tollwutzentrale verfolgt ein gesamtschweizerisches Konzept, das zum Ziel hat, die Schweiz von der Tollwut frei zu bekommen.

(2) einer Köderzubereitung: Abfüllen des Impfstoffes in die Impfstoffbeutel, Injektion von Tetrazyklin und Fixierung des Impfstoffbehälters im Köder.

Die Köderzubereitung ist organisatorisch meistens den Kantonalen Veterinärämtern unterstellt.

(3) einer Köderauslegung: Auslegen der Köder im Impfgebiet.

Die Organisation des Auslegens der Köder obliegt in den meisten Fällen den Kantonalen Jagdverwaltungen.



Karte 8:
Ausschnitt aus der Landeskarte «Val Bregaglia 1:25 000, Blatt 1276» ohne Angabe der Köderplätze

Karte 9:
Gleicher Kartenausschnitt mit eingezeichneten Auslegeorten der Köder

«Karte 8 und 9 reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 14. 9. 1984»

3.4.1 Köderzubereitung

Der Impfstoff wird an der Tollwutzentrale und bei der Firma Bommeli in Bern produziert und bis zum Gebrauch eingefroren. Der Impfstoff wird aus Stabilitätsgründen erst einen Tag vor Gebrauch in die Impfstoffbehälter, stabilisiert mit 10% Eigelb, abgefüllt. Die abgefüllten Impfstoffbehälter werden dann kühl gelagert und an den Ort der Köderzubereitung gebracht.

Die Köderzubereitung geschieht in einer im Impfgebiet liegenden zentralen Ortschaft, wo die für dieses Impfgebiet notwendige Köderzahl präpariert wird. In einem ersten Arbeitsgang wird mit einem speziell dafür entwickelten Gerät (Galgen) die Kopfhaut des Hühnerkopfes von der Schädeldecke losgelöst, so dass dazwischen ein Impfstoffbeutel eingeschoben werden kann. Der Beutel wird dann noch mit einer Bostitchklammer an der Kopfhaut fixiert. Zur Markierung der Köder injiziert man noch die notwendige Menge Tetrazyklin in die Orbita (retroorbitales Fettgewebe). Dieses bleibt dort problemlos liegen und ist über Wochen haltbar und aktiv. Die Köderzubereitung für 50 Köder erfordert ca. eine Arbeitsstunde.

3.4.2 Köderverteilung im Gelände

Die präparierten Hühnerköpfe werden von interessierten Zivilpersonen, Jagdaufsehern, Wildhütern und Polizisten gemäss einer Anleitung im Gelände verteilt. Für das Auslegen im Gelände werden Gruppen von 2–3 Personen gebildet, wobei der Gruppe ein Fahrzeug und mindestens ein Ortskundiger zugeteilt wird. Als Unterlage für das Auslegen werden die angefertigten Köderkarten den Auslegeleuten ausgehändigt. Im Gelände bleibt es dann den Verteilern überlassen, die Köder in der Nähe des vorgeschriebenen Ortes auszulegen. Die Einhaltung des vorgeschriebenen Musters ist notwendig; denn der Erfolg einer Aktion hängt auch von einem sorgfältigen Auslegen ab. Unter günstigen Bedingungen (niedere Aussentemperaturen, keine UV Bestrahlung durch die Sonne) bleibt der Impfstoff mehr als 5 Tage oberhalb der kritischen Schwelle, die zur Auslösung der Immunantwort nötig ist.

Bei unwegsamem Gelände wird die Köderauslegung mit dem Helikopter vorgenommen (Kanton Schwyz, Bern, früher auch Wallis und Waadt).

3.4.3 Kontrollen im Gelände

Kontrollen im Gelände wurden in den Kantonen Wallis, Bern und Graubünden durchgeführt. Es wird hier nur über die Bündner Erfahrungen berichtet. Beim Auslegen der Köder wurde der Auslegeort verschiedener Köder mit einem 1 m langen, rot markierten Bambusstock gekennzeichnet, so dass ein Wiederfinden des Auslegeortes sichergestellt war. Bei der Markierung wurde darauf geachtet, dass alle Gebiete gleichmässig vertreten waren. Im Bergell wurden sogar stets alle Köderstellen gekennzeichnet und kontrolliert. Diese Kontrollen erfolgten 2 Tage nach dem Auslegen der Köder, wobei festgestellt wurde, ob die Köder verschwunden waren. Auf diese Weise konnte dann die relative Köderverschwinderate für das Impfgebiet Graubünden sowie die absolute Köderschwinderate fürs Bergell ermittelt werden. Die Kontrollen erfolgten durch die gleichen Personen, welche die Köder selbst ausgelegt hatten.

3.5 Materialentnahme und Datenerfassung

Bereits vor Durchführung der Impfaktionen wurde mit den Kantonalen Jagdverwaltungen eine Vereinbarung getroffen, dass alle im Impfgebiet erlegten oder tot aufgefundenen Füchse zur Untersuchung an die Schweiz. Tollwutzentrale eingesandt werden müssen. Der den eingesandten Füchsen beigelegte Begleitbrief erlaubte die Feststellung des Abschussortes. Zudem wurden die Tiere bei der Materialentnahme in der Sektionshalle auf Alter, Geschlecht und Todesursache untersucht.
Der eigentlichen Untersuchung diente die Entnahme des folgenden Materials:

(1) Gehirn inklusive verlängertes Rückenmark zwecks Tollwutdiagnose.
(2) Femur (Oberschenkelknochen; Diaphyse ca. 4 cm lang), Metatarsus (Mittelfussknochen und Phalange (Zehenglied) zwecks Tetrazyklinnachweis.
(3) Vorderer Teil des Unterkiefers mit Caninus (Eckzahn) für die Altersbestimmung und den Tetrazyklinnachweis.
(4) Womöglich wurde der Thorax (Brust) geöffnet und Blut zur Antikörperbestimmung entnommen.

Sämtliches Knochenmaterial wurde bis zur Verarbeitung in 70%igem Alkohol aufbewahrt.

Amtliche Daten erhielt ich von der Tollwutzentrale wie auch von den Kantonalen Jagdverwaltungen.

3.6 Auswertung

Die statistischen Auswertungen basieren auf dem X^2 Test, wobei als Irrtumswahrscheinlichkeit die 5% Grenze in Kauf genommen wurde. In der Arbeit wird der kritische Wert der Testgrössen von X^2 mit X^{2*} angegeben.

3.6.1 Verwertbares Material

In der Zeitspanne vom Januar 1982 bis anfangs Oktober 1983 wurden 974 Füchse aus Impfgebieten an die Schweizerische Tollwutzentrale in Bern eingesandt. Davon stammen aus dem Impfgebiet Graubünden (ohne Bergell) 413 und aus dem Bergell 16.

3.6.2 Tetrazyklinnachweis

Wird ein Köder von einem Fuchs aufgenommen, so reicht die vorhandene Konzentration des Tetrazyklins im Blut für einen mikroskopisch nachweisbaren Einbau von ca. 10 Stunden. Die Tetrazykline werden nach ihrer Aufnahme im Blut in neugebildeten Knochen abgelagert und an Stelle der Ca-Salze in verknöcherndes Osteoid eingebaut (FROST, 1968, MÜNZENBERG und GEBHARD, 1970). Die zur Zeit der Tetrazyklin-Aufnahme in Bildung begriffenen Knochenlamellen werden dabei markiert, und die Markierung lässt sich an unentkalkten Knochen- und Zahndünnschliffen mit UV (ca. 365 nm) oder Blaulicht (ca. 436 nm) mikroskopisch nachweisen. Im Zahn bleibt die Markierung zeitlebens bestehen, während sie im Knochen durch den Knochenumbau (Turnover) von den Osteoklasten abgebaut werden kann.

Durch einen erneuten Aufbau kann durch die Osteoblasten wiederum Ca-Salze oder Tetrazyklin in die Osteone eingebaut werden. Der Knochenumbau erfolgt nicht nur während der Entwicklung, sondern – in kleinem Ausmass – während des ganzen Lebens. Bei juvenilen ist dieser Umbau aber viel intensiver als bei adulten Tieren. Der mikroskopische Nachweis der Tetrazykline im Knochen ist möglich, da die Elektronen der Tetrazyklin-Moleküle durch die Bestrahlung mit energiereichem, kurzwelligem Licht (UV oder Blaulicht) auf ein höheres Energieniveau versetzt werden. Bei der Rückkehr der Elektronen in den Grundzustand vermag das Molekül einen Teil der freiwerdenden Energie als Fluoreszenzlicht mit spektraler Verteilung zu emittieren, das nach der STOCKE'schen Regel immer längerwellig und energieärmer ist als das Erregerlicht (WALTER, 1964). Bei den Tetrazyklin-Molekülen erscheint das emittierte Licht als gelbe Farbe (ca. 578 nm). Da die

Fluoreszenzintensität von der Zahl der vom Molekül absorbierten Quanten abhängt (WALTER, 1964), soll die Anregung möglichst nahe dem Absorptionsmaximum des Fluorochromes erfolgen (KRAFT, 1969). Dazu ist es nötig, dass Erregerfilter in den Strahlengang gebracht werden, die den erforderlichen Bereich aus dem Gesamtspektrum der Lichtquelle herausfiltern. Für die mikroskopische Betrachtung der Knochen und Zähne müssen aber dünne Knochenquerschnitt- und Zahnlängsschnittdünnschliffe hergestellt werden.

Für die Auswertung der Knochen- und Zahnschnitte standen mir ein Leitz UV-Mikroskop mit einer Quecksilberdampf-Höchstdrucklampe und ein Wild-Blaulicht-Mikroskop M 11 zur Verfügung. Das UV-Mikroskop besass ein Ultraviolett-Filter, 2 Interferenzfilter und ein FITC-Sperrfilter. Das Blaulicht-Mikroskop besass eine Quarzjodlampe, ein Blaulichtfilter BG 21 (Absorption von rot), 2 Interferenzfilter und ein FITC-Sperrfilter.

3.6.2.1 Knochenstruktur und Tetrazyklinnachweis

Der Femur ist ein Lamellenknochen (Abb. 1). Als kleinste Baueinheit besitzt er das Osteon (HAVERS'sches System). Es besteht aus einem zentralen kleinen Blutgefäss (HAVERS'sches Gefäss) und konzentrisch geschichteten Knochenlamellen (Spezial- oder HAVERS'sche Lamellen). Diese Osteone verlaufen in der Längsrichtung des Knochens und sind wenige Millimeter bis zu 1 cm lang und werden von innen her spiralig abgelagert. Der Lamellenknochen hat, im Gegensatz zum Faserknochen, eine deutliche Schichtung, wobei in jeder Lamelle die kollagenen Fibrillen miteinander parallel in einer bestimmten Richtung verlaufen. Solche feinfaserigen Knochenschalen können an der inneren (Endost) und insbesondere an der äusseren Oberfläche (Periost) des wachsenden Knochens ohne weiteres angelagert werden. In der Substantia compacta selbst wird durch in den Gefässkanälen auftretende Osteoklasten Knochensubstanz herausgelöst, so dass von Markgewebe und Gefässe erfüllte, unregelmässige Hohlräume entstehen. Wenn diese eine gewisse Grösse erreicht haben, erscheinen Osteoblasten an ihrer Oberfläche, und die Lichtung wird durch neu gebildete, mehr oder weniger konzentrische Knochenlamellen (sog. Speziallamellen) bis auf den zentral gelegenen gefässführenden HAVERS'schen Kanal allmählich wieder ausgefüllt. Solche Lamellensysteme werden nun überall eingebaut, fertige Osteone jedoch wieder arrondiert. Reste von derartigen, teilweise wieder aufge-

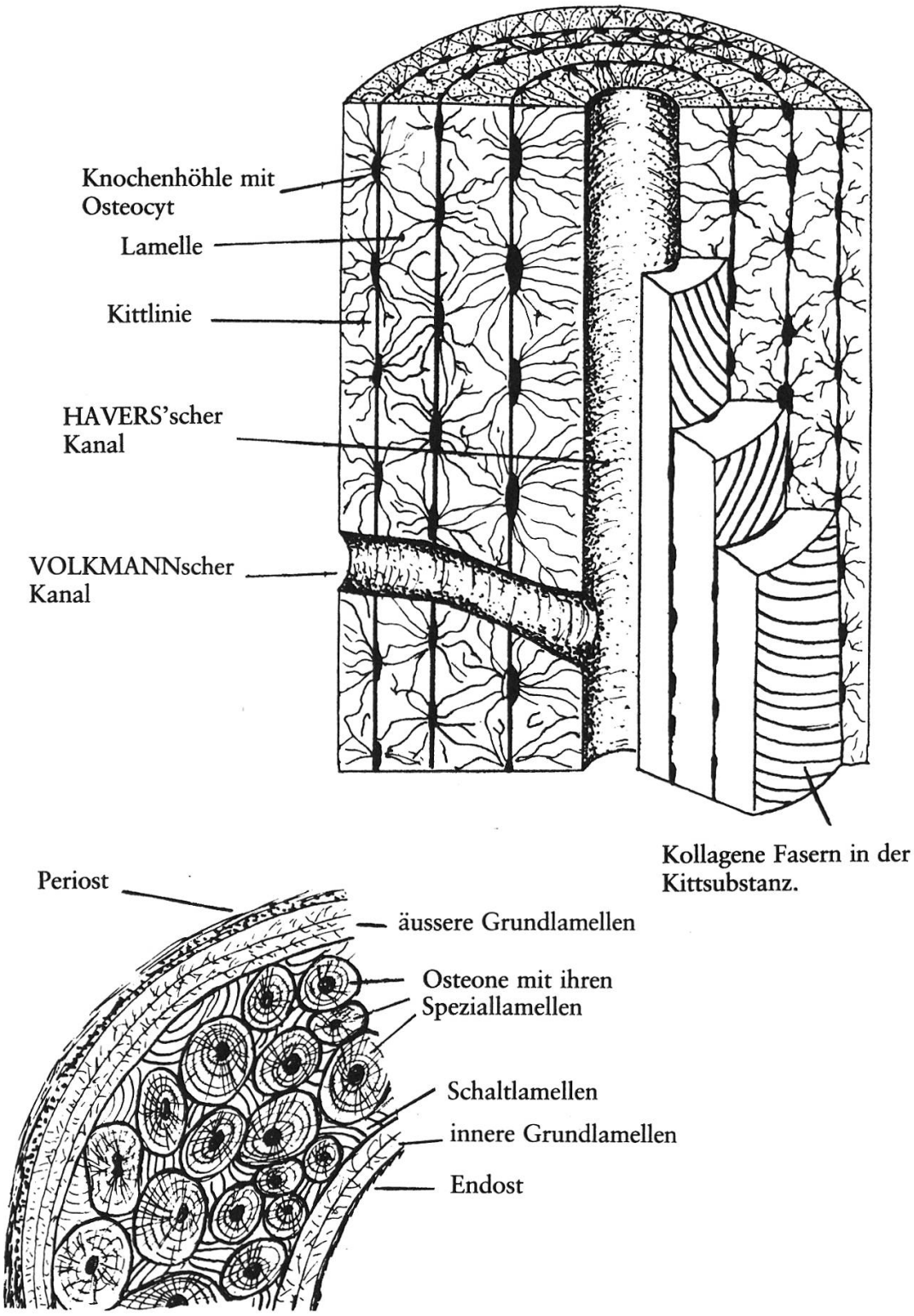


Abb. 1 Knochenstruktur anhand eines Femurquerschnittes (in Anlehnung an BRAUS)

lösten Systemen liegen schliesslich als Schaltlamellen zwischen den vollständigen neueren Osteonen.

Das Tetrazyklin kann nun folglich an:
- den Appositionsstellen des Periosts und Endosts,
- den Auflagerungsstellen der Osteone

nachgewiesen werden.

3.6.2.2 Zahnstruktur und Tetrazyklinnachweis

Da der Caninus beim Fuchs als Fangzahn die grösste Länge erreicht und die einfachsten Symmetrieverhältnisse aufweist, eignet er sich für Zahnlängsschnitte am besten. Für das Verständis der Tetrazyklineinlagerung im Zahn wird kurz auf deren mikroskopische Struktur eingegangen.

Die Hauptmasse des Zahns besteht aus Dentin (Zahnbein), das die Pulpahöhle umschliesst. Die aussen von Zement überzogenen Zahnwurzeln sind in die Alveolen der Kiefer hineingesteckt und dort vermittels der Wurzelhaut (Periodontium) verankert. Der sichtbare Teil der Zähne trägt einen schützenden Überzug von Schmelz und wird als Zahnkrone bezeichnet. Die Stelle, an der der Zementmantel des Dentins durch die Schmelzkappe abgelöst wird, nennt man Zahnhals.

Der Zement überzieht das Dentin vom Zahnhals bis zur Wurzelspitze, wo es seine grösste Dicke erreicht und das apikale Ende des Wurzelkanals umscheidet. Es gleicht einem grobfaserigen Knochen, dem aber die Zellen grösstenteils fehlen, nur dort, wo der Zementbelag besonders dick ist, sind Osteocyten und oft auch Blutgefässe eingeschlossen.

Auch das Dentin ist ein dem Knochen nahestehendes Gewebe. Seine Zellen, die Odontoblasten, befinden sich jedoch nicht in der Hartsubstanz (wie die Knochenzellen), sondern an deren inneren Oberfläche. Im Dentin liegen nur die Ausläufer seiner Bildungszellen, die Odontoblastenfortsätze, für die Kanälchen ausgespart sind. Diese *Tubuli dentinalis* (Dentinkanälchen) ziehen radiär von der inneren zur äusseren Oberfläche des Dentins, wobei sie sich kronenwärts immer mehr aufrichten. Ihr Verlauf ist leicht S-förmig geschwungen. Die Hauptmasse des Dentinkerns, die sich zwischen Manteldentin und Pulparaum ausdehnt, wird als zirkumpulpales Dentin bezeichnet (WEIDENREICH 1925). Die äusserste Dentinschicht, die parallel zur Schmelzdentin- und Dentinzementgrenze verläuft, bezeichnet man als Manteldentin. Im Gegensatz zum

Manteldentin ist das zirkumpulpale Dentin das ausschliessliche Produkt der funktionell koordinierten Odontoblasten und weist nur gelegentlich Verzweigungen der Odontoblastenfortsätze auf. Die innerste Schicht des Dentins ist das Prädentin. Dies ist die unverkalkte Vorstufe des Dentins.

Die Bildung des zirkumpulpalen Dentins ist kein kontinuierlicher, sondern ein rhythmischer Prozess. Perioden der aktiven Sekretion und Mineralisation von Prädentin wechseln mit Ruhephasen ab. Diese Ruhephasen, während welcher die Mineralisationsfront stehen bleibt, zeichnen sich im entmineralisierten wie auch nicht entmineralisierten Dentinschnitt als Linien ab. Ihre Konturen spiegeln die Bildungsphasen des Dentins wider und entsprechen dem zur Zeit der entsprechenden Phase der Dentinogenese erreichten Verlauf der Mineralisationsfront. Diese Linien werden als v. EBNERsche Linien (VIKTOR VON EBNER 1842–1925, Anatom in Wien) oder als Wachstumslinien bezeichnet. Jede einzelne Anlagerungsschicht entspricht einer Tagesrate Dentinanbau (JOHNSTON 1975) und enthält Ca-Salze oder Tetrazyklin. Sie sind in nicht entmineralisierten dünnen Zahnschliffen zu erkennen und verlaufen im zirkumpulpalen Dentin quer zur Verlaufsrichtung der Dentinkanälchen und folgen in kleineren oder grösseren Abständen (3–8 μ) aufeinander. Im Zahnquerschliff sind sie als konzentrische um die Pulpa angeordnete Ringe zu erkennen. Mit zunehmender Dentindicke wird die Grenzfläche Dentin-Pulpa kleiner.

Die Odontoblastenkörper nehmen eine spitzkonische Gestalt an, rücken enger aneinander und zum Teil untereinander und bilden eine mehrreihige Lage. Diese Einengung tritt hauptsächlich koronal ein. Die Dentinbildung ist nicht auf die Zeit vor dem Zahndurchbruch beschränkt, sondern wird während der gesamten Lebenszeit eines Zahnes fortgeführt. Für eine gute Erkennung der v. EBNERschen Linien ist es nötig, dass das Mikroskop auf planpolarisiertes Licht umgeschaltet werden kann, damit an der gleichen Stelle der Tetrazyklinnachweis und die Auszählung der v. EBNERschen Linien erfolgen kann. Da das Todesdatum des Tiers genau bekannt ist, kann mit Hilfe der v. EBNERschen Linien und des Tetrazyklinstreifens das Datum der Aufnahme des Köders (Impfstoffes) ermittelt werden. Dies geschieht durch eine Auszählung der v. EBNERschen Linien vom markierten Streifen aus bis zur Pulpa und durch Subtraktion dieser so erhaltenen Zahl vom Todesdatum. Eine Auswertung nach den v. EBNERschen Linien kann jedoch nur bei Jungfüchsen vorgenommen werden, da diese bei den Altfüchsen sehr nahe

beieinander liegen, so dass sie nicht mehr als Einzellinien erkannt werden können.

4. *Ergebnisse*

4.1 Zeitliches und Örtliches über die ausgeführten Impfaktionen vom Herbst 1981 bis Herbst 1983

In der Zeit vom Oktober 1981 bis Ende Oktober 1983 wurden 29 Impfaktionen in der gesamten Schweiz durchgeführt. Dabei wurden alle Zonen zweimal jährlich und während mehreren Jahren geimpft. Die Ausdehnung der Zonen wurde allerdings der jeweiligen Seuchensituation angepasst. Die mehrmalige Impfung ist notwendig um trotz des raschen Populationsturnover 60% oder mehr immune Individuen im Bestand zu erhalten. Der Turnover unserer einheimischen Fuchspopulationen ist zwar nicht genau bekannt. Die Vermutung, dass er rasch sei, ist eine Interpretation von Daten über die Fortpflanzung und über den Altersaufbau von Stichproben (WANDELER, 1976). Jedes adulte Weibchen bringt jedes Jahr etwa 5 Welpen zur Welt. Es ist wichtig, dass auch jedes Jahr die in die Population rekrutierten Jungtiere immunisiert werden.

4.1.1. Die Impfaktionen im Kanton Graubünden

Um die Ausdehnungen und Verschiebungen der Impfgebiete besser zu verstehen, werden als Beispiel die einzelnen Aktionen im Kanton Graubünden chronologisch erläutert. Bei der Durchführung einer Impfaktion müssen die Vorschriften vom Bundesamt für Veterinärwesen «Über die Durchführung von Feldversuchen zur Schutzimpfung von Füchsen» eingehalten werden.

Darin ist im wesentlichen festgehalten, dass

(1) jede Impfaktion sich in ein Gesamtkonzept eingliedern muss,

(2) sich das vorgesehene Gebiet hinsichtlich Grösse, topographischen Verhältnissen und Seuchenlage für die Durchführung der Impfung eignen muss,

(3) die Wirksamkeit der Impfung bei Füchsen durch eine repräsentative Anzahl von Untersuchungen belegt werden muss.

Den beiden ersten Vorschriften musste bei der Wahl des Gebietes keine grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden, denn im Kanton Graubünden verbreitete sich die Tollwut seit einigen Jahren und das Gebiet war deshalb für eine Impfung vorgesehen.

Der erste tollwütige Fuchs Graubündens kam am 21. Januar 1971 in Churwalden zur Strecke. Von hier aus verbreitete sich die Seuche ent-

Tab. 1: Übersicht der Impfaktionen

Impfaktion Nr.	Datum	Kanton	Anzahl Köder	geimpfte Fläche in Km^2
12	19.10.-11.11.81	VS	2903	197
		VD	4672	241
13	11.-15.10.81	BE	10032	506
14	23./24.02.82	VD	600	25
15	22.-25.03.82	VS	3164	168
		VD	4599	222
16	29.-31.03.82	SZ	2870	202
		ZG	2467	196
		ZH	572	43
17	26.-29.04.82	BE	9664	403
18	17.-19.05.82	GR	5312	375
19	14./15.06.82	GR	698	50
20	01.-03.09.82	SZ	2870	202
		UR	2800	155
		ZG	2660	196
		ZH	572	43
21	28./29.09.82	BE	1427	65
22	11.-15.10.82	BE	10926	510
		FR	763	36
23	19.-21.10.82	GR	7402	421
24	19./20.10.82	GR+Bergell I	500	40
25	27.-28.10.82	GR+Bergell II	500	40
26	25.-29.10.82	VS	3380	205
		VD	6423	310
27	16./17.12.82	FR	560	37
		VD	373	27
28	18.-21.04.83	VS	3226	195
		VD	5031	244
29	25.-28.04.83	SZ	3588	257
		UR	2722	137
		ZG	2467	196
		ZH	572	43
30	26.-29.04.83	BE	3147	205
		FR	9040	684
		VD	829	51
31	02.-05.05.83	BE	10890	510
32	17.-28.05.83	GR+Bergell I+II	10065	803
		SG	360	23
33	25.-26.08.83	GL	1032	80
34	29.08.-01.09.83	BE	10746	548
35	30.08.-02.09.83	SZ	3355	288
		UR	2217	112
36	12.-15.09.83	FR	9865	701
		VD	848	51
37	13.-16.09.83	VD	5475	229
		VS	2533	145
38	26.-27.09.83	BE	1483	101
39	10.-12.09.83	AG	4784	264
		ZH	4078	280
40	18.-29.10.83	GR+Bergell I+II	10100	755
				28
41	25.-27.10.83	SG	2027	128

Tab. 2: Zusammenfassung der Impfaktionen

Total ausgelegte Köder pro Kanton

	Anzahl Aktionen	1981 Herbst	1982 Frühling	1982 Herbst	1983 Frühling	1983 Herbst	Total
VS	5	2903	3164	3380	3226	2533	15206
VD	5	4672	600	6423			28830
			4599	373			
			5199*	6796*	5031	848	
					829	5475	
					5840*	6323*	
BE	5	10032	9664	1427	3147	10746	58315
				10926	10890	1483	
				12353*	14037*	12229*	
SZ	4		2870	2870	3588	3355	12683
ZH	4		572	572	572	4078	5794
GR	4		5312	7402	9265	9400	32077
			698				
			6010*				
Bergell	6			1000	800	700	2500
UR	3			2800	2722	2217	7739
ZG	3		2467	2660	2467		7594
FR	3			763	9040	9865	20228
				560			
				1323*			
SG	2				360	2027	2387
GL	1					1032	1032
AG	1					4784	4784
						Total	199169

* räumlich und zeitlich getrennte Impfaktionen

lang dem Einzugsgebiet des Rheins über Nordbünden, flaute dann aber wieder ab. Im Winter 1978/79 war der Kanton Graubünden für kurze Zeit wieder tollwutfrei. Doch bereits im Frühjahr 1979 flackerte die Seuche in der Bündner Herrschaft auf und drang von hier aus ins Prättigau vor. Das Engadin und die Südtäler waren bis anhin verschont geblieben, da die Übergänge von Nord- nach Südbünden in der ersten Welle (1971 bis 1978) eine natürliche Sperre bildeten. Dann aber rollte in den Jahren 1980 und 1981 eine gegenläufige Welle vom Tirol und Veltlin durchs Engadin, Münstertal, Puschlav und Bergell (Karte 10a).

Nun drang die Seuche von Süden über den Albulapass in Richtung Thusis und Lenzerheide nach Nordbünden vor, so dass die Tollwut ge-

Tab. 3: Fuchsstrecken im Kanton Graubünden von 1971–1983

Jahr	erlegte Füchse in GR	tollwut-positive Füchse in Graubünden	tollwut-positive Füchse in der Surselva	andere tollwutpositive Wildtiere						tollwutpositive Haustiere					Total positive Tiere
				Re	H	G	D	I/Mu	M	Ri	S	Z	P	K	
1971	2091	59	–	4			4			2					69
1972	1967	212	3	25			24	1/–	5	1	1	1		1	271
1973	1149	142	16	2			17		3	1					165
1974	1215	90	33	7			6		2	2				1	108
1975	1197	76	33	10			12		1	5	4		1	2	111
1976	1732	180	14	2			10		3	2				3	200
1977	1526	183	–	4	1		9		5	2	3			2	209
1978	1255	45	–	2	1		3		3	2	1			1	58
1979	1554	34	–	2			1		2	1					40
1980	1503	60	–	4		1	7			1				3	76
1981	1431	159	–	6			12		2	12		1	1	4	197
1982	1323	116	–	9		1	4	–/1	3	6	2			8	150
1983	950	27		2			4		3		1			2	39

Re: Rehe D: Dachse Ri: Rindvieh P: Pferde
H: Hirsche I: Iltisse/Murmeltiere S: Schafe K: Katzen
G: Gemsen M: Marder Z: Ziegen

gen Ende 1981 beinahe den ganzen Kanton eingenommen hatte (Karte 10a).

Aus diesen Erfahrungen ersah man, dass natürliche Sperren die Tollwut zum Stoppen bringen könnten. Man wollte nun zuerst ein Gebiet impfen, in welches keine oder nur wenige tollwütige Tiere eindringen konnten. Die Surselva eignete sich für Impfungen in topografischer Hinsicht ausgezeichnet, weil sie gegen Nichtimpfgebiete nach 2 Richtungen scharf abgegrenzt wird. Diese Abgrenzung ist im Norden und Westen durch das Gebirge gegeben. Um aber auch eine gute Abgrenzung nach

Tab. 4: Fuchsstrecken in der Surselva von 1971–1983

Jahr	1971	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
Kreis Disentis													
Hochjagd	4	10	7	10	4	4	1	3	3	7	5	2	10
Niederjagd	6	–	–	3	4	2	1	6	7	3	3	5	5
Pass- und Fallenjagd	12	4	10	5	10	1	4	2	7	22	27	30	32
ausserordentliche Haarraubwildjagd		1	1	22									
Kreis Flims													
Hochjagd	9	3	2	5	2	5	3	10	9	4	6	6	1
Niederjagd	13	3	4	2	1	4	4	10	2	6	3	4	2
Pass- und Fallenjagd	28	14	2	1	9	9	3	5	8	23	43	22	24
ausserordentliche Haarraubwildjagd		12	4	1									
Kreis Ilanz													
Hochjagd	40	28	10	12	12	16	17	30	36	42	32	39	35
Niederjagd	26	18	13	14	8	2	8	26	20	21	35	20	22
Pass- und Fallenjagd	145	92	97	27	23	22	58	42	102	127	171	172	170
ausserordentliche Haarraubwildjagd		80	36	62									
Kreis Trun													
Hochjagd	10	19	7	6	2	9	6	15	1	20	9	9	7
Niederjagd	7	17	3	13	1	3	2	11	7	5	6	13	11
Pass- und Fallenjagd	30	40	46	28	24	16	33	44	51	42	60	67	63
ausserordentliche Haarraubwildjagd		55	8	15									
Total	330	396	250	226	100	93	140	204	253	322	400	389	382

Süden zu haben, wurde das Rheinwald auch noch ins Impfgebiet miteinbezogen. Aus Osten ist der Zugang von Füchsen in die Surselva jederzeit möglich.

Aus Tab. 3 und Abbildung 2 kann man entnehmen, dass im Raume Surselva die Tollwut schon seit einigen Jahren erloschen war und dass in demselben Gebiet zur Überprüfung der Wirksamkeit des Impfstoffes genügend Tiere erlegt wurden. Um ein besseres Bild der Abschusszahlen zu erhalten, sind die Fuchsstrecken in Tab. 4 nach den im Impfgürtel getrennten politischen Kreisen Disentis, Flims, Ilanz und Trun aufgeführt.

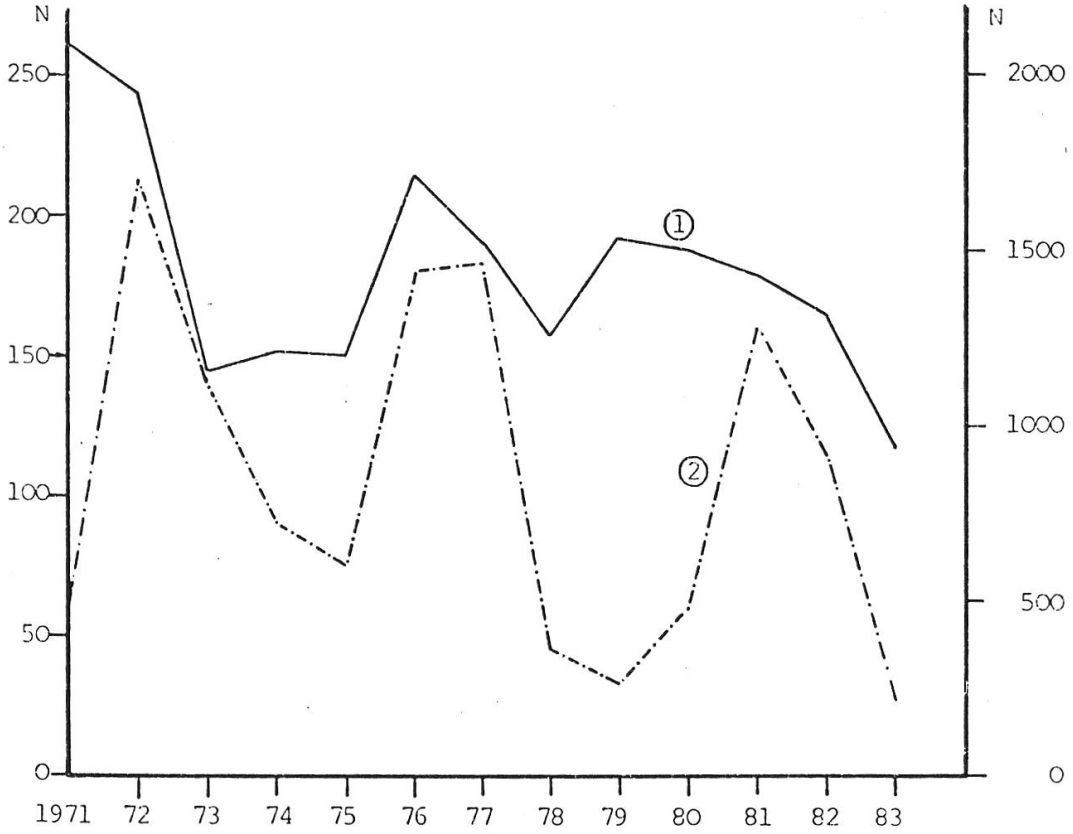


Abb. 2a: Fuchsstrecken und Anzahl tollwutpositive Füchse in Graubünden
Abszisse: Jahre 71–83, Ordinate: Anzahl Tiere

1 Fuchsstrecke des Kt. Graubünden (rechte Ordinate)
2 Tollwutpositive Füchse im Kt. Graubünden (linke Ordinate)

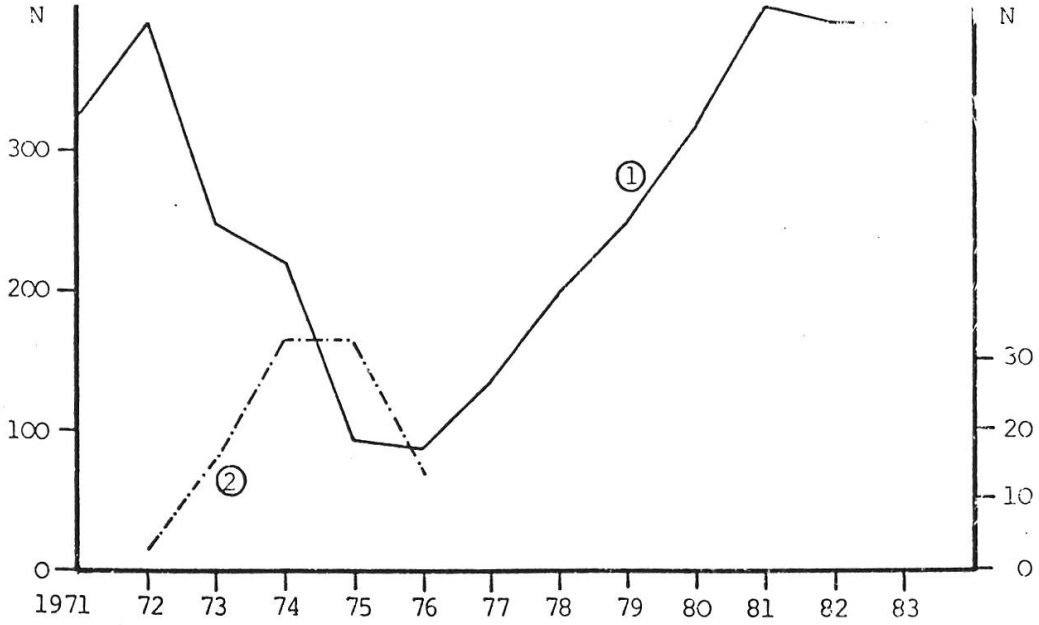
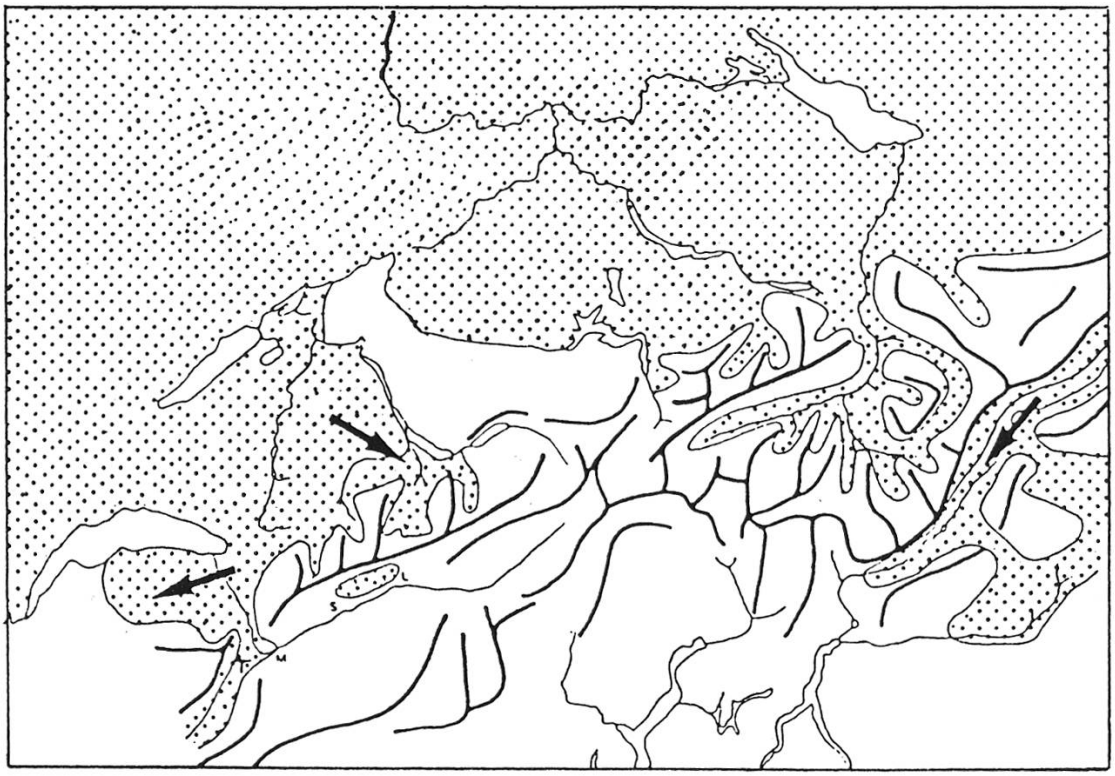
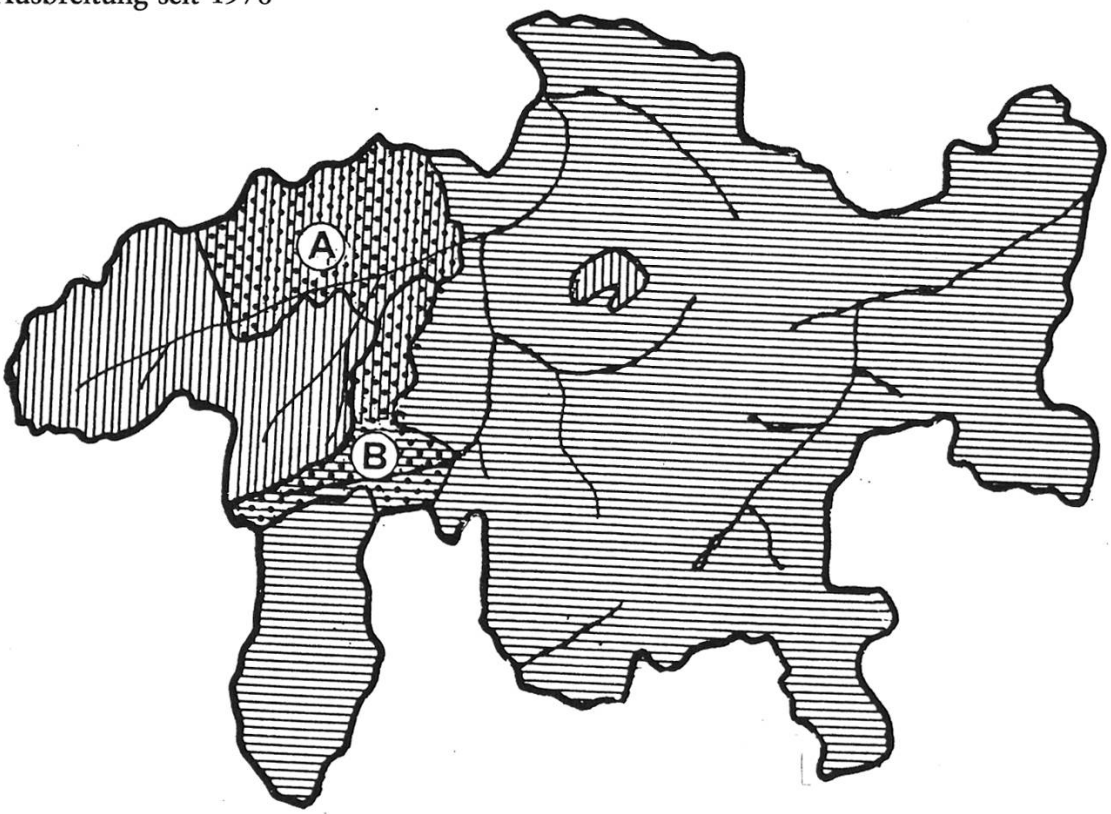


Abb. 2b: Fuchsstrecken und Anzahl tollwutpositive Füchse in der Surselva
Abszisse: Jahre 71–83, Ordinate: Anzahl Tiere

1 Fuchsstrecke des Impfgürtels Surselva (linke Ordinate)
2 Tollwutpositive Füchse der Surselva (rechte Ordinate)

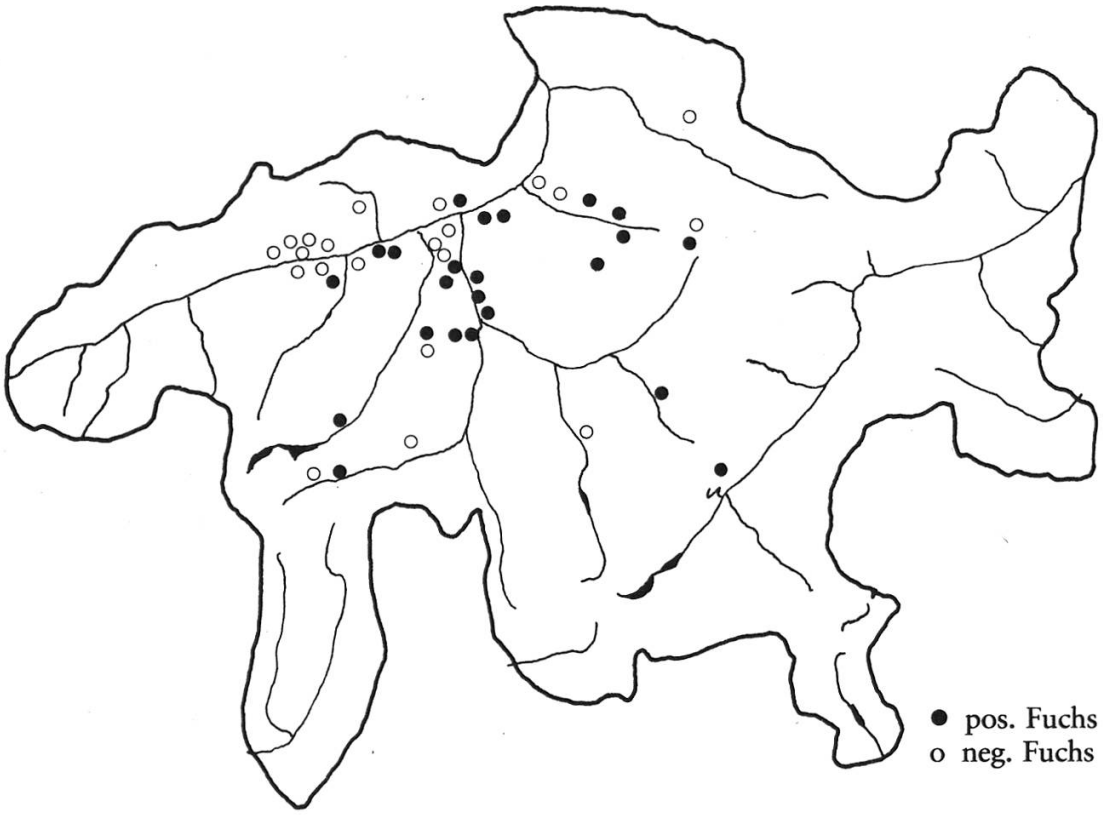


Karte 10a: Maximale Tollwutausbreitung in der Schweiz von 1967–1981, → Wichtige Ausbreitung seit 1978

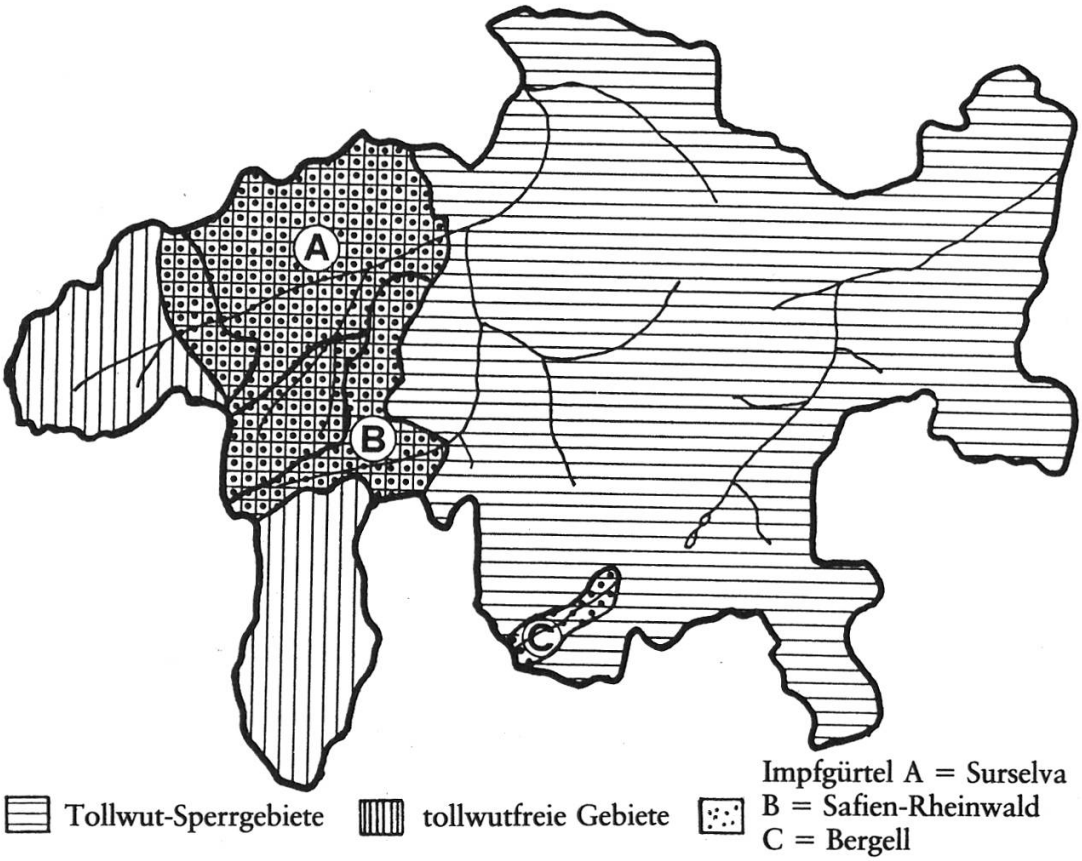


Tollwut-Sperrgebiete tollwutfreie Gebiete Impfgürtel A = Surselva
B = Safien-Rheinwald

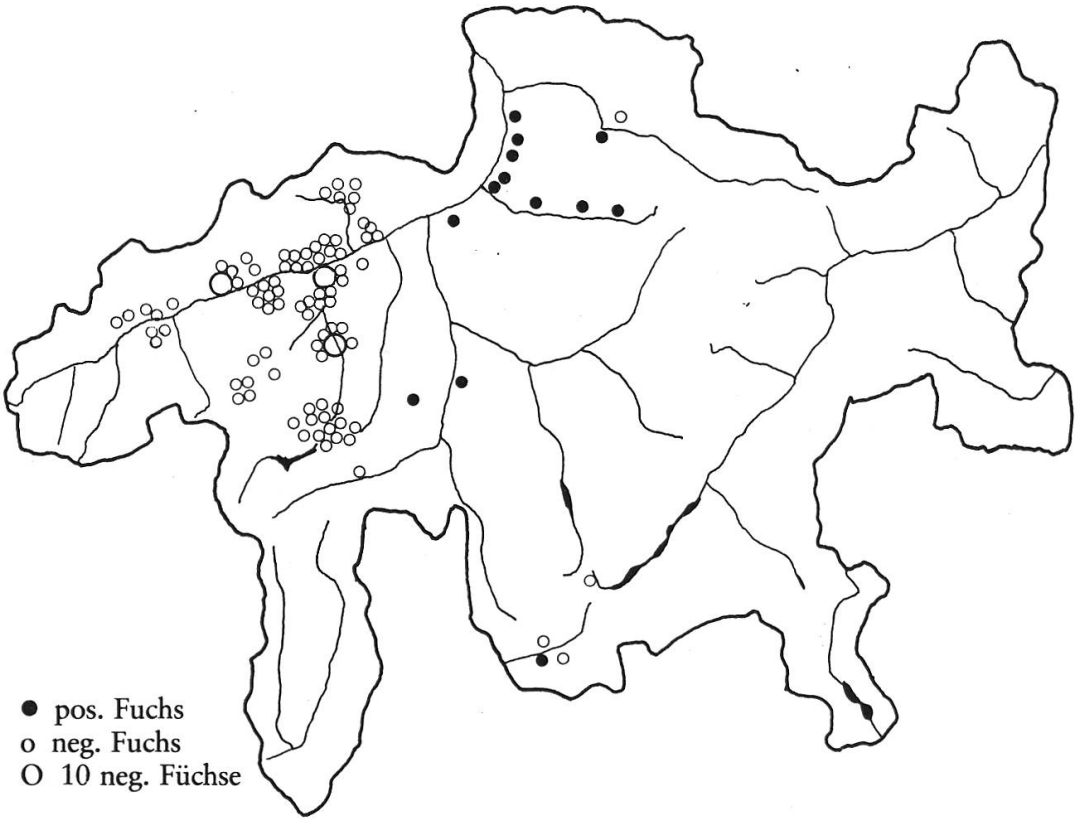
Karte 10b: Tollwutimpfgebiete und Tollwutsituation im Kt. Graubünden im Frühling 1982 (18. Mai 1982)



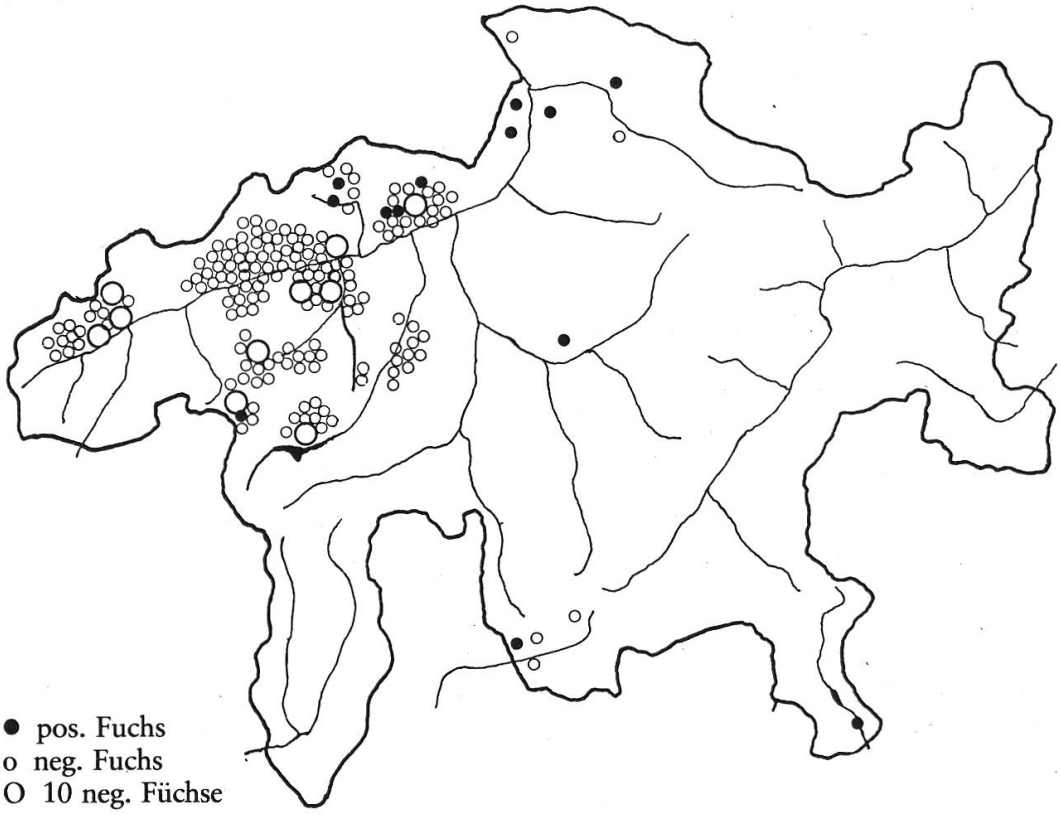
Karte 11a: Diese Karte zeigt die Untersuchungsbefunde der eingesandten Tiere für die Zeit vom 1. Juli bis 30. September 1982 des Kt. Graubünden

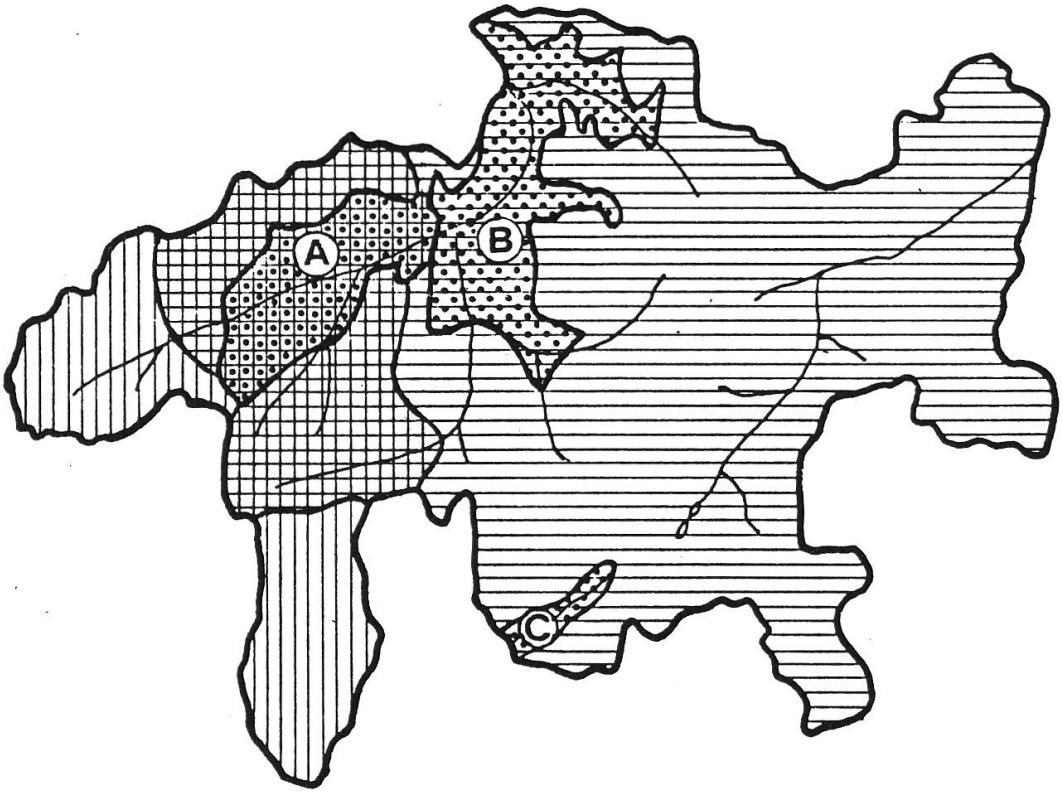


Karte 11b: Tollwutimpfgebiete und Tollwutsituation im Kt. Graubünden im Herbst 1982 (18. Oktober 1982)



Karte 12a: Die Karten 12a und 12b zeigen die Untersuchungsbefunde der eingesandten Tiere für die Zeit vom 1. 10. bis 31. 12.82 (12a) und die Zeit vom 1. 1. 83 bis 31. 3. 1983 (12b) des Kt. Graubünden.





Tollwut-Sperrgebiete tollwutfreie Gebiete

Impfgürtel A = Surselva
B = Churer Rheintal, Domleschg, Lenzerheide
C = Bergell

Karte 12c: Tollwutimpfgebiete und Tollwutsituation im Kt. Graubünden im Frühling 1983 (18. Mai 1983)

Wegen des Erfolges der Impfaktionen von 1982 war es möglich, im folgenden Jahr die Impfzonen talabwärts zu verschieben. Die Karte 12 gibt die Ausdehnung der Impfgebiete und die Tollwutsituation im Frühling 1983 wieder. Im Herbst 1983 wurde das Impfgebiet im Bündner-Oberland und im Oberhalbstein um je ca. 16 km² verkleinert. Die dabei eingesparten Aufwendungen wurden zu einer Verdichtung der Köderzahl im Raume Chur-Landquart ausgelegt.

Da die Ostschweizer Kantone und das Fürstentum Liechtenstein im Frühling 1984 auch Impfungen angrenzend an den Kt. Graubünden durchführen, gedenkt man daher nur noch das Churer-Rheintal zu impfen.

4.2 Verschwinderate der Köder

Bei einigen Aktionen wurden im Kt. Graubünden über das Verschwinden der Köder Kontrollen durchgeführt (siehe dazu Kap. 3.4.3 Kontrollen im Gelände).

Die Tabelle 5 gibt über die Ergebnisse der durchgeführten Kontrollen Aufschluss.

Tab. 5: Übersicht der ausgelegten und verschwundenen Köder

Sektor	Totale Köderzahl	Anzahl kontrollierte Köderstellen 2 Tage nach dem Auslegen	Nicht mehr gefundene Köder bei den Kontrollen	Relative Köderverschwinderate in %
Surselva				
Frühling 82	4420	139	106	76.26
Herbst 82	6400	215	101	46.97
Total Surselva 82	10820	354	207	58.47
Safien-Rheinwald				
Frühling 82	1480	45	24	53.33
Herbst 82	1750	63	31	49.20
Total Safien-Rheinwald 82	3230	108	55	50.92

Aus der Tabelle geht hervor, dass die durchschnittliche relative Köderverschwinderate nach 2 Tagen zwischen 50% und 60% liegt, was mit früheren durchgeführten Versuchen gut übereinstimmt (WANDELER et al., 1975). Bei diesen Zahlen muss jedoch berücksichtigt werden, dass nicht nur der Fuchs den Köder annimmt, sondern auch Haustiere (Hund und Katze) sowie auch andere Wildtiere (Marder, Dachs, Eichhörnchen, Iltisse) und Vögel (Eichelhäher, Krähen). Es ist nämlich unmöglich, die Köder ausschliesslich nur Füchsen zugänglich zu machen.

Bei späteren Aktionen wurden im Bündnerland auf Grund der früheren positiven Ergebnisse und auch aus Zeitmangel die Kontrollen unterlassen.

4.3 Todesursachen

Je nach Begleitbericht wurde jeder Fuchs in eine der 5 Todesursachenklassen eingeteilt:

(1) N = auf der Jagd erlegt, Verhalten des Tieres unverdächtig
(2) A = getötet abnormal (wegen Tollwutverdacht getötet)
(3) G = tot aufgefunden
(4) K = keine Angabe
(5) U = Unfall (nach Begleitbericht und Untersuchsbefund)

In Abbildung 3 sind die Tiere nach dem Untersuchungsbefund in tollwutpositive und tollwutnegative Tiere den 5 Todesursachenklassen zugeordnet. Aus der Abbildung geht hervor, dass 1982 und 1983 eine ähnliche Häufigkeitsverteilung bei den tollwutpositiven sowie auch bei den tollwutnegativen Klassen vorliegt. Bei den tollwutnegativen Tieren sind die Klassen der normal getöteten Tiere mit 78.1% und 82.3% am stärksten vertreten, bei den tollwutpositiven Tieren verzeichnen die Klassen der abnormal getöteten Tiere mit 76.4% und 55% die grösste relative Häufigkeit. Bei den tollwutpositiven Tieren gehören 1982 nur 1.3% und 1983 nur 2% der Klasse der normal getöteten Tiere an. Wahrscheinlich ist dieses positive Resultat auf eine grössere Vorsicht betreffend der Tollwut zurückzuführen.

Die Klassenhäufigkeiten der tollwutnegativen Tiere von 1982 und 1983 weichen mit einen X^2 (4) = 13.6 signifikant voneinander ab, während bei den Klassenhäufigkeiten der tollwutpositiven Tiere beider Jahre mit einem X^2 (4) = 2.09 keine Signifikanz vorliegt.

4.4 Markierungsanteil beim Stichprobenmaterial

Alle Tiere, die eine Markierung der Osteone und/oder Periost und/oder Endost aufweisen, werden als markierte Tiere bezeichnet. Von den 969 untersuchten Tieren sind 478 Füchse ein- oder mehrmals markiert. Dabei wird angenommen, dass bei allen Tieren das Tetrazyklin von den ausgelegten Ködern und nicht von anderen Futterquellen stamme. Der Markierungserfolg liegt beim gesamten Stichprobenmaterial somit bei 49.3%

Unter der Annahme, dass die erlegten Füchse im Hinblick auf die Tetrazyklinannahme ein Spiegelbild der Population sind, gelingt es also, ca. 50% der Füchse im Impfgebiet mit präparierten Ködern zu erreichen. Nimmt man eine Aufteilung nach den tollwutnegativen und tollwutpositiven Tieren vor, so zeigt Abbildung 4, dass bei den tollwutnegativen Tieren 459 (54%) und bei den tollwutpositiven Tieren nur deren 9 (4,6%) mit Tetrazyklin markiert sind. Bei den tollwutpositiven tetrazyklinmarkierten Füchsen muss berücksichtigt werden, dass in einigen Fäl-

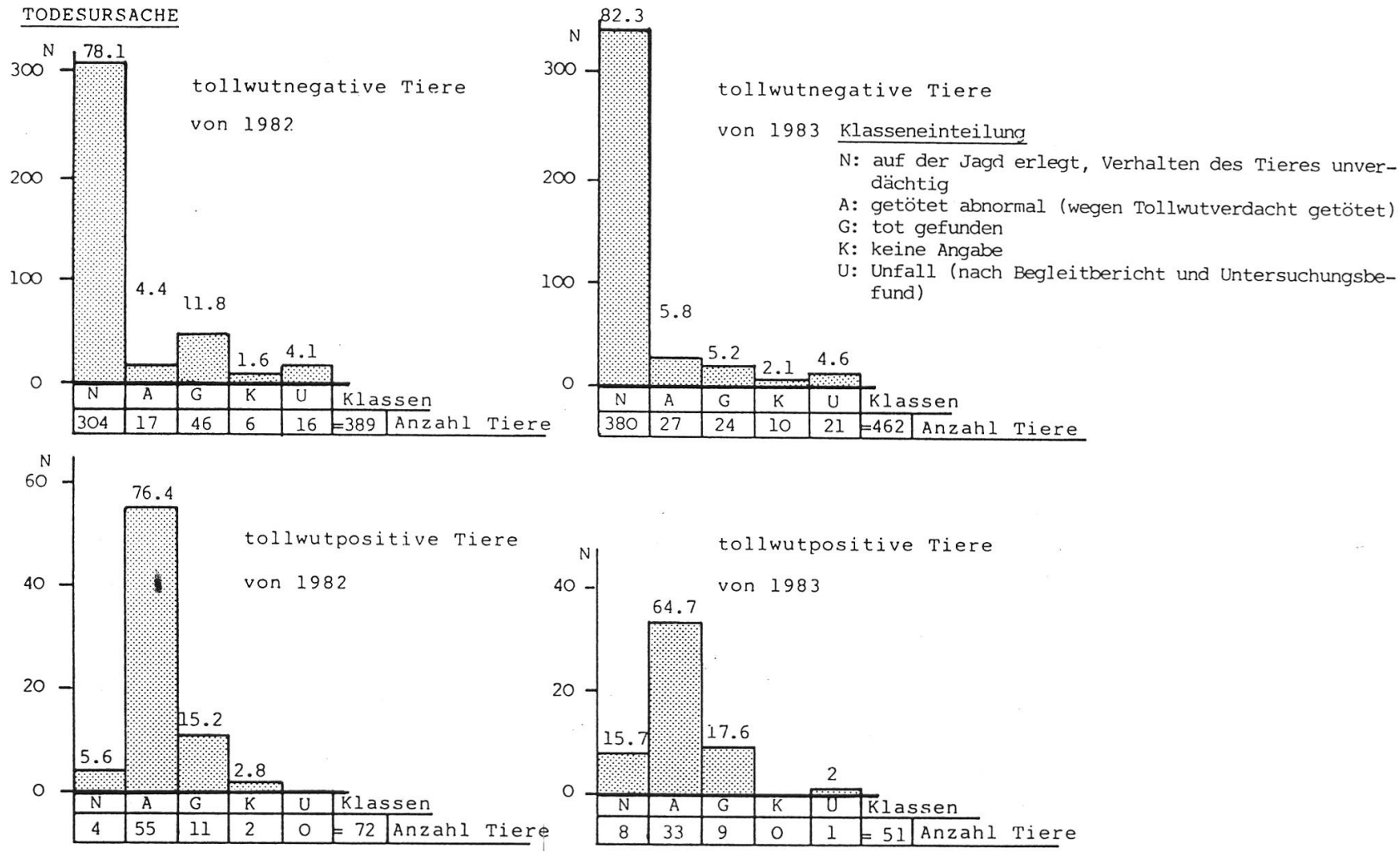


Abb. 3: Einteilung der Tiere nach Todesursachen bei den tollwutnegativen und tollwutpositiven Tieren, Abszisse: Klassenzugehörigkeit; Ordinate: Anzahl Tiere

len die Tiere zum Zeitpunkt der Köderaufnahme schon infiziert sein können. Die Abwehrhilfe mit der Impfung kommt also zu spät. Ein weiterer Grund könnte das Fressen des Köders nach dem Ablaufen der kritischen Periode (Haltbarkeit des Impfstoffes im Köder 5 Tage, siehe dazu Tab. 9) sein, zu einem Zeitpunkt wo der Impfstoff in seiner Aktivität unter den Schwellenwert gesunken ist. Das Tetrazyklin ist jedoch über längere Zeit aktiv. Ein anderer Grund könnte sein, dass der Fuchs beim Fressen des Köders den Impfstoffbeutel bemerkt, und ihn nicht aufgenommen hat oder aber zu geringe Mengen des Impfstoffes aufnehmen konnte. Eine Immunisierung kommt ja nur zustande, wenn eine genügende Menge konzentrierten Impfstoffes mit der Maulschleimhaut in Berührung kommt.

Um zu überprüfen, ob wiederholte Impfungen einen Einfluss auf den Markierungserfolg haben, wurden die Tiere nach Kantone getrennt aufgeführt. Es ist jedoch zu sagen, dass nicht alle Kantone eine gleichmässige Einsendung des Materials zu verzeichnen haben und auch ein Populationsturnover stattfindet, so dass die Interpretation mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden muss. Der Markierungserfolg ist mit zunehmender Anzahl von Impfungen vom Kanton GL mit 1 Impfaktion zum Bergell mit 6 Impfungen positiv gekoppelt. Einzige Ausnahme ist der Kt. Wallis.

4.5. Analyse der markierten und nichtmarkierten Tiere

4.5.1 Altersverteilung

Der Anteil an Jungfüchsen beträgt bei den markierten Tieren 287 (60.2%) und bei den nichtmarkierten Tieren 290 (59.3%). Nach dem Vierfeldertest ist die Verteilung der Stichproben auf Jung- und Altfüchsen mit einem $X^2 = 1.2$ nicht signifikant. Das Verhältnis 6:4 zwischen den Altersklassen zu Gunsten der Jungfüchse ist innerhalb der unmarkierten und markierten Tiere sowie auch bei der Gesamtpopulation mit 577 (59.7%) Jungtieren und 389 (40.3%) Alttieren überall vorhanden.

4.5.2 Geschlechtsverteilung

Von den 974 eingesandten Tieren fehlen von 5 Tieren das Knochenmaterial, von 3 Tieren fehlt die Altersangabe, und von 23 Tieren ist das Geschlecht unbekannt.

Von den übrigen 943 Tieren sind 489 Männchen (51.9%) und 454 (48.1%) Weibchen.

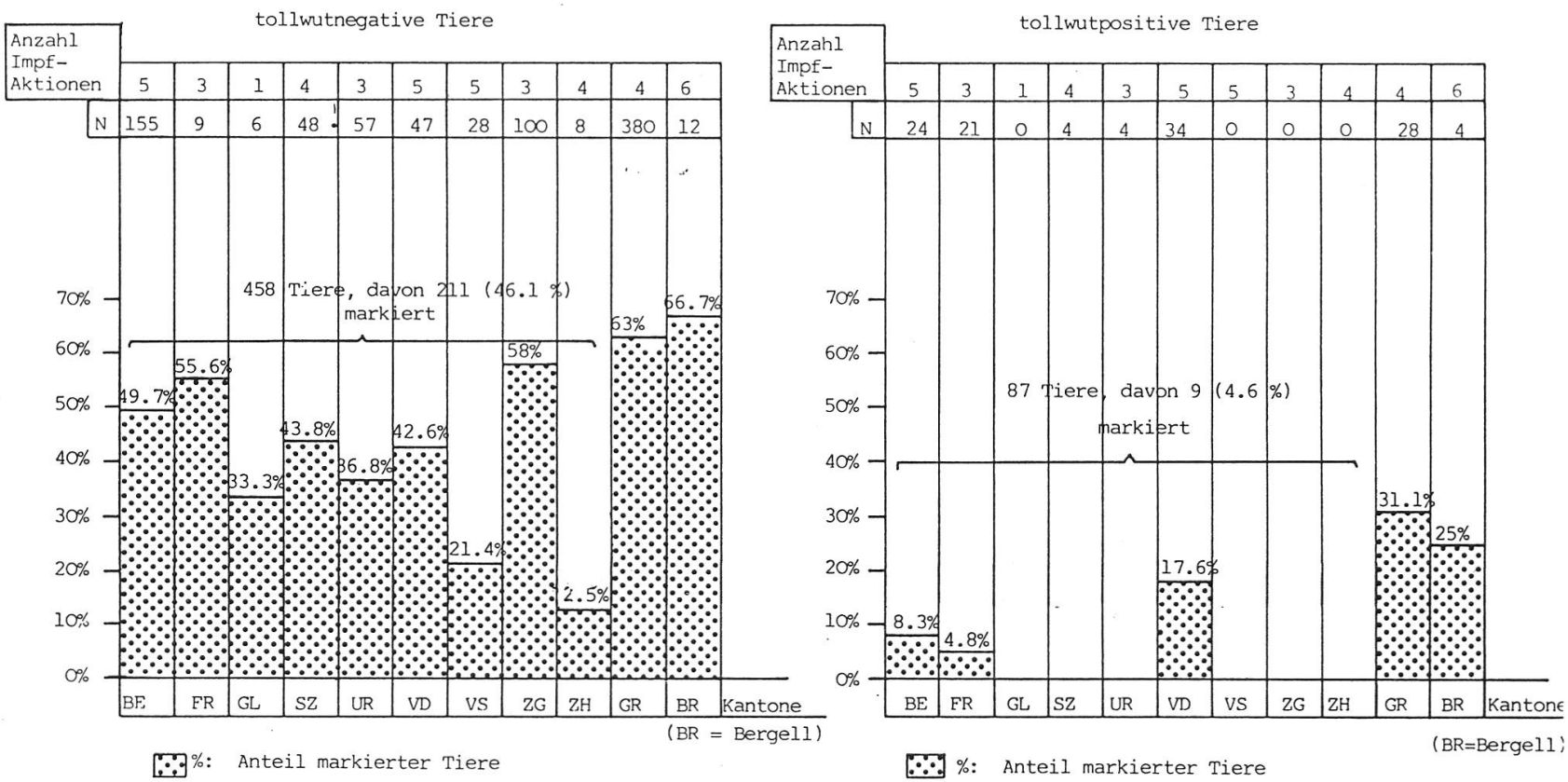


Abb. 4: Ergebnis des Tetrazyklinnachweises
Abszisse: Kantone; Ordinate: % Anteil markierter Tiere

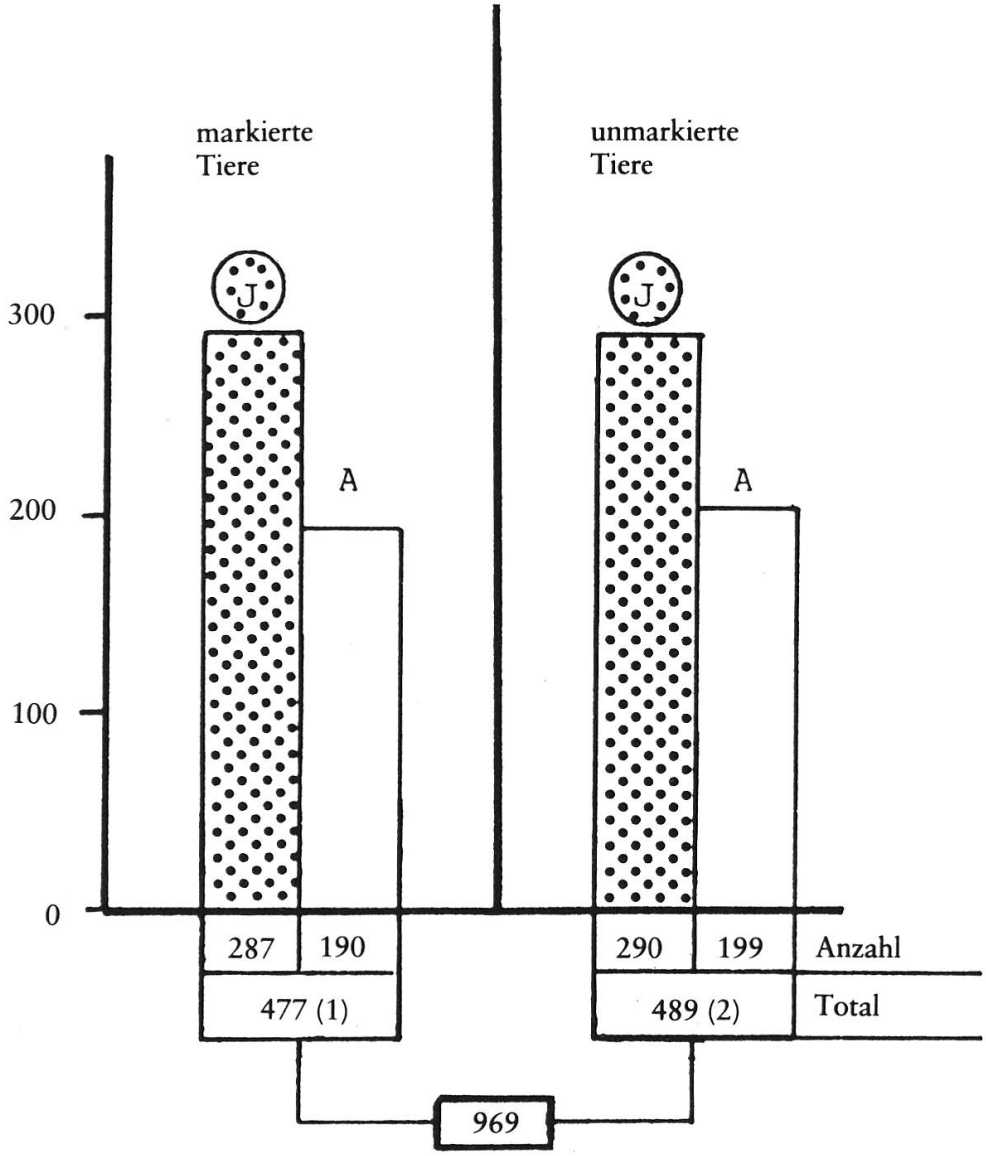


Abb. 5: Anteil der Alt- und Jungfüchsen bei markierten und nichtmarkierten Füchsen.
Abszisse: Klassenzugehörigkeit;
Ordinate: Anzahl Tiere

(J) = Jungfüchse

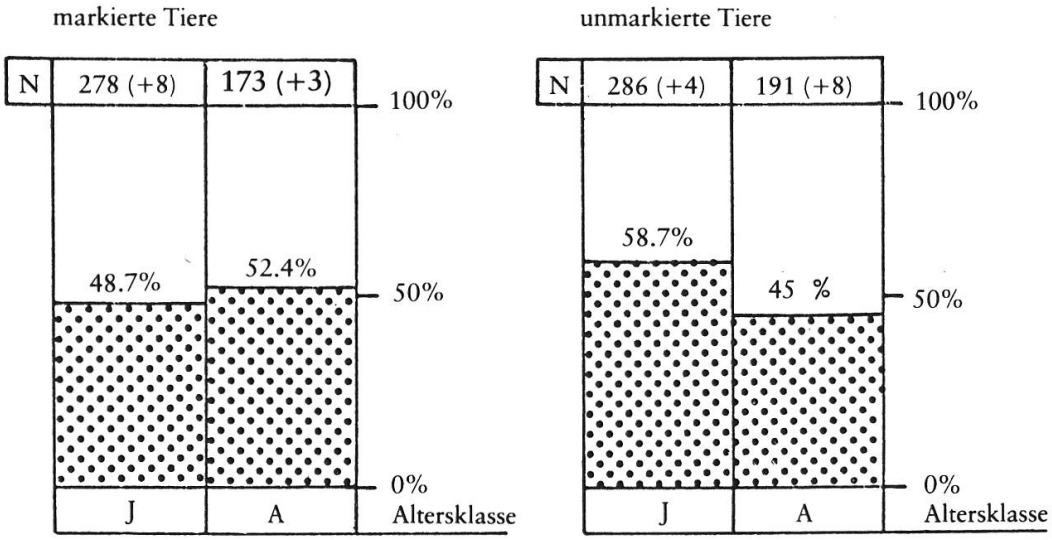
A = Altfüchse

( ) = Anzahl Tiere unbekannten Alters

974 Füchse – 5 kein Knochenmaterial = 969 Füchse
478 markierte Tiere + 491 unmarkierte Tiere = 969 Füchse

Bei den markierten Tieren beträgt der Anteil der Männchen bei den Jungfüchsen 136 (48.7%) und bei den Altfüchsen 98 (52.4%). Bei den unmarkierten Tieren sind bei den Jungfüchsen 168 (58.7%) bei den Altfüchsen 87 (45.5%) Männchen zu verzeichnen.

Insgesamt sind von den 943 Tieren 234 (47.9%) Männchen und 255 (52.1%) Weibchen markiert. Die Geschlechtsverteilung weicht nach dem Chi-Quadrat-Test mit einem $X^2_3 = 0.96$ nicht signifikant von den erwarteten Werten ab.



Geschlecht	♀	♂	Total	
Beobachtete markierte Tiere	232	234	466	
Erwartete markierte Tiere	224	242	466	$X^2_3=1.09$
Beobachtete nichtmarkierte Tiere	118J, 104A=222	168J, 87A=255	477	$X^2_3 \rightarrow X^{2*}$
Erwartete nichtmarkierte Tiere	230	247	477	
Beobachtete	454	489	943	

Abb. 6: Geschlechtsverteilung bei markierten und unmarkierten Tieren

J = Jungfüchse
A = Altfüchse
( ) = Anzahl Tiere unbekannten Geschlechts

% Rüdenanteil

4.5.3 Vergleich zwischen den Populationen

Die Zusammensetzung des Stichprobenmaterials wurde hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nach den Populationen getrennt untersucht, um herauszufinden, ob in den verschiedenen Populationen eine gleiche Geschlechtsverteilung bzw. Altersverteilung vorliegt. In der Abbildung 6 sind die erhaltenen Werte nach markierten und unmarkierten Tieren aufgeführt, um Unterschiede in der Populationszusammensetzung festzustellen, wurde keine Einteilung von markierten und unmarkierten Tieren vorgenommen.

Da die Stichproben der Kantone FR, GL, und ZG einen zu geringen Umfang haben, mussten sie für den Vergleich fallen gelassen werden. Die restlichen 8 Populationen wurden bezüglich Alters- und Geschlechtsverteilung mit den Durchschnitten der Gesamtpopulation verglichen. Nach dem X^2 Test erhält man für die Altersverteilung innerhalb der Populationen mit dem für die Gesamtpopulation errechneten 6:4 Verhältnis zu Gunsten der Jungfüchse ein $X^2 = 6.78$, was auf keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Alterszusammensetzung der Stickproben hinweist. Bei der Geschlechtsverteilung innerhalb der Population wich das Ergebnis des Testes mit $X^2 = 4.76$ nicht wesentlich vom gesamtdurchschnittlichen Verhältnis von 1:1 ab. Die Zusammensetzung der Stichproben von verschiedenen Bejagungsarten wich nicht signifikant voneinander ab.

4.5.4 Höhenverteilung und relative Dichte

Die Fläche der Impfzone im Bündner Oberland betrug für den Herbst 1982 421 km². Die Impffläche wurde weiter in Höhenstufen aufgegliedert. Als Höhenstufe wird die Fläche zwischen 2 Höhenlinien mit einer Aequidistanz von 200 m bezeichnet. Das gesamte Impfgebiet wurde so von 610 m ü. M. – 2000 m ü. M. in 7 Höhenstufen aufgeteilt. Alle Abschussorte der Füchse in diesem Gebiet wurden durch Befragung des Einsenders ermittelt, wobei gleichzeitig auch der Passort des Jägers festgehalten wurde. Aus Abb. 7a geht hervor, dass die relative Fuchsabschussdichte mit zunehmender Höhe abnimmt. Bei der Beurteilung dieser Zahlen gilt es jedoch einige Faktoren zu berücksichtigen.

1. Die verschiedenen Höhenstufen weisen verschiedene Nahrungsangebote auf.

2. Alle Tiere sind in der Zeit zwischen anfangs Dezember – Ende März eingesandt worden, also während einer Zeit, wo das Futterange-

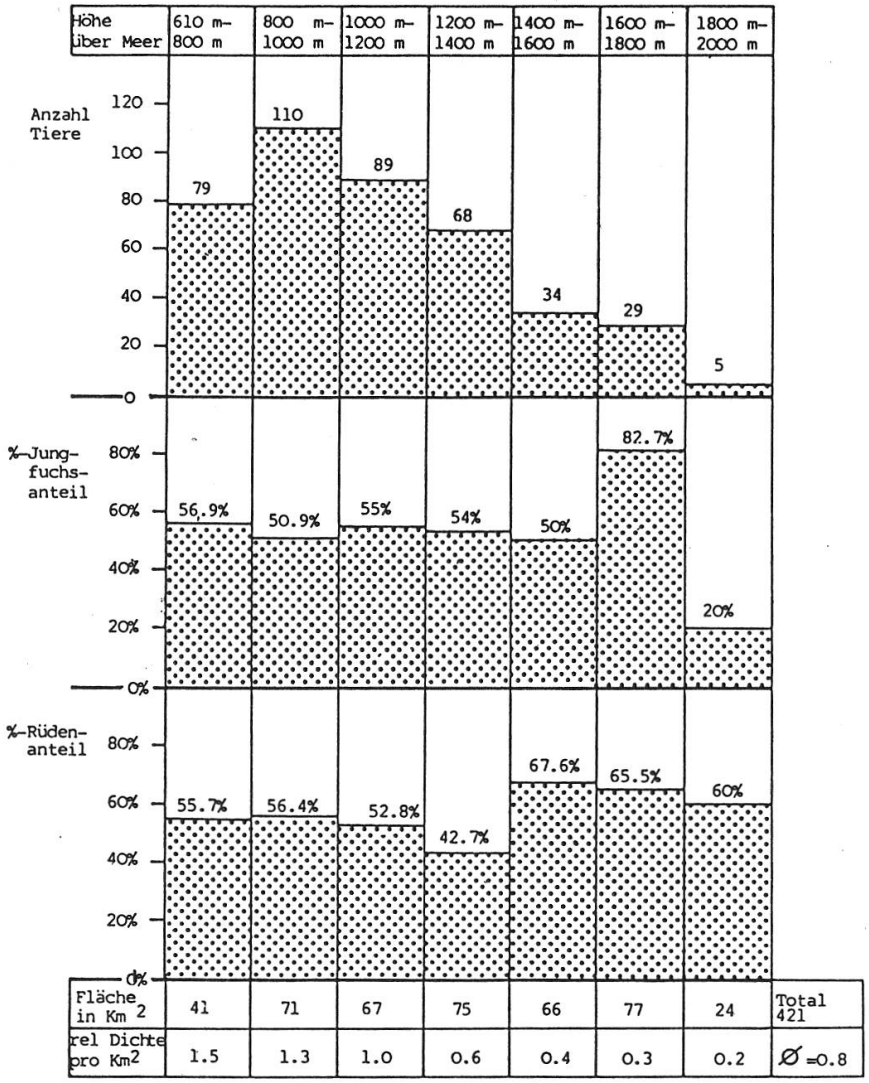


Abb. 7a: Anzahl Tiere, % Jungfuchsanteil und % Rüdenanteil pro Höhenstufe

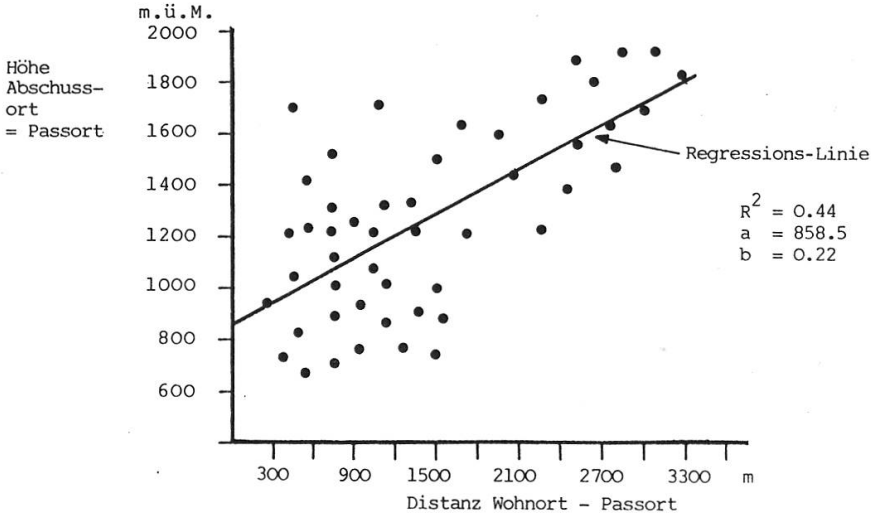


Abb. 7b: Korrelation zwischen Wohnort-Passort und Höhe (Abschussort)

bot in den tieferen Lagen wahrscheinlich reichlicher ist als in grösserer Höhe.

3. Die Jäger, die ihren Passort in unmittelbarer Dorfnähe haben, bevorzugen die unteren Höhenstufen. Aus diesem Grunde sind die Tiere dieser Höhenstufen auch einem höheren Jagddruck ausgesetzt (Abb. 7b)

4. Die Waldgrenze liegt bei ca. 1800 m ü. M., so dass darüber dem Wild während des Winters kaum genügend Schutz geboten wird.

Über die absolute Fuchsdichte kann mit diesen Zahlen keine Angabe gemacht werden.

4.6 Tetrazyklinnachweis im Caninus

4.6.1 Geschlechts- und Altersverteilung der untersuchten Tiere

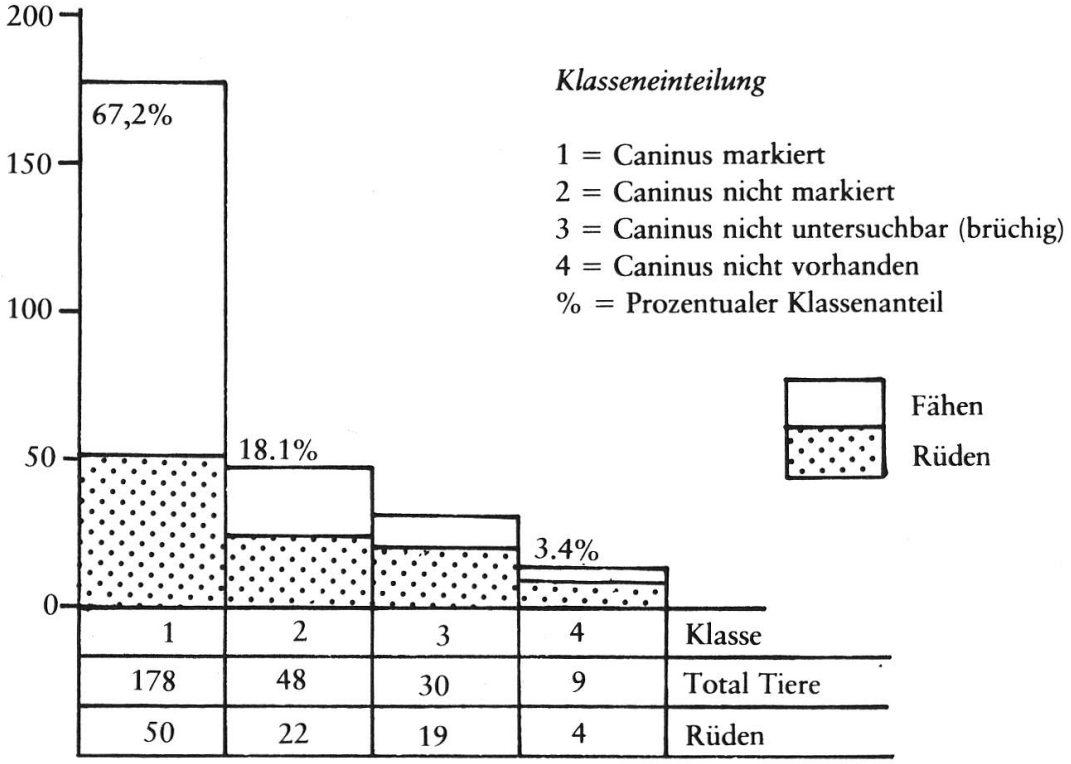
Für den Tetrazyklinnachweis im Caninus wurden 265 Canini von Jungfüchsen und deren 59 von Altfüchsen untersucht. Dabei ist zu betonen, dass die Canini erst dann auf Tetrazyklin untersucht wurden, wenn der Femur des betreffenden Fuchses markiert war. Im Kap. 3.6.2.2 Zahnstruktur und Tetrazyklinnachweis wurde darauf hingewiesen, dass die von EBNERschen Linien in den Canini-Längsschnitt-Dünnschliffen bei Alttieren so nahe beieinander liegen, dass sie nicht mehr als Einzellinien erkannt werden können. Aus diesem Grunde wurde von den im Femur markierten Altfüchsen lediglich eine Stichprobe von 59 Canini auf die Markierung untersucht. Alle Canini der Jungfüchse, die im Femur eine Markierung aufwiesen, wurden hingegen auf die Tetrazyklinmarkierung untersucht.

Die Abbildung 8 gibt Auskunft über die Ergebnisse der 324 untersuchten Canini. Es geht deutlich hervor, dass bei Jungfüchsen mit 178 Tieren (67.2%) eine Markierung der Canini häufiger nachweisbar ist als bei den Altfüchsen mit 7 Tieren (11.8%).

4.6.2 Zeitpunkt der Köderaufnahme

Die Ermittlung des Zeitpunktes der Köderaufnahme gehört zum entscheidenden Kriterium, um den Erfolg der Aktionen zu messen, denn damit will man ja erfahren, wieviele Tiere den Köder innerhalb der Zeitspanne der Impfstoffwirksamkeit aufgenommen haben. Die kritische Impfstoffwirksamkeit ist 5 Tage nach Köderauslage überschritten, und später aufgenommener Impfstoff hat nur noch ungenügende Mengen lebendes Impfvirus. Zur besseren Auswertung wurde mit der Anzahl verstrichener Tage von der Köderauslage bis zur Köderaufnahme eine Klasseneinteilung vorgenommen.

Canini von Jungfüchsen



Canini von Altfüchsen

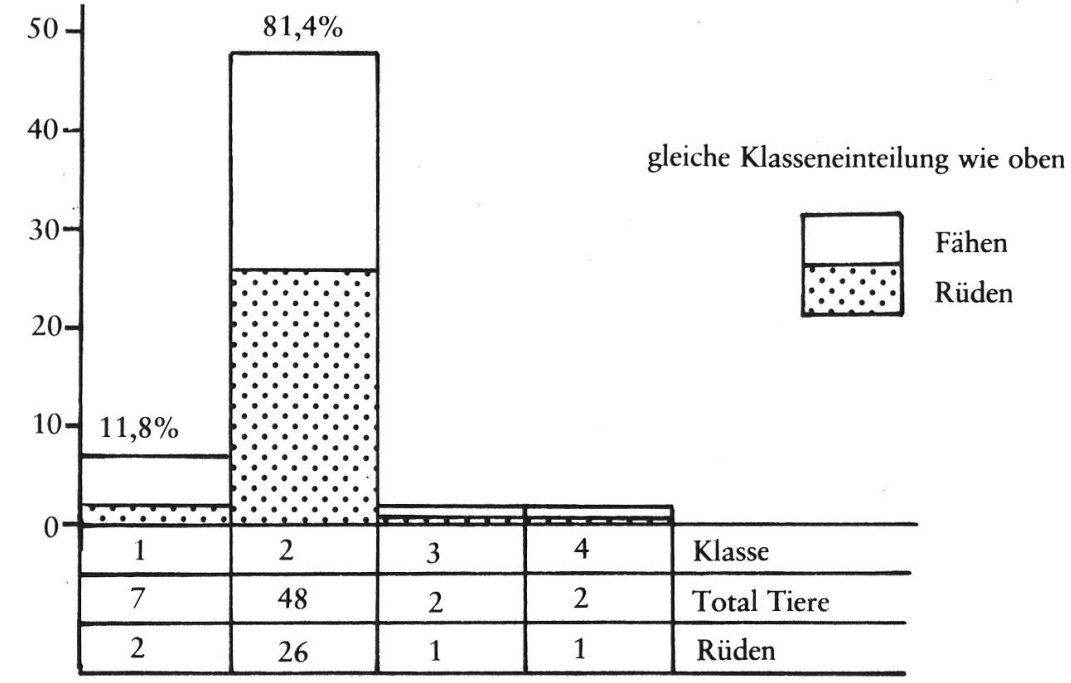


Abb. 8: Anteil markierter und unmarkierter Tiere sowie deren Geschlechtsverteilung bei Jung- und Altfüchsen. Abzisse: Klassenzugehörigkeit. Ordinate: Anzahl Tiere.

Zeit in Tagen nach Köderauslage	Klasse	Köderaufnahme	Impfstoff-wirksamkeit	Anzahl Tiere ♂	♀	Total
- 0	1. Klasse	0 - 5 Tage nach Köderauslage	gut-genügend	50	54	104
- 5	2. Klasse	6 -10 Tage nach Köderauslage	fraglich	20	15	35
-10	3. Klasse	11-20 Tage nach Köderauslage	ungenügend	6	5	11
-20	4. Klasse	>20 Tage nach Köderauslage	ungenügend	15	13	28

Tab. 6: Klasseneinteilung und Anzahl Tiere pro Klasse

Die Werte sind in Abbildung 9 nach Klassen und Geschlecht, in Abbildung 10 nach verstrichenen Tagen und Geschlecht graphisch dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass 58.4% der Köder innerhalb von 5 Tagen nach Köderauslage vom Fuchs aufgenommen wurden. Es ist dabei mit einem $X^2 = 0.15$ kein Unterschied bei den Geschlechtern bezüglich der Köderannahme während den ersten 5 Tagen festzustellen. Untersucht man, ob ein Geschlechtsunterschied bei der Köderannahme innerhalb der ersten 20 Tage nach Auslegedatum vorliegt, so muss dies mit einem $X^2 = 0.09$ verneint werden.

Bei den Jungfüchsen nehmen also innerhalb der ersten 20 Tagen beide Geschlechter den Köder gleich gut an.

5. Ergebnisse mit der Luderplatzmethode im Bergell (BR) Kanton Graubünden

5.1 Auslegung der Köder

Das Auslegen der Köder erfolgte hier nur durch einheimische Leute. Die Köderkarten wurden unter Mithilfe der örtlichen Jägerschaft erstellt. Die zur Verfügung stehende Gesamtköderzahl wurde auf Etappen gleichmässig verteilt und im Abstand von 10 Tagen ausgelegt. Die Köderzahl pro Aktion war dadurch etwas gering, jedoch konnte so die Impfstoffwirksamkeit auf 10 Tage erhöht werden (2 x 5 Tage).

Es wurden wie bei der Flächenmethode pro Auslegeort nur 1 Köder ausgelegt. Bei der Wahl des Auslegeortes wurden, wie in Kap. 3.3.2 Luderplatzmethode beschrieben wurde, den Fuchsbauten, den Luderplätzen und den Wechsel der Füchse mehr Aufmerksamkeit gegeben.

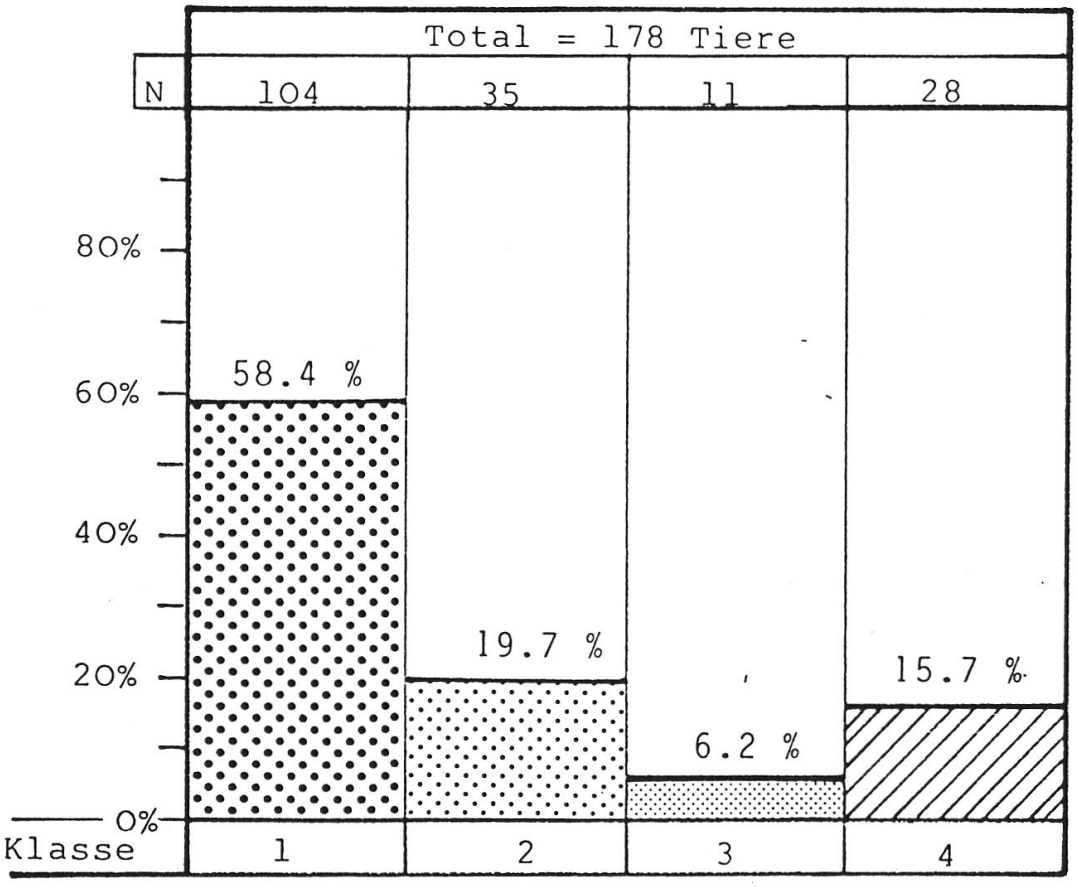
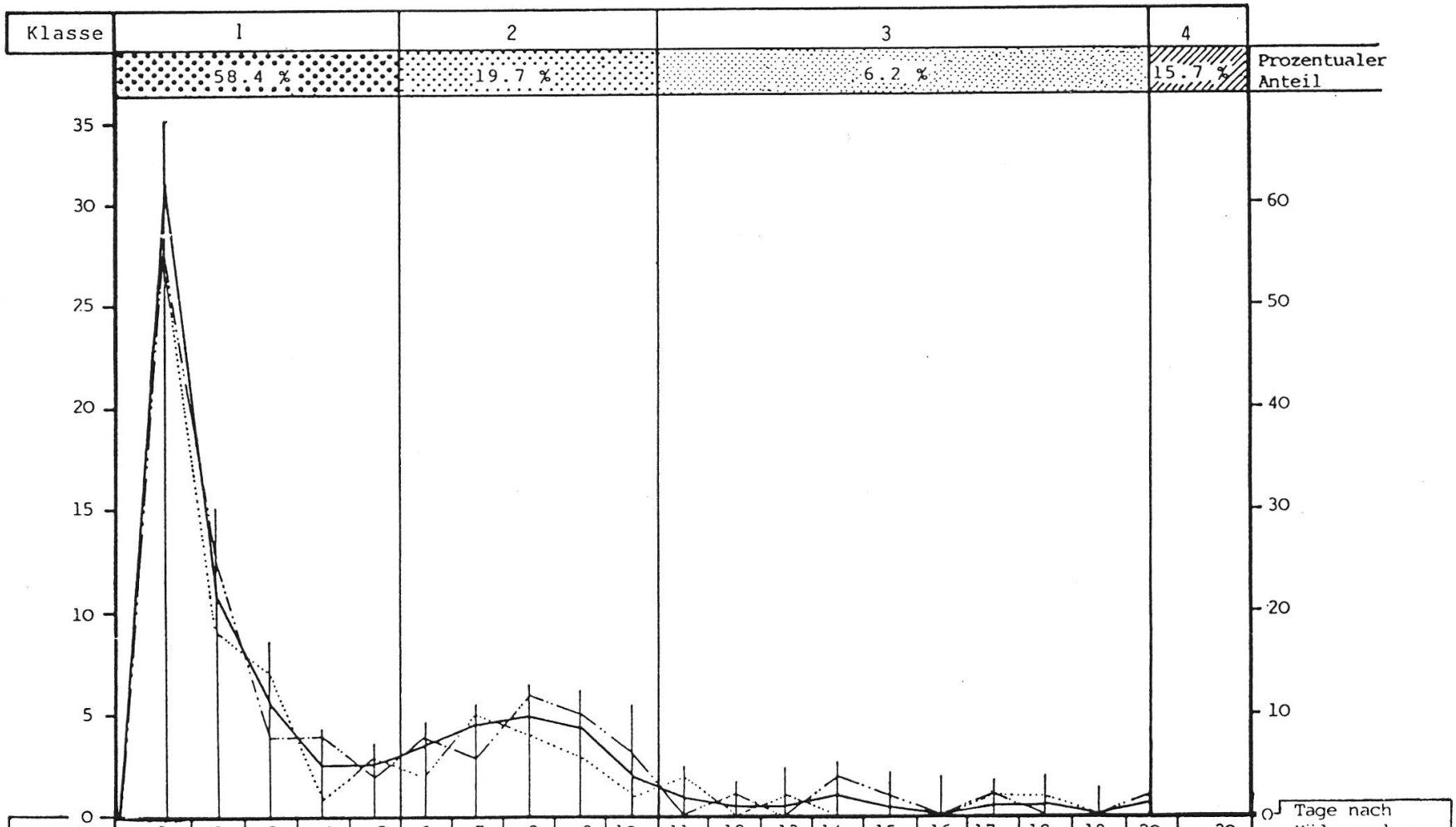


Abb. 9: Köderaufnahme bestimmt mit den von EBNERSCHEN Linien mit prozentualer Verteilung auf die 4 Klassen

Klasseneinteilung
Köderaufnahme nach Köderauslage

Klasse 1: 0– 5 Tage
Klasse 2: 6–10 Tage
Klasse 3: 10–20 Tage
Klasse 4: W 20 Tage

% = Prozentualer Anteil



Kurve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20		
—·—·—	28	12	4	4	2	4	3	6	5	2		1		2	1		1			1	13	Anzahl ♂	li. Ord.
·····	34	9	7	1	3	2	5	4	3	1	2		1				1	1			15	Anzahl ♀	
———	62	21	11	5	5	6	8	10	8	3	2	1	1	2	1		2	1		1	28	Total	re. Ord.

Abb. 10: Köderaufnahme bestimmt mit den von EBNERSCHEN Linien.
Abszisse: Tage nach Köderauslage; Ordinate: Anzahl Tiere.

In den genannten Orten betrug die Köderdichte pro Fuchsbau ca. 6 Köder, pro Luderplatz ca. 10 Köder und pro Wechsel ca. 18 Köder. Die Dichte für das gesamte Gebiet betrug bei allen Aktionen 12 Köder/km².

Insgesamt gab es für das Auslegen 7 Mannschaften, welche nach einer einmaligen Anleitung die Köder selbstständig im Gelände verteilten. Das Auslegen der Köder unterscheidet sich von der Flächenmethode dadurch, dass auf eine Mannschaft maximal 70 Köder entfielen. Dadurch erreicht man ein speditives Auslegen der Köder, und es verstreicht wenig Zeit von der Köderzubereitung bis zur Köderauslage. Der Impfstoff gelangt so bei maximaler Wirkung ins Gelände.

5.2 Verschwinderate der Köder

Über das Verschwinden der Köder wurde, wie im Kapitel 3.4.3 «Kontrollen im Gelände» aufgeführt wurde, bei sämtlichen Aktionen Buch geführt. Die Daten sind in Tabelle 7 festgehalten.

Tab. 7: Überblick der ausgelegten und verschwundenen Köder bei den Impfaktionen im Bergell

Aktion / Sektor	Anzahl ausgelegte Köder (1 1. bzw. 2. 2 Aktion)						Anzahl verschwundene Köder (1 Kontrolle der 2 1. bzw. 2. Aktion)					
	Herbst 82		Frühl. 83		Herbst 83		Herbst 82		Frühl. 83		Herbst 83	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Castasegna	25	25	25	28	25	26	6	11	6	9	9	11
Soglio	25	25	25	25	25	25	9	11	21	20	16	13
Bondo	100	100	80	71	80	80	17	53	37	38	37	39
Stampa	100	100	80	70	80	80	37	40	24	37	6	46
Vicosoprano	80	90	80	70	80	80	34	35	33	31	29	32
Casaccia	50	50	40	40	40	40	15	21	18	17	13	15
Maloja	110	85	70	60	10	76	19	14	35	54	32	41
Total	490	492	400	364	400	407	137	185	174	206	142	197
% Verschwinderate							32.4	38.2	43.5	56.6	35.5	48.4

Die Verschwinderaten beim Kontrollgang 2 Tage nach Köderauslage variieren zwischen 32.4% und 56.6%. Die relativ niedrigen Verschwinderaten vom Herbst 1982 sind sicherlich auf einen tiefen Fuchsbestand zurückzuführen, welcher durch den massiven Einfluss der Tollwut zurückzuführen ist.

5.3 Qualitativer Tetrazyklinnachweis im Femur

Die Befunde des qualitativen Tetrazyklinnachweises im Femur der 16 eingesandten und untersuchten Tiere ist in Tab. 8 dargestellt.

Tab. 8: Anteil markierte Tiere; in Klammer tollwutpositive Tiere

	Total	Anzahl Tiere mit markierten Osteonen	Anzahl Tiere mit markiertem Endost	Anzahl Tiere mit markiertem Periost	Anzahl markierte Tiere
Jungfüchse	5♂	2	2	2	2
	2♀	2	2	2	2
Altfüchse	6♂	2 (1)	2 (1)	2 (1)	2 (1)
	3♀	2	2	2	2

Auffallend ist, dass alle markierten Tiere markierte Osteone, markiertes Endost sowie auch markiertes Periost aufweisen und die Markierungen überall sehr intensiv sind. Die Intensität der Markierung ist ihrerseits von der aufgenommenen Menge des Tetrazyklins abhängig.

5.4 Markierungsanteil beim Stichprobenmaterial

Von den 16 untersuchten Füchsen waren deren 4 tollwutpositiv. Nur bei einem dieser Tiere, nämlich bei einem weiblichen Altfuchs, konnte Tetrazyklin nachgewiesen werden (auf Tollwut am 16. 4. 1983 untersucht; Tollwutnummer 5/1486). Bei diesem Tier ist die Tollwut ca. 1/2 Jahr nach der Impfung (Oktober 1982) ausgebrochen. Da es sich um einen Altfuchs handelt, kann der Zeitpunkt der Köderaufnahme nicht ermittelt werden. Der Markierungsanteil betrug somit bei den tollwutpositiven Tieren 25%, bei den tollwutnegativen Tieren hingegen 66.7%. Der Markierungsanteil ist mit $X^2=0.46$ bei Jung- und Altfüchsen nicht signifikant verschieden.

5.5 Quantitativer Tetrazyklinnachweis im Femur

Das Ergebnis des quantitativen Tetrazyklinnachweises ist von den 12 tollwutnegativen Tieren in Tab. 9 dargestellt.

Klasseneinteilung nach der Markierung

Osteone	*Periost und Endost*
1. Klasse 10 Osteone markiert	1. Klasse = 1 Lamelle markiert
2. Klasse 10 Osteone markiert	2. Klasse = 2 Lamellen markiert
3. Klasse 10 Osteone markiert	3. Klasse = 3 Lamellen markiert
4. Klasse 10 Osteone markiert	4. Klasse = 4 Lamellen markiert

Tab. 9: Anzahl markierte Tiere pro Klasse

		markierte Osteone Anzahl Tiere pro Klasse				markiertes Endost Anzahl Tiere pro Klasse				markiertes Periost Anzahl Tiere pro Klasse			
Klasse		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Jungfüchse	♂			1	1			2				2	
	♀			1	1			1	1			2	
Altfüchse	♂	1	1			2				2			
	♀	1	1				2			2			
Total		2	2	2	2	2	2	3	1	4		4	

Aus der Tabelle kann man entnehmen, dass ein klarer Unterschied zwischen der Markierung von Jung- und Altfüchsen vorliegt. Bei den Jungfüchsen sind im Gegensatz zu den Altfüchsen grosse Anzahlen von Osteonen sowie auch mehrere Lamellen des Endosts und Periosts mit Tetrazyklin markiert. Dies ist ein Audruck des intensiven Gewebeturnovers bei jüngeren Tieren.

5.6 Tetrazyklinnachweis im Caninus

Von den 9 untersuchten Tieren waren deren 6 markiert. Davon entfielen auf die Jungtiere 4 und auf die Altfüchse 2. Bei allen Canini konnte eine mehrmalige Köderaufnahme bei der gleichen Impfaktion nachgewiesen werden, nämlich bei drei Tieren eine 2malige, bei drei eine 4malige, bei einem Tier eine 6malige und bei einem Tier sogar eine 14malige Aufnahme. Bei den 4 Jungtieren wurde der 1. Köder jeweils 2 Tage nach dem Auslegen aufgenommen.

6. *Diskussion*

Die im Rahmen dieser Arbeit gemachten Beobachtungen sollen im Folgenden drei Problemkreisen zugeordnet werden:

6.1 Probleme der Tetrazyklinmarkierung

Unsere Befunde an Füchsen bestätigen, dass bei jungen Säugetieren die Erneuerung des Knochengewebes intensiver ist als bei älteren Tieren. Dies ergibt sich sowohl aus der unterschiedlichen Anzahl markierter Osteone, wie auch aus der berechneten Persistenz der Markierung in der Femurdiaphyse. Wegen der grösseren Anzahl aktiver Osteone ist bei einem jungen Fuchs die Köderaufnahme leichter zu erkennen. Bei älteren Individuen werden dafür die wenigen markierten Osteone weniger rasch wieder abgebaut. Es ist denkbar, dass eine Köderaufnahme auf den zwei zufällig gewählten Diaphysenquerschnitten nicht nachweisbar ist. Diese Gefahr ist bei älteren Individuen grösser als bei jungen. Ein ähnliches Problem ergibt sich für den Tetrazyklinnachweis in den Canini. Es scheint, dass der Bluttetrazyklinspiegel für einen mikroskopisch nachweisbaren Einbau in Zahngewebe höher sein muss als für eine erkennbare Einlagerung in Knochen. Nicht bei allen Individuen mit markierten Osteonen ist auch eine Markierung von Dentin erkennbar.

Diskrepanzen sind bei älteren Füchsen häufiger als bei jungen. Für die praktische Arbeit ist aber wichtig festzuhalten, dass eine Köderaufnahme meistens und über lange Zeit nachweisbar ist.

6.2 Probleme der Köderverteilung und der Köderaufnahme

Nach alter Jagdtradition können Füchse an Luderplätze gelockt und dort erlegt werden. Je nach Qualität und Lokalisation eines Luderplatzes werden dort in einer Jagdsaison im Kanton Graubünden bis zu 20 Füchse geschossen. Man kann deshalb vermuten, dass sich an einem Luderplatz zahlreiche Individuen mit Ködern füttern lassen. Möglicherweise ist dies aber ein Trugschluss. Die Anlockung an eine Futterstelle mit Abschuss ist sicher nicht identisch mit Fütterung ohne kontinuierliche Entfernung der am Futterplatz erscheinenden Tiere. Eine Fütterung zahlreicher Individuen an einem Luderplatz wäre nur möglich, wenn Füchse im Winter ihre Familienterritorien preisgeben würden. Dies ist für alpine und arktische Gebiete durchaus denkbar, aber noch nicht bewiesen. In unserem nicht sehr umfangreichen Material aus dem Bergell mit Luderplatzköderung befindet sich immerhin ein Fuchs, der beweist,

dass sicher nicht alle Individuen gleichen Zugang zu Luderplätzen haben. Dieses Tier hatte an 14 verschiedenen Tagen ein bis mehrere Köder aufgenommen. Die disperse Verteilung von 16 bis 20 Ködern pro km^2 ist deshalb höchstwahrscheinlich die sicherere Auslegestrategie. Damit fallen ohne Zweifel in jedes Fuchsterritorium bzw. in jeden individuellen Aktionsraum ein bis mehrere Impfstoffköder.

6.3 Probleme der Tollwutbekämpfung

Man hat in den vergangenen 30 Jahren viel über die Biologie der Tollwut gelernt. In den Tollwutgebieten Europas zeigt die Seuchendichte drei- bis vierjährige Amplituden. Formuliert man die biologischen Daten von Fuchs und Virus zu einem Computer-Modell, so lassen sich die Zyklen gut demonstrieren. Als Mechanismus wird die Kontaktrate zwischen den Füchsen gesehen. Je mehr Füchse, desto häufiger die Kontakte, desto rascher die Übertragung des Virus und desto höher die Sterblichkeit der Füchse. Das führt zu reduzierter Fuchspopulation, mit geringen Kontaktraten, die ein Ansteigen der Fuchsdichte wiederum zulassen, (ANDERSON et al., 1981; SCHRÖDER, 1981).

In Europa breitet sich Tollwut ausschliesslich in Fuchspopulationen aus. Tollwütige Füchse infizieren aber eine beträchtliche Zahl von anderen Wild- und Haustieren (WANDELER et al., 1974). Es sind vor allem diese Sekundärfälle, die in Europa jedes Jahr mehrere Tausend therapeutische Impfbehandlungen beim Menschen notwendig machen. Dank moderner Impfstoffe sind diese heute meistens erfolgreich. Trotzdem fühlen sich die zuständigen Behörden der meisten Länder verpflichtet, Tollwutbekämpfung auf dem Niveau des Hauptwirtes Fuchs zu betreiben.

Die bisherige Tollwutbekämpfung beim Fuchs beschränkte sich ausschliesslich auf die Verminderung der Populationsdichte, um damit die Kontaktrate zwischen den Füchsen weit genug abzusenken und so die Übertragung des Virus zu unterbrechen.

BALLANTYNE, O'DONOGHUE (1954) und LEWIS (1968) versuchten eine Verminderung der Populationsdichte mit dem Auslegen von Giftködern zu erreichen. Der Erfolg mit dieser Methode war recht bescheiden und fand bei der Bevölkerung kein Echo.

Später wollte man der Tollwut über die Jagd und die Begasung der Fuchsbauten beikommen. Auch damit hat man keine befriedigenden Re-

sultate erreicht, höchstens hat man das Vordringen der Seuchenfront um 1 bis 2 Jahre verzögert.

Weiter muss auch erwähnt werden, dass ein durch Beschuss und Begasung (oder auch durch die Tollwut selber) dezimierter Fuchsbestand sich durch die hohen Nachwuchsraten (rund 5 Welpen pro Wurf) innerhalb von 2 bis 3 Jahren auf den ursprünglichen Bestand erholt hat.

Unter diesen Umständen ist es auch klar, weshalb die klassischen Tollwutbekämpfungen nur zu einer Linderung, nicht aber zur Beseitigung des Übels (Ausrottung der Tollwut) führten.

Die Idee des Impfens der Füchse wurde vor rund zwanzig Jahren in den USA und Kanada aufgegriffen und seit 1970 von Forschergruppen in Frankreich, Deutschland und der Schweiz bearbeitet.

Als einfachste Methode bot sich die perorale Impfung an, und als beliebter Köder erwiesen sich Hühnerköpfe, die zudem billig zu beschaffen sind. Der in einem kleinen Plastikbeutel eingeschlossene Impfstoff wird im Hühnerkopf versteckt und bleibt etwa drei bis sieben Tage wirksam, d. h. über eine Zeitspanne, die genügt, dass mindestens zwei Drittel der Impfköder zu einem wesentlichen Teil von Füchsen aufgenommen werden. Die Tiere sind dann ein bis zwei Wochen später zu rund 80% gegen Tollwut geschützt.

Damit will man genügend Füchse gegen Tollwut immunisieren und so die Virusübertragung unter den kritischen Wert senken, ohne dabei Änderungen des Populationsturnovers, der Sozialstruktur und der territorialen Organisation zu bewirken.

Um die Köderaufnahme durch Füchse zu kontrollieren, wurde den Hühnerköpfen Tetrazyklinchlorat injiziert. Das Tetrazyklin wird dann beim Konsumenten an Stelle von Ca-Salzen in Knochen und Zähnen eingebaut. Dieses eingelagerte Tetrazyklin kann dann beim toten Tier fluoreszenzmikroskopisch nachgewiesen werden.

Mit den seit Herbst 1982 durchgeführten Impfaktionen und den sich daraus ergebenden Kontrolluntersuchungen der eingesandten Füchse konnten die Ergebnisse des Impfversuches im Wallis bestätigt werden. Von den 974 eingesandten und untersuchten Füchsen waren 851 tollwutnegativ und 123 tollwutpositiv. Bei den tollwutnegativen waren 459 (54%) und bei den tollwutpositiven 19 (16%) der Tiere mit Tetrazyklin markiert. Diese Ergebnisse wurden bereits bei den einzelnen Auswertungen diskutiert.

Aus der Datierung der Tetrazyklineinlagerung geht hervor, dass ungefähr 60% der markierten Tiere den Köder innerhalb einer guten bis genügenden und weitere 20% den Köder innerhalb einer fraglichen (5–10 Tage) Impfstoffwirksamkeit aufgenommen haben.

Die epidemiologischen Beobachtungen in den einzelnen Kantonen lassen vermuten, dass dieser erreichte Immunisierungsgrad genügte, um die Tollwut zum Abklingen zu bringen. Verschiedene Autoren fordern wesentlich höhere Anteile an immunisierten Tieren, um Gebiete von der Tollwut frei zu halten (MACDONALD, 1980, ANDERSON et al., 1981).

7. Dank

An dieser Stelle möchte ich allen, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, herzlich danken. Dieser Dank richtet sich besonders an:

- Herrn Prof. Dr. V. Zisviler, der mich dieses Thema bearbeiten liess,
- Herrn Dr. A. Wandeler für die grosszügig beratende Unterstützung beim Entstehen der Arbeit,
- die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Tollwutzentrale Bern für die freundliche Aufnahme und ihre Mitarbeit sowie die Überlassung von Karten und Zahlenmaterial,
- die Herren Dr. P. Ratti, Jagdinspektor des Kantons Graubünden und Dr. E. Kuoni, Kantonstierarzt Graubünden, die sich für die Tollwutbekämpfung in Graubünden einsetzen und mich bei der Durchführung dieser Arbeit stets mit guten Ratschlägen unterstützten.

Zu Dank bin ich auch den Wildhütern, Jagdaufsehern und freiwilligen Mithelfern verpflichtet, die bei der Köderauslage behilflich waren.

Danken möchte ich auch der Lia Rumantscha und Prof. O. Lardi, welche die Übersetzung der Zusammenfassung ins Italienische und Romanische besorgten.

Ganz herzlich danken möchte ich schliesslich Herrn K. Sigrist (Emser-Werke) für die hilfreiche statistische Auswertung mit dem Computer.

8. *Zusammenfassung, Riassunto, Resumaziun*

1. Von der schweizerischen Tollwutzentrale in Bern wurden vom Oktober 1981 bis Oktober 1983 zur Tollwutbekämpfung in der Schweiz ingesamt 30 Aktionen zur peroralen Immunisierung von Füchsen durchgeführt. Es geht dabei darum, dem Fuchs Hühnerkopfköder mit abgeschwächtem lebenden Tollwutimpfstoff (SAD-Stamm von Rabies) 2mal jährlich, nach der Flächenmethode oder der Luderplatzmethode möglichst geschickt anzubieten, wobei eine Köderdichte von 16–20 Köder pro Km^2 angestrebt wird.

2. Die vorliegende Arbeit schildert die zur Überwachung des Impferfolges durchgeführten Untersuchungen. Dazu werden den Hühnerköpfen je 150 mg Tetrazyklinchlorat als *Marker* injiziert.

3. Das Tetrazyklin kann sich wie die Ca-Salze in der in Bildung begriffenen Knochen- und Zahnsubstanz ablagern. In den Knochen kann so Tetrazyklin an den Appositionsstellen des Periosts und/oder Endosts und/oder an den Auflagerungsstellen der Osteone nachgewiesen werden. In den Knochen verschwindet die Markierung in Abhängigkeit des *Kochenumbaus*. Der Tetrazyklinnachweis erfolgt fluoreszenzmikroskopisch an Knochenquerschnitt- oder Zahnlängsschnitt-Dünnschliffen.

4. Von den 974 eingesandten und untersuchten Füchsen waren 851 tollwutnegativ und 123 tollwutpositiv. Bei den Tollwutnegativen waren 459 (54%) und bei den tollwutpositiven 19 (16%) markiert.

5. Aufgrund der täglichen Einlagerungen in die von Ebner'schen Linien im Zahn kann die Anzahl aufgenommener Köder und bei Füchsen unter 12 Monaten sogar der Zeitpunkt dieser Aufnahme ermittelt werden. Von 178 juvenilen Füchsen haben 104 (58,4%) den Köder innerhalb einer guten bis genügenden und weitere 35 (19,7%) innerhalb einer fraglichen (5–10 Tage) Impfstoffwirksamkeit aufgenommen.

6. Die Untersuchungen mit der Tetrazyklinmarkierung geben Aufschluss über den *Gewebeturnover* und zeigen, dass dieser bei Jungfüchsen wesentlich höher ist als bei Altfüchsen.

7. Aus den Daten des eingesandten Materials geht ein Geschlechtsverhältnis von 1:1 hervor. Bei der Markierung ist keines der Geschlechter bevorzugt.

8. Die Ergebnisse der Köderauslage nach der Luderplatzmethode im Vergleich zur Flächenmethode zeigen, dass erstere wegen vielfacher Köderaufnahme durch einzelne Füchse bei der gleichen Aktion keine Vorteile bietet.

9. Die Untersuchungen mit der Tetrazyklinmarkierung ergeben auch Hinweise auf die Mechanik der Tollwutepidemiologie und auf die Aspekte der Fuchspopulationdynamik.

10. Die Arbeit schliesst mit der Besprechung der 3 folgenden Themenkreise:

1. Probleme der Tetrazyklinmarkierung.
2. Probleme der Köderverteilung und Köderaufnahme.
3. Probleme der Tollwutbekämpfung.

11. Als wichtigstes Ergebnis darf festgehalten werden, dass mit den durchgeführten Impfaktionen überall das angestrebte Ziel der Eindämmung der Tollwut erreicht wurde.

Riassunto

1. La centrale svizzera per la lotta contro la rabbia, con sede a Berna, organizzò dall'ottobre 1981 all'ottobre 1983 30 azioni d'immunizzazione perorale di volpi. In modo efficiente, per mezzo del metodo di superficie o di cimitero di cadaveri, si cercò di addescare le volpi con teste di pollo, contenenti il vaccino vivo indebolito «SAD-Tipo Rabies», con 16–20 esche per km².

2. Questo lavoro espone le analisi effettuate per constatare il risultato delle vaccinazioni svolte. Per poter fare queste analisi vennero immesse nelle teste di pollo 150 mg die «Tetrazyklinchlorat» come marchio di controllo.

3. Il «Tetrazyklin» vien fissato nelle ossa e nei denti come vengono fissati i sali di calcio. Nelle zone di crescita delle ossa si può verificare la presenza del «Tetrazyklin». Con la metamorfosi delle ossa il marchio di controllo sparisce. La verifica del Tetrazyklin nelle ossa vien effettuata in modo microscopico con luce fosforescente su sezioni di ossa o di denti ben levigate.

4. Delle 974 volpi inoltrate e analizzate, 851 risultarono negative alla rabbia e 123 positive alla rabbia. 459 (54%) delle negative e 19 (16%) delle positive (con rabbia) erano contrassegnate con il marchio di controllo.

5. Tramite la crescita giornaliera dei denti lungo gli strati di Ebner è possibile determinare il numero di esche con marchio di controllo prese dalle volpi e fino a 12 mesi addirittura determinare la data di addescamento. Delle 178 giovani volpi analizzate, 104 (58,4%) vennero addescatet entro un limite di tempo ideale per l'efficienza del vaccino «SAD-

Tipo Rabies», 35 volpi (19,7%) vennero addescate in un periodo (5–10 giorni) non sicuro per l'efficienza del vaccino.

6. Le analisi con il marchio «Tetrazyklin» danno pure delle informazioni sulla metamorfosi (Turnover) dei tessuti, e indicano che la metamorfosi dei tessuti è maggiore nelle giovani volpi che non nelle volpi adulte.

7. Dalle volpi inoltrate e analizzate risulta un rapporto sessuale di 1:1. Nelle marcature von risultano differenze di sesso.

8. I risultati per la distribuzione delle esche secondo il metodo di superficie o di cimitero di cadaveri, indicano che la presa die più esche sui cimiteri di cadaveri da parte di una singola volpe non comporta per la stessa azione d'immunizzazione nessun vantaggio.

9. Le analisi con il marchio di controllo «Tetrazyklin» permettono pure di avere delle informazioni sulla propagazione della rabbia e su aspetti della dinamica di popolazione delle volpi.

10. Il lavoro conclude con la discussione dei seguenti tre temi:
1. Problemi nelle marcature con «Tetrazyklin»
2. Problemi per la distribuzione delle esche e l'addescamento
3. Problemi nella lotta contro la rabbia

11. Come risultato principale si può ammettere che le azioni d'immunizzazione effettuate, hanno dato ovunque il risultato sperato di contenere la propagazione della rabbia.

Resumaziun

1. La centrala svizra da frenesia a Berna ha realisà per cumbatter la frenesia (ravgia da chauns) da l'october 1981 enfin l'october 1983 en tut 30 acziuns per l'immunisaziun perorala da vulps. I sa tracta qua da porscher a la vulp dus giadas ad onn prudentamain chaus da giaglinas che cuntegnan in vaccin da frenesia da vitalitad sminuida (SAD-stirpa da rabies) tenor la metoda d'areal (Flächenmethode) u la metoda da plazza d'estga (Luderplatzmethode). I vegn pruvà da cuntanscher ina spessadad da 16–20 preparats per km².

2. Questa lavur descriva las analisas ch'èn vegnidas fatgas per survegliar il success da la vaccinaziun. Per quai vegnan injectads mintgamai 150 mg tetraciclinclorat sco marcader en ils chaus da las giaglina.

3. Il tetraciclin sa depona en la substanza da l'ossa e dals dents en svilup, sco p. ex. ils sals da calzium. En l'ossa pon ins uschia cumprovar il tetraciclin tar las parts d'apposiziun dal periost e/u da l'endost e/u tar

quellas dals osteons. En l'ossa svanescha la marcaziun en dependenza da lur midada. La cumprova da tetraciclin succeda en moda da fluorescenza microscopica tar tagls satigls traversals da l'ossa u tar tagls per lung dals dents.

4. Da las 974 vulps ch'èn vegnidas tramessas ed analisadas eran 851 negativas areguard la frenesia e 123 positivas. Tar quellas che eran positivas areguard la frenesia eran 19 (16%) marcadas e tar quellas ch'eran negativas 459 (54%).

5. Sin basa dals deposits quotidians en las lingias d'Ebner dals dents po vegnir erui il dumber dals chaus da giaglinas ch'èn vegnids magliads e tar vulps sut 12 mais perfin il temp da recepziun. Da 178 vulps giuvenilas han 104 (58,4%) maglià quests chaus dürant ch'il vaccin era anc bun u almain suffizient, ulteriuras 35 (19,7%) durant in temp d'efficacitad malsegira dal vaccin da 5–10 dis.

6. Las analisas da la marcaziun cun tetraciclin dattan scleriment davart la midada dal tessi e mussan che quella è in toc pli svelta tar vulps giuvnas che tar vulps veglias.

7. Dal matrial tramess resulta ina relaziun da schlattaina dad 1:1. Tar la marcaziun n'è nagina schlattaina preferida.

8. Ils resultats da la repartiziun dals chaus da giaglina tenor la metoda da plazza d'estga en cumparegliaziun cun la metoda d'areal mussan che l'emprima metoda na porscha nagins avantatgs, perquai che singulas vulps maglian plirs chaus dürant la medema acziun.

9. Da las analisas cun la marcaziun da tetraciclin resultan er indicaziuns da la mecanica da l'epidemiologia da la frenesia e d'aspects da la dinamica da la populaziun da vulps.

10. La lavur finescha cun la recensiun dals suandants trais temas:
1. Problems da la marcaziun da tetraciclin.
2. Problems da la repartiziun e recepziun dals chaus da giaglina.
3. Problems dal cumbat cunter la frenesia.

11. Sco resultat il pli impurtant dastg'ins valitar il suandant: cun l'acziun da vaccinaziun è la finamira da tegnair en frain la frenesia vegnida cuntanschida.

9. *Literatur*

Aus Platzgründen ist hier nur die in der Arbeit erwähnte Literatur aufgeführt. Für weiterführende Literatur verweise ich auf die Originalarbeit «Köderversuche beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes L.)*», welche bei der Universität Zürich oder beim Verfasser bezogen werden kann.

ANDERSON, R. M., JACKSON, H. C., MAY, R. M. and A. D. SMITH, 1981: Population dynamics of fox rabies in Europe, Nature, Vol. *289*, 765–771

BAER, G. M., M. K. ABELSETH und J. G. DEBBIE, 1971: Oral vaccination of foxes against rabies. Amer. J. Epidemiology, *93*, 487–490

BALLANTYNE, E. E. und J. G. O'DONOGHUE, 1954: Rabies Control in Alberta. J, Am. Vet. Med. Ass. *125*, 316–326

BLACK, J. G. and K. F. LAWSON 1973: Further studies of sylvatic rabies in the fox (Vulpes vulpes). Vaccination by the oral route. Can. Vet. J. *14*. 206–211

DEBBIE, J. G., M. K. and G. M. BAER, 1972: The use of commercially available vaccines for the oral vaccination of foxes against rabies. Amer. J. Epidemiology, *96*, 231–235

FROST, H. M., 1968: Tetracycline bone labeling in anatomy. Human jurnal of physical anthropology. Vol 29, *No. 2*, 183–196

GAFFREY, G. 1961: Merkmale der wildlebenden Säugetiere Mitteleuropas. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig

HÄFLIGER, U. 1983: Die orale Immunisierung von Füchsen gegen Tollwut. Dissertation, Universität Bern

JOHNSTON, D. H., 1975: The significance of von Ebner's lines as increments of growth in the dentin of carnivores. Orovax progress report 1

KRAFT, W., 1969: Die Technologie des Leitz-Fluoreszenzopak. Leitz-Mitt. Wiss. und Technik IV, 239–242

LEWIS, J. C. 1968: Use of poison bait to controö rabies in Tennesee wildlife. Publ. Hlth. Rep. *83*, 69–74

MÜNZBERG, K. J. und M. GEBHARD, 1970: Tetrazyklin und Knochenkollagen. Arch. orthop. Unfallchir. *67*, 211–216

SCHRÖDER, J., April 1981: Tollwut: Ist ein Ende der Seuche abzusehen? Mitteilungen aus der Wildforschung der Universität München.

STECK, F., und A. WANDELER, 1982: a) Orale Schutzimpfung von Füchsen gegen die Tollwut. Informationsdienst Wildbiologie, Zürich
b) Mitteilungen des Bundesamtes für Veterinärwesen, Febr. 1982

WANDELER, A., WACHENDÖRFER, G., FÖRSTER, U., KREKEL, H. H., SCHOLE, W., MÜLLER, J. and F. STECK 1974: Rabies in Wild Carnivores in Central Europe
I. Epidemiological Studies, Zbl. Vet. Med. B *21*, 735–756
II. Virological and Serological Examinations; Zbl. Vet. Med. B *21*, 757–764
III. Ecology and Biology of the Fox in Relation to Control Operations, Zbl. Vet. Med. B *21*, 765–773

WANDELER, A., PFOTENHAUER, P. und C. STOCKER, 1975: Über die Verwendung von Ködern zu biologischen Untersuchungen an Füchsen Rev. Suisse de Zool. *82*, 335–348

WANDELER, A., 1976: Altersbestimmung bei Füchsen. Reue Suisse Zol. *75*, 665–681

WEIDENREICH, F., 1925: Über den Schmelz der Wirbeltiere und seine Beziehungen zum Zahnbein. Z. Anat. Entwickl.-Gesch., *79*.