

Untersuchung zur Verbreitung der Tularämie unter dem Aspekt des Klimawandels

Gesellschaft für Wildtier und
Lebensraum –
Greßmann & Deutz OEG



HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgerechte Tierhaltung
und Tiergesundheit



Autoren

Autoren

Univ. Doz. Dr. Armin Deutz

Gesellschaft für Wildtier und Lebensraum – Greßmann & Deutz OEG
Vogeltenn 6
8813 St. Lambrecht
Email: armin.deutz@stmk.gv.at

Mag. Thomas Guggenberger

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgerechte Tierhaltung u. Tiergesundheit
Abteilung Innenwirtschaft und Ökolometrie
Altirdning 11
8952 Irdning
Email: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

Wien, im November 2006

StartClim2005.C2

Teilprojekt von StartClim2005 „Klimawandel und Gesundheit!“

Projektleitung von StartClim2005:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2005 wurde aus Mitteln des BMLFUW und des BMGF gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	6
C2-1 Tularämie	7
C2-1.1 Einleitung	7
C2-1.2 Erreger der Tularämie	7
C2-1.3 Wirtsspektrum	8
C2-1.4 Geschichte der Tularämie in Österreich	8
C2-1.5 Tularämie bei Tieren	9
C2-1.5.1 Übertragungswege der Tularämie bei Tieren	9
C2-1.5.2 Klinische Erscheinungen der Tularämie bei Tieren	10
C2-1.6 Tularämie beim Menschen	11
C2-1.6.1 Übertragungswege der Tularämie beim Menschen	11
C2-1.6.2 Krankheitsbild beim Menschen	12
C2-1.7 Epidemiologie der Tularämie	13
C2-1.8 Vorbeugemaßnahmen	13
C2-2 Material und Methoden	15
C2-2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	15
C2-2.1.1 Räumliche Lage	15
C2-2.1.2 Geomorphologische und pflanzenbauliche Beschreibung	17
C2-2.2 Beschreibung des Datenmaterial	19
C2-2.2.1 Erkrankungsfälle	19
C2-2.2.2 Temperatur und Niederschlag	21
C2-2.3 Aufbereitung der Wetterdaten	21
C2-2.3.1 Temperatur	21
C2-2.3.2 Niederschlag	23
C2-2.3.3 ÖKLIM und Alp-Imp	23
C2-2.4 Datenverknüpfung im Geographischen Informationssystem	25
C2-2.4.1 Voronoi-Map	25
C2-2.4.2 Lokale Datenverknüpfung	25
C2-2.5 Klassische Statistische Analyse	26
C2-2.5.1 Methodische Überlegungen	26
C2-2.5.2 Praktische Durchführung	26
C2-2.6 Wetterbedingte Grenzwerte der Tularämie	28
C2-2.7 Vom Wetter zur Klimaerwärmung	28
C2-2.7.1 Grundsätzliche Überlegungen	28
C2-2.7.2 Modellauswahl und Beschreibung	28
C2-3 Ergebnisse	30
C2-3.1 Statistischer Zusammenhang zwischen der Tularämie und den Wetterdaten	30

C2-3.1.1 Zeitlicher Aspekt -----	31
C2-3.1.2 Räumlicher Aspekt -----	31
C2-3.2 Wetterdaten im Bundesgebiet -----	32
C2-3.2.1 Wintertemperatur und Monatsmittelwerte im Mai -----	32
C2-3.3 Wetterdaten im Untersuchungsgebiet mit Grenzwertbildung -----	34
C2-3.3.1 Wintertemperatur -----	34
C2-3.3.2 Temperatur im Mai -----	35
C2-3.3.3 Jahresniederschlag -----	36
C2-3.3.4 Niederschlag im Sommer -----	37
C2-3.4 Synthese der Grenzwerte -----	38
C2-3.5 Auswirkung der Klimaveränderung -----	39
C2-3.5.1 Aktuelle und zukünftige Tularämiegefahr -----	39
C2-4 Schlussfolgerung -----	40
Literaturverzeichnis -----	41
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis -----	45

Kurzfassung

Im Untersuchungsgebiet (Niederösterreich, Burgenland, Steiermark) wurden im Zeitraum von 1994 bis 2005 insgesamt 271 Fälle von Tularämie, einer auf den Menschen übertragbaren bakteriellen Infektionskrankheit, bei Feldhasen erfasst und georeferenziert. Zusätzlich standen für die gewählte Region die Temperatur und Niederschlagsdaten zur Verfügung. Aus diesen wurde für geeignete Monatsmittelwerte bzw. Periodensummen eine höhenabhängige Temperaturverteilung berechnet. Der Niederschlag wurde ohne Einfluss der Höhe mit der geostatistischen Methode des Universal-Kriging berechnet. Aus den beiden Klimaparametern und den lokal auftretenden Erkrankungsfällen konnte ein erstaunlich guter Zusammenhang mittels eines linearen Regressionsmodells erstellt werden. Beachtlich ist der hoch signifikante ($p < 0,05$) Einfluss der gewählten Parameter (Durchschnitt der Monatsmitteltemperatur Dezember, Jänner und Februar; Monatsmitteltemperatur Mai; Niederschlagssumme Juni und Juli) auf die Häufigkeit der Erkrankungen und das erzielte Bestimmtheitsmaß (R^2) von 74,6 %.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden empirische Grenzen für die in der Formel definierten Parameter festgelegt, die der tatsächlichen räumlichen Ausbreitung in der Geanalyse am Besten entsprechen. Demzufolge ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Tularämie hoch bei einer Jahresniederschlagssumme unter 720 mm, einem Sommerniederschlag um 180 mm, einer Wintertemperatur über 0,5 ° Celsius und einer Maitemperatur unter 14° Celsius.

Für eine Prognose des Ausbreitungsgebietes im Jahr 2035 wurde eine Temperaturerhöhung zwischen 2 und 4 ° Celsius unterstellt. Unter diesen Bedingungen könnte sich die Tularämie aus dem östlichen Flachland langsam über das Donautal weiter in den Westen und über die Südsteiermark weiter in den Süden verbreiten. Zusätzlich wären Fälle in inneralpinen Gunstlagen möglich. Dies bedeutet, dass mit einer Ausweitung des potenziellen Tularämie-Verbreitungsgebietes (von dzt. 13% auf 46,5% der österreichischen Landesfläche) gerechnet werden muss. Eine entsprechende Information an die Risikogruppen (Jäger, Förster, Landwirte, Laborpersonal, Präparatoren, Hausfrauen u.a.), verbunden mit Verhaltensempfehlungen erscheint ratsam.

Abstract

A total of 271 cases of tularaemia in hares were recorded and georeferenced in the area under investigation (Lower Austria, Burgenland, Styria) in the period from 1994 to 2005. Tularaemia is an infectious bacterial disease that can be transmitted to humans. Temperature and precipitation data for the selected region provided the basis for calculating an altitude dependent temperature distribution for suitable monthly means and period sums. The precipitation was calculated using the geostatistical universal kriging method without taking the influence of altitude into account. An astoundingly good correlation was established between the two climate parameters and local disease incidence using a linear regression model.

Of special note is the highly significant ($p < 0.05$) influence of the parameters selected (average of monthly mean temperatures for December, January and February; monthly mean temperature for May; precipitation sum for June and July) on the incidence rate of the disease and the coefficient of determination obtained ($R^2 = 74.6\%$).

These findings provided the basis for specifying empirical limits for the parameters defined in the formula, which best correspond to the actual spatial distribution obtained by geographical analysis. Hence, the probability of tularaemia occurrence is high for a total annual precipitation below 720 mm, a summer precipitation rate around 180 mm, a winter temperature above 0.5° Celsius and a May temperature below 14° Celsius.

A temperature increase of 2 to 4°C was assumed for predicting the distribution area of the disease by 2035. Under these conditions, tularaemia might slowly spread from the eastern lowlands via the Danube valley to the west and via southern Styria further to the south. Additional incidents of the disease could also occur in inner Alpine areas providing favourable climatic conditions. This means that an extension of the potential tularaemia distribution area (from currently 13% to 46.5% of the Austrian territory) will have to be expected. It therefore appears to be advisable to provide potential risk groups (hunters, foresters, farmers, laboratory staff, taxidermists, housewives etc.) with targeted information and conduct recommendations.

C2-1 Tularämie

C2-1.1 Einleitung

Die Tularämie oder „Hasenpest“, eine bakterielle Infektionskrankheit, die auch auf den Menschen übertragbar ist, wird durch *Francisella tularensis* (*F. tularensis*) verursacht. Sie kommt in der nördlichen Hemisphäre hauptsächlich bei Feldhasen, Wildkaninchen und verschiedenen Mäusearten sowie Ratten vor (Krauss et al., 2004). Eine große Zahl anderer Säugetiere, aber auch Vögel und Amphibien können den Erreger ebenfalls beherbergen. Erstbeschrieben wurde die Tularämie von McCoy und Chapin (1911) bei Erdhörnchen in Kalifornien. Sie nannten das auslösende Agens nach dem Ort der Erstentdeckung (Landkreis Tulare) *Bacterium tularense*.

In Europa existieren für die Tularämie als „Naturherdenerkrankung“ seit Jahrzehnten bekannte enzootische Regionen in Österreich, der Slowakei und Tschechien, im Kosovo, sowie in Italien, Spanien und Teilen Skandinaviens (Weber, 2006; Ellis et al., 2002; Hofer, 2002; Reintjes et al., 2002; Höflechner-Pörtl, 1999; Hofer et al., 1997).

C2-1.2 Erreger der Tularämie

F. tularensis ist ein gramnegatives, unbewegliches Stäbchenbakterium (Owen, 1974). Es ist mit 0,2-0,7 x 0,2 µm sehr klein, bildet keine Sporen. Die Lebensweise ist fakultativ intrazellulär. Die optimalen Bedingungen für das Wachstum sind eine Temperatur von 37°C und ein pH-Wert von 6,8 – 7,3. *F. tularensis* stellt bei der Isolierung hohe Nährbodenansprüche. Bei 56 – 58 °C wird es innerhalb von 10 Minuten und durch direktes Sonnenlicht innerhalb von 3 Stunden abgetötet. Die Tenazität (Überlebensfähigkeit in der Umwelt) ist hoch in Kadavern und in feuchtkalter Umgebung. So wurde im feuchten Boden eine Überlebenszeit von 30 Tagen, in Wasser von 90 Tagen und im Getreidestroh von 133 Tagen nachgewiesen. Im tiefgekühlten Wildbret bleibt der Erreger mehrere Wochen lang ansteckungsfähig. In Zecken (*Ornithodoros turicata*) wurden Francisellen noch nach 764 Tagen gefunden.

Von *Francisella tularensis* derzeit vier verschiedene Subspezies bekannt, die aufgrund ihrer biochemischen Eigenschaften, ihrer Epidemiologie und der Virulenz unterschieden werden.

1. *Francisella tularensis* subspezies (ssp.) *tularensis* (*F. t. nearctica*, Typ A) vorwiegend in Nordamerika, neuerdings auch in Europa, hoch virulent (LD₅₀ für Kaninchen 1-10 KBE).
2. *Francisella tularensis* ssp. *holarctica* (*F. t. palaeartica*, Typ B) in Europa, Asien, Israel, selten Nordamerika; 3 Biovare (Biovar I, Biovar II, *Biovar japonica*)
3. *Francisella tularensis* ssp. *mediaasiatica* in Zentralasien
4. *Francisella tularensis* ssp. *novicida* im US-Bundesstaat Utah, gegenüber dem Hasen resistent sind.

Auf welche Weise die hochvirulenten *F. tularensis* ssp. *tularensis*-Stämme von Nordamerika nach Europa gekommen sind, ist derzeit noch nicht geklärt. Eine Einschleppung durch infizierte Nagetiere oder Vögel bzw. deren Ektoparasiten wird ebenso diskutiert wie eine mögliche Freisetzung des Erregers im Rahmen von (militärischen) Forschungsprogrammen (Grunow et al., 2001), da der Erreger als potenzielle Biowaffe gilt.

C2-1.3 Wirtsspektrum

Neben dem Menschen sind über 150 verschiedenen Tierarten als natürliche Wirte von *F. tularensis* bekannt. Insbesondere Hasen, Wildkaninchen, Hamster, Ratten, Mäuse, Lemminge, Eichhörnchen, Wiesel u.a. gelten als bedeutende Erregerreservoir. Auch bei Füchsen, Bären, Kojoten, Opossums und verschiedenen Wildvogelarten wurden Infektionen mit *F. tularensis* nachgewiesen. Bei landwirtschaftlichen Nutztieren (Rind, Schaf, Schwein, Pferd) und Haustieren (Hund, Katze, Hamster) gelang ebenfalls der Erregernachweis (Weber, 2006; Krauss et al., 2004).

Für Füchse ist laut Köhler (1980) *F. tularensis* nur mäßig virulent. Sie können nach der Aufnahme erkrankter oder verendeter Hasen eine subakute Form der Krankheit und damit einhergehend auch Antikörper ausbilden (Höflechner-Pörtl, 1999). Höflechner-Pörtl (1999) untersuchte in ihrer Arbeit Füchse, die im Rahmen des österreichischen Tollwutbekämpfungsprogrammes eingesandt wurden auch Antikörper gegen *F. tularensis*, und erkannte, dass Füchse als Indikatortiere zur Erkennung der Verbreitung der Tularämie gut geeignet sind.

C2-1.4 Geschichte der Tularämie in Österreich

Nach einer klinischen Diagnose des Augenarztes Pillat gelang David (1935) die erste bakteriologische und serologische Abklärung der Tularämie bei einem Menschen in Niederösterreich (Marchfeld), der sich beim Abbalgen eines krank aufgefundenen Feldhasen infizierte. In den Folgejahren beschrieb David das Auftreten der Tularämie bei rund 200 Personen (darunter ein Todesfall) in Form von Lymphdrüsenentzündungen. Auch bei Feldhasen und Wildkaninchen aus Niederösterreich konnte der Erreger der Tularämie nachgewiesen werden. In den Jahren 1936/37 wurden zahlreiche Verendensfälle bei Feldhasen im Marchfeld beobachtet.

Bsteh (1937) berichtete, dass als Infektionsquelle für den Menschen neben Hasen und Nagetieren auch Pferdefliegen und Holzzecken in Betracht kommen und stellte als epidemiologische Besonderheit fest, dass der Epidemie von 1936/37 eine Feldmausplage vorausging.

Das Vordringen der Tularämie nach Mitteleuropa wurde von Jusatz (1939) auf geomeditizinische Faktoren zurückgeführt. Bestimmte Landschaftsformen eignen sich besonders als Lebensraum für Erregerreservoir der Tularämie. In Osteuropa sind es Ratten, in Nordeuropa Lemminge und in Mittel- und Südeuropa Hasen und Wildkaninchen, eventuell auch Bissratten. Jusatz beschrieb weiters, dass sich die meisten Tularämie-Epidemien beim Menschen zeitlich im Anschluss an eine Vermehrung und ein Massensterben von Nagern ereignet haben. Die in einer Gegend bestehende Seuchengefahr wurde meist durch einzelne Humanfälle ein bis zwei Jahre vor dem eigentlichen Ausbruch der Epidemie angezeigt. Gebiete mit jährlichen Niederschlagsmengen unter 1000 mm und steppenartige Landschaften sind nach Jusatz die Voraussetzung für das Überleben des Erregers in Naturherden.

Gerlach (1946) wies auch latente Infektionen bei Mäusen und Ratten nach und vermutete, dass Katzen nach dem Verzehr latent infizierter Mäuse oder Ratten als Krankheitsüberträger fungieren könnten.

Puntigam (1947) führte die Häufung von Tularämiefällen im Winter 1945/46 auf eine sehr starke Mäuseplage im niederschlagsarmen Sommer und Herbst 1945 zurück. PUNTIGAM (1960) berichtete weiters über einen Seuchenausbruch bei Arbeitern einer Zuckerfabrik im südlichen Niederösterreich. Nach einer Trockenperiode und einer Massenvermehrung von Feldmäusen kam es beim Waschen der mit toten Mäusen und Nagerecrementen verunreinigten Rüben zur Bildung eines infektiösen Aerosols, das von den Beschäftigten eingeatmet wurde. Es kam erstmals zu einer Häufung der thorakalen Form (Lungenform) der Tularämie.

Gratzl (1960) beschreibt Fälle spontaner Tularämie bei zwei Hunden aus dem Burgenland, die Staupe-ähnliche Symptome zeigten.

Sixl et al. (1976) führten Untersuchungen bei Landarbeitern auf Zoonosen in Ostösterreich durch und konnten auch Antikörper gegen *F. tularensis* finden. In Endemiegebieten werden von ihnen Feldmäuse als Hauptreservoir gesehen.

Die Rolle von Zecken (*Dermacentor reticulatus*) als Überträger und Reservoir der Tularämie bestätigen Untersuchungen von Hubalek et al. (1997), sie fanden in Tschechien (Mähren), Slowakei und Österreich eine Verseuchungsrate von 2,3 % unter Zecken.

Gurycova (1997) fand die für den Menschen hoch virulente Subspezies *tularensis* (Subsp. *Nearctica*, Typ A) in Zecken im Umfeld von Graz.

Deutz et al. (2003 a,b) untersuchten blutserologisch 149 Jäger aus dem Burgenland und der Südoststeiermark u.a. auf Antikörper gegenüber insgesamt 13 Zoonoseerregern. Dabei fanden sich 5 Seroreagenten (3,4%) sowie 3 grenzwertige Titer gegen *F. tularensis*.

C2-1.5 Tularämie bei Tieren

In Mitteleuropa haben Feldhase, Wildkaninchen, Wühl- und Feldmäuse die größte Bedeutung in der Epidemiologie der Tularämie. Flöhe, Läuse sowie Zecken und Stechfliegen können nicht nur als Erregerreservoir, sondern auch als Überträger (Vektoren) fungieren (Weber, 2006; Ellis et al., 2002). Die Ermittlung von Naturherden ist Voraussetzung für die Bekämpfung bzw. für Vorbeugemaßnahmen gegen die Tularämie.

C2-1.5.1 Übertragungswege der Tularämie bei Tieren

Die Ansteckung von Tier zu Tier erfolgt hauptsächlich durch den Stich Blut saugender Arthropoden (Stechfliegen, Mücken, Zecken), durch direkten Kontakt einschließlich Bissverletzung sowie oral durch (mit von infizierten Nagetieren stammenden Exkrementen) kontaminiertes Futter oder Trinkwasser, durch verunreinigte Äsung, ferner durch Auffressen gefallener, gerissener oder kranker Tiere, seltener dagegen aerogen über Staub (Weber, 1996).

Bezüglich der Empfänglichkeit von Tieren gegenüber *F. tularensis* kann man 3 Gruppen unterscheiden (Weber, 1996; Dedie et al., 1993; Olsufief u. Dunayeva, 1960):

In der ersten Gruppe sind hochempfindliche Tierarten, die schon durch geringe Keimzahlen infiziert werden können, zusammengefasst. Sie erkranken akut, neigen zu einer schnellen Generalisation und verenden plötzlich (akut-septikämischer Verlauf). Diese Gruppe umfasst z.B. Feldhase, Feldmaus, Waldmaus, Hausmaus und Hamster. Diese Tierarten sind auch die wichtigsten Infektionsquellen für den Menschen.

Zur zweiten Gruppe gehören Tierarten mit hoher Empfänglichkeit aber niedriger Empfindlichkeit für *Francisella tularensis* ssp. *holarctica*. Auch sie werden durch niedrige Keimdosen infiziert, sterben aber nur nach Aufnahme hoher Keimzahlen virulenter Stämme. Diese Tierarten (z.B. Wanderratte, Eichhörnchen, Garten-, Wasser- und Sumpfspitzmaus) können den Erreger über lange Zeit hindurch ausscheiden und so zur Aufrechterhaltung von Endemien beitragen.

Die Tierarten der dritten Gruppe – vor allem Fleischfresser, darunter auch der Fuchs (*Vulpes vulpes*) - sind wenig empfänglich und auch wenig empfindlich gegenüber Tularämie. Eine eventuelle Infektion ist mild, selbst bei hohen aufgenommenen Keimdosen. Auch viele Vogel- und Amphibienarten und Haus- und Nutztiere, wie Rinder und Pferde, gehören in diese Gruppe.

C2-1.5.2 Klinische Erscheinungen der Tularämie bei Tieren

Bei Tieren beträgt die Inkubationszeit, also die Zeit von der Infektion bis zu den ersten klinischen Erscheinungen, 2 bis 7 Tage (insbesondere bei Nagern), u.U. auch bis zu 25 Tage. Bei den verschiedenen Tierarten sind in Abhängigkeit von deren Empfänglichkeit unterschiedliche Krankheitserscheinungen und -verläufe möglich (Dedie et al., 1993; Weber, 1996).

Bei **Nagetieren** und **Hasen** verläuft die Tularämie i.d.R. akut als hämorrhagische Septikämie. Die erkrankten Tiere zeigen allgemeine Schwäche, Fieber, erhöhte Atemfrequenz, vergrößerte Lymphknoten und weisen ein verändertes Verhalten (keine Scheu) auf. Der Tod tritt innerhalb von 4 bis 6 Tagen ein. In vereinzelt Fällen kann die Tularämie auch subklinisch verlaufen und die betreffenden Tiere sind dann bis zu 11 Monate Bakterienträger bzw. Ausscheider. Ein chronischer Verlauf der Tularämie geht mit Anschwellung und Abszedierung der Lymphknoten sowie mit einer hochgradigen Abmagerung einher und endet nach 14 bis 60 Tagen letal.



Abbildung C2-1 Tularämieverdacht, vergleich vergrößerter Hasenmilzen (Mitte und Vordergrund) mit einer normalen Milz (Hintergrund) Quelle: FIWI

Erkrankte **Schafe**, insbesondere Lämmer, zeigen Benommenheit, steifen Gang, unnatürliche Kopfbewegungen, beschleunigte Atmung sowie Fieber. Im weiteren Krankheitsverlauf kommt es zur hochgradigen Abmagerung, zur Anschwellung der Körperlymphknoten sowie zu Lungenentzündungen mit Husten. Bei längerem Krankheitsverlauf werden Nachhandschwäche, Festliegen, Paralysen der Hintergliedmaßen oder Durchfall beobachtet; nach 1- bis 2-monatiger Krankheitsdauer tritt der Tod ein.

Die Tularämie verläuft beim **Rind** in den meisten Fällen klinisch unauffällig. Neben Fieber werden gelegentlich Abort oder Lähmungserscheinungen beobachtet.

An Tularämie erkrankte **Schweine** haben hohes Fieber, das 3 bis 7 Tage anhält. Inappetenz, Benommenheit, beschleunigte Atmung sowie Husten sind weitere auffällige Symptome.

Beim **Pferd** verläuft die Tularämie meist subakut und i.d.R. gutartig, gelegentlich wurden Aborte beobachtet.

Bei **Hunden**, meist Jagdhunde, tritt nach der Infektion (meistens durch Hasenkontakt) Fieber auf, begleitet von eitrigem Nasen- und Augenausfluss sowie Durchfall. Auch Bronchopneumonie, atypische Pneumonie sowie Störungen des Zentralnervensystems sind möglich. Erfolgt die Infektion über eine (Haut-)Verletzung, kann es zum Auftreten einer eiternden Wunde, von Abszessen und Geschwüren sowie zur Schwellung der regionären Lymphknoten kommen.

Die Tularämie bei **Katzen**, die empfänglicher als der Hunde sind, geht mit Fieber einher, begleitet von Erbrechen, zunehmender Schwäche und Abmagerung sowie Schwellung der regionären Lymphknoten.

HUBALEK beschrieb 1990 die Verseuchungsrate der in der vormaligen Tschechoslowakei untersuchten **Zecken** (*Ixodes ricinus*, *Dermacentor reticulatus* und *Dermacentor marginatus*) zwischen 0,03 und 1,45 %. 1996 wurden aufgrund einer hohen Zahl von Erkrankungen beim Menschen in den Jahren 1994 und 1995 neuerliche Untersuchungen in Südmähren durchgeführt, die eine Verseuchungsrate von 0,2 bis 2,6 % bei *Ixodes ricinus* bzw. *Dermacentor reticulatus* aufwies.

Zahlreiche weitere Tierarten können an Tularämie erkranken bzw. den Erreger beherbergen, darunter Wild- und Hausgeflügel, Frösche, Krabben und sogar Schnecken. Ihre Bedeutung als Reservoir ist aber fraglich.

C2-1.6 Tularämie beim Menschen

Der Mensch ist sehr empfänglich gegenüber Infektionen mit *Francisella tularensis*. In Österreich werden jährlich ca. 10 – 15 Humanfälle von Tularämie gemeldet (Steineck u. Hofer, 1999). In Österreich sind nach dem Epidemiegesetz vom 14. Oktober 1950, i.d.F. vom 24. Juli 2006, Verdachts-, Erkrankungs- und Todesfälle an Tularämie beim Menschen anzuzeigen, dennoch ist mit einer erheblichen Dunkelziffer an Humanfällen zu rechnen.

In Deutschland wurden in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg beim Menschen pro Jahr 100 bis 200 Tularämie-Erkrankungen durch Meldung erfasst (Elsässer u. Hirsch, 1998). In den letzten Jahren wurden in Deutschland jährlich meist nur zwischen 3 und 5 Erkrankungsfälle gemeldet. Zehn (9 Jäger und 1 Treiber) von den 15 gemeldeten Tularämie-Erkrankungen im Jahre 2005 waren auf einen Ausbruch unter Teilnehmern einer Hasen-Treibjagd in Südhessen zurückzuführen (Hofstetter et al., 2005).

In den USA werden jährlich ca. 300 Tularämie-Erkrankungen beim Menschen registriert (entspricht einer Inzidenzrate von 0,6 bis 1,3/Millionen Einwohner), während in Deutschland gegenwärtig die Inzidenzrate 0,02 bis 0,06/Millionen Einwohner beträgt (Weber, 2003), wobei von einer erheblichen Dunkelziffer auszugehen ist (Weber, 2006).

C2-1.6.1 Übertragungswege der Tularämie beim Menschen

Die Ansteckung des Menschen meist durch infizierte Tiere. Dies geschieht am häufigsten durch unmittelbaren Kontakt mit Ausscheidungen, Blut oder Organen infizierter Wildtiere. Hierbei kann der Erreger nicht nur über kleinste Hautverletzungen, sondern auch über Schleimhäute (insbesondere Lidbindehäute) eindringen (Krauss et al., 2004; Weber, 2003).

Bestimmte Personen- bzw. Berufsgruppen haben Kontakt mit kranken oder verendeten Tieren. Jäger, Wildbrethändler, Wildfleischverarbeiter, Küchenpersonal und Hausfrauen können sich durch Feldhasenkontakte infizieren. Die meisten Infektionen des Menschen erfolgen beim Abbalgen, Aufbrechen, Zerlegen oder Zubereiten infizierter Feldhasen (Krauss et al., 2004). So hatte sich einer Jäger beim Abbalgen eines Hasen, der von seinem Hund erbeutet worden war, mit *F. tularensis* infiziert (Elsässer und Hirsch, 1998). In einem anderen Fall erkrankten ein 71-jähriger Mann und seine 44-jährige Tochter nach Kontakt mit einem vom Auto überfahrenen und später zubereiteten Feldhasen an Tularämie (Schacher et al., 2002). Auch bei dem Tularämie-Ausbruch im Jahr 2005 in Südhessen haben neun der 10 Betroffenen im Rahmen der Hasen-Treibjagd am Ausnehmen und/oder Abbalgen der Hasen teilgenommen (Hofstetter et al., 2005). Ebenfalls in Hasenkontakt können Laborpersonal, Tierpräparatoren, Gerber sowie land- und forstwirtschaftliches Personal kommen.

Ferner ist eine Infektion des Menschen mit *F. tularensis* durch Bisse oder Stiche blut-saugender Insekten wie Zecken, Flöhe, Läuse oder Stechfliegen möglich (Ellis et al., 2002). Aus diesem Grunde kann die Tularämie durchaus auch ein „Urlaubsmitbringsel“ sein. In der Bundesrepublik Deutschland fand im Zeitraum vom 1969 bis 1979 bei sechs von 23 gemeldeten Personen mit Erkrankungen an Tularämie, die Ansteckung im Ausland statt (Selbitz, 1988). Erkrankungen wurden z.B. nach Urlaubsaufenthalten in Ungarn auf dort erfolgte Insektenstiche zurückgeführt (Straube u. Hess, 1986). In einem anderen Fall war im Rahmen einer Jagd in Österreich ein 42-jähriger Jäger von einer Zecke gestochen worden und erkrankte 5 Tage später an Tularämie (Zedwitz-Liebenstein et al., 1999). Bei einem Zeckenstich können 10 bis 50 Erreger zur Auslösung einer Erkrankung genügen.

Auch sind Infektionen mit *F. tularensis* beim Menschen nach Inhalation von erregerehaltigem Staub, z.B. nach Verarbeitung von Getreide oder Zuckerrüben im Zusammenhang mit Erntearbeiten möglich. Bei einem Ausbruch unter Laborpersonal in einer österreichischen Untersuchungsanstalt infizierten sich sieben Personen im Zuge des Auspackens von Feldhasen aus den Einsendegefäßen.

Durch Verzehr von Lebensmitteln, die von infizierten Tieren stammen, kann es auch zu einer Infektion mit *F. tularensis* kommen. Eine orale Infektion ist nach Aufnahme von 10^6 Keimen möglich (Krauss et al., 2004). So erkrankte in Berlin ein Ehepaar an Tularämie, nachdem es „Hasenrücken medium“ gegessen hatte (Kässler et al., 2000). Auch kann eine orale Ansteckung des Menschen durch kontaminiertes Trinkwasser erfolgen. Die Tularämie-Ausbrüche in den Jahren 1999/2000 und 2002 in Kosovo, bei denen jeweils ca. 300 Personen erkrankten, konnten auf Trinken von Wasser aus Brunnen und Quellen, die mit Ausscheidungen von Ratten kontaminiert waren, zurückgeführt werden (Grunow u. Finke, 2002; Reintjes et al., 2002).

In den USA wurden Humanfälle mehrfach im Zusammenhang mit Bisswunden durch Katzen, Eichhörnchen oder Hamster in Zusammenhang gebracht (Pape et al., 2005; Krauss et al., 2004).

F. tularensis-Übertragungen von Mensch zu Mensch wurden bislang noch nicht beschrieben bzw. sind äußerst selten (Krauss et al., 2004).

Der Erreger der Tularämie gilt als potenzielle Biowaffe und somit auch als ein bioterroristisch relevanter bakterieller Erreger, der wie *Bacillus anthracis* oder *Yersinia pestis* der Kategorie A (höchstes Gefährdungspotential) zugeordnet wird.

C2-1.6.2 Krankheitsbild beim Menschen

Das klinische Bild, das dieser Keim hervorruft ist äußerst vielfältig, so dass eine Diagnostik oft schwierig ist. Die Inkubationszeit kann, abhängig von der Eintrittspforte des Erregers und aufgenommener Keimmenge, 2 bis 10 Tage, u.U. bis zu 14 bis 21 Tage, betragen. Die Krankheit beginnt akut, mit starken Kopf- und Gliederschmerzen, Fieber und Schüttelfrost sowie ausgeprägter Mattigkeit. Beim weiteren Krankheitsbild der Tularämie lassen sich eine äußere und eine innere Form unterscheiden (Dedie et al., 1993; Krauss et al., 2004; Weber, 2006).

Die **äußere Form der Tularämie** kann sich manifestieren als:

1. Ulzeroglanduläre Form (Häufigkeit 70 bis 85 %). Hierbei entsteht an der Eintrittsstelle des Erregers eine schmerzhafte, rote Papel (Primärläsion), die sich vergrößert, einschmilzt und geschwürig zerfällt. Innerhalb von 2 bis 4 Tagen schwellen die regionären Lymphknoten an, vereitern und ulzerieren.
2. Glanduläre Form (Häufigkeit 2 bis 12 %), häufig in Japan. In diesem Zusammenhang fehlt die Primärläsion. Die regionären Lymphknoten (meist in der Axillar- oder Leistenengegend) schwellen zwar an, aber ulzerieren nicht.

3. Okuloglanduläre Form (Häufigkeit 1 bis 2 %), häufig in der Türkei. Das Auftreten dieser Krankheitsform erfolgt nach Eintritt von *F. tularensis* über die Konjunktiven (mittels Schmutz- und Schmierinfektion) und geht i.d.R. mit einer einseitigen Lidbindehautentzündung einher. Zusätzlich schwellen die Lymphknoten im Ohr- und Halsbereich an.

Die **innere Form der Tularämie** kann auch in verschiedenen Formen ablaufen:

1. Oropharyngeale Form (Häufigkeit 2 bis 4 %). Diese manifestiert sich als Stomatitis, Pharyngitis und/oder Tonsillitis, jeweils mit Schwellung der Halslymphknoten.

2. Pulmonale (thorakale) Form (Häufigkeit 8 bis 13 %), häufig in der ehemaligen USSR beschrieben. Diese kann als Komplikation einer Bakteriämie oder nach Infektion eines *F. tularensis*-haltigen Aerosols oder Staubes (z.B. kontaminiertes Heu, Silofutter, Erde) auftreten. Bereits 10 bis 50 Keime können beim Menschen zu einer Infektion führen. Das Krankheitsbild äußert sich als schwere Lungen- und Brustfellentzündung.

3. Die typhoide Form (Häufigkeit 7 bis 14 %) ist die schwerste klinische Verlaufsform der Tularämie beim Menschen; relativ häufig als Laborinfektion. Diese äußert sich als fieberhafte Erkrankung mit Bauschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, gastrointestinalen Blutungen und Diarrhoe.

Unbehandelt dauert die Tularämie beim Menschen 2 bis 3 Wochen, gefolgt von langer Rekonvaleszenz. Trotz entsprechender Therapie kann die Letalität 4 bis 6 %, bei der typhösen Form sogar bis zu 30% betragen (Weber, 2006; Krauss et al., 2004).

C2-1.7 Epidemiologie der Tularämie

Die Voraussetzungen für das Vorkommen der Tularämie aus geomedizinischer Sicht sind, dass die Lebensbedingungen für die Vektoren (Arthropoden, besonders Zecken) und für die Reservoirtiere (Nagetiere und Hasen) optimal sind. Steppenartige Landschaften mit niedriger Bodenbedeckung ermöglichen bei gleichzeitigen günstigen klimatischen Bedingungen eine Massenvermehrung von Feldmäusen und Feldhasen.

Die Übertragung der Tularämie erfolgt horizontal zwischen den Reservoirtieren. Durch den Steckakt nehmen Ektoparasiten bei infizierten Wirtstieren Erreger auf und können sie lange Zeit beherbergen sowie auch vertikal an die nächste Zeckengeneration weitergeben.

Das jahreszeitliche Vorkommen zeigt in Mitteleuropa einen deutlichen Schwerpunkt in den Wintermonaten. Nach einer Massenvermehrung der Reservoirtiere im Herbst kommt es bei Einbruch der kalten Jahreszeit zu vermehrtem Auftreten erkrankter Feldhasen, die aufgrund ihres veränderten Verhaltens leicht gefangen werden können. Die Infektionsgefahr des Menschen ist während der Jagdsaison im Herbst durch den direkten Kontakt mit infizierten Feldhasen ebenfalls erhöht.

C2-1.8 Vorbeugemaßnahmen

In Endemiegebieten sollten Personen, aufgrund ihrer Tätigkeit (Risikogruppen: Jäger, Förster, in Wildbrethandlungen, in der Landwirtschaft sowie in der Forstwirtschaft tätige Personen, Präparatoren u.a.) beim Umgang mit Wild- und Nagetieren stets arbeitshygienische Vorsichtsmaßnahmen beachten, wie z.B. Verwendung von Schutzhandschuhen beim Abbalgen, Aufbrechen und Zerlegen von Wildtierkörpern (insbesondere Hasen) oder auch beim Beseitigen von Fallwild. Außerdem darf bei Aufenthalt in Endemiegebieten kein Wasser aus Quellen oder Brunnen, die mit Exkrementen von Nagetieren kontaminiert sein können, getrunken werden. Ferner ist es angebracht in entsprechenden Gebieten auf einen konsequenten Schutz vor Stichen durch Zecken oder anderer blutsaugender Insekten, durch Tragen geeigneter Kleidung sowie Anwendung von Repellentien, zu achten. Verzehr nur von gekochtem bzw. vollständig durchgebratenem Hasenfleisch. Auch bei Laboruntersuchungen von Tularämie-verdächtigem Untersu-

chungsmaterial müssen unbedingt entsprechende Schutzmaßnahmen (L3-Labor!) eingehalten werden (Krauss et al., 2004). Es existiert in den USA sowie in Russland ein Impfstoff. Jedoch ist im deutschsprachigen Raum eine Impfung nicht zugelassen (Hofer, 2002; Grunow und Finke, 2002) und wird gegenwärtig auch für nicht erforderlich gehalten (Weber, 2003).

In enzootisch verseuchten Gebieten stellt die Bekämpfung der Nagetiere in der Umgebung größerer Haustierbestände eine sehr wichtige prophylaktische Maßnahme dar. Ferner ist die Ektoparasitenbekämpfung in gefährdeten Rinder-, Schaf- und Ziegenbeständen ebenso angebracht wie die Verhinderung der Aufnahme von Trinkwasser aus natürlichen, potentiell mit Nagetierexkrementen kontaminierten Gewässern (Dedie et al., 1993; Weber, 1996).

Jäger müssen ausgebildet und motiviert werden, beim Beobachten („Ansprechen“) und Ausweiden („Aufbrechen“) von Wild immer auf krankhafte Veränderungen – speziell Zoonosen – zu achten. Folgende Vorbeugemaßnahmen und Verhaltensregeln zur Minimierung des Infektionsrisikos werden empfohlen (Deutz et al., 2003 a,b):

- Einhalten hygienischer Grundregeln (Händewaschen nach Wildtierkontakten, sofortige Wundversorgung, Küchenhygiene), Verhinderung von Schmierinfektionen bei Wildtier- bzw. Wildfleischkontakten,
- Bei Übertragungsmöglichkeiten von Krankheitserregern über die Luft (*E. multilocularis* beim Abbalgen von Füchsen, *F. tularensis* beim Hantieren mit Feldhasen) ist starke Staubentwicklung aus dem Haarkleid durch Anfeuchten des Balges zu vermeiden,
- *Zumindest bei Vorliegen von Veränderungen an erlegten jagdbaren Wildtieren sollten beim Ausweiden Handschuhe verwendet werden,*
- Verzicht auf den Genuss unzureichend gegarten oder rohen Wildfleisches, besonders bei Wild unbekannter Herkunft, unbekannter Lagerdauer und Kühltemperatur oder bei unbekanntem Gesundheitsstatus,
- Veränderungen an Wildtieren/Organen sind diagnostisch abzuklären, um Kenntnisse zur regionalen Verbreitung von Krankheiten zu erlangen,
- Etablierung eines effektiven Informationssystems über Wildbestände und auftretende Krankheiten,
- Veränderte Organe oder erkrankte, verendete Wildtiere sollten nicht im Revier, sondern seuchensicher entsorgt werden,
- Minimierung der Zeckenkontakte (Repellentien, Absuchen des Körpers usw.),
- Kein Verfüttern roher Wildfleischabfälle an Hunde, Katzen oder Schweine,
- Differentialdiagnostische Berücksichtigung von Zoonosen bei erkrankten Jägern, Vorsorgeuntersuchungen bei Berufsjägern?,
- Keine Hysterie (Kleiner Fuchsbandwurm, Tollwut, Transmissible Spongiforme Enzephalopathien)!

Mit Hilfe dieser Vorbeugemaßnahmen sollte es gelingen in Tularämie-Risikogebieten zumindest die Infektionsraten unter Menschen zu senken. Fälle bei Wildtieren sind infolge der mannigfaltigen Erregerreservoirse sehr schwer zu bekämpfen.

C2-2 Material und Methoden

C2-2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Republik Österreich befindet sich in ihrem räumlichen Ausbreitungsgebiet auf der Nordhalbkugel der Erde und wird mit den Koordinatenbereichen von 9° 32' bis 17° 04' östlicher Länge und 46° 22' bis 49° 01' nördlicher Breite definiert. Über die auftretenden Durchschnittstemperaturen und die geographische Lage kann Österreich der gemäßigten Klimazone zugeordnet werden.

Nach ÖKLIM wird das lokale Klima wie folgt beschrieben: „Österreich hat nach der deskriptiven Klassifikation feucht-gemäßigtes Klima. Das Gebiet liegt in einer Übergangszone, in welcher im Westen und Norden das mitteleuropäisch-ozeanisch beeinflusste, oft von feuchten Westwinden geprägte Klima vorherrscht (ausgenommen sind die inneralpinen Trockengebiete, beispielsweise Tirol südlich des Inn), im Nordosten, Osten und Südosten Österreichs hingegen der niederschlagsarme, pannonisch-kontinental gefärbte Typus mit heißen Sommern und kalten Wintern anzutreffen ist. In den österreichischen Südalpen ist der Einfluss niederschlagsbringender Tiefdruckgebiete, deren Aktionszentren sich im Mittelmeerraum befinden, zu nennen.“

Interessant ist hierbei vor allem die Klimadefinition des ost- und südöstlichen Teils von Österreich als pannonisch-kontinentales Klima. Dies ist deshalb von Bedeutung, da die hier herrschenden Klimabedingungen die Ausbreitung der Tularämie unterstützen.

C2-2.1.1 Räumliche Lage

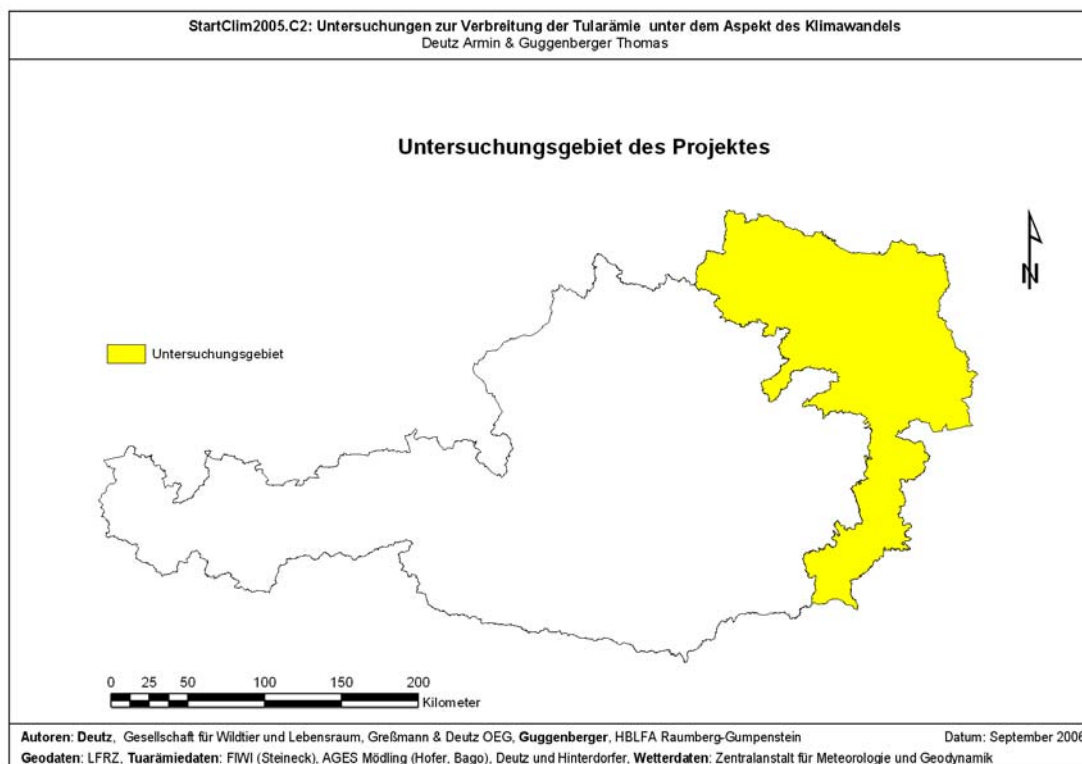


Abbildung C2-2 Globaler Überblick über das Untersuchungsgebiet

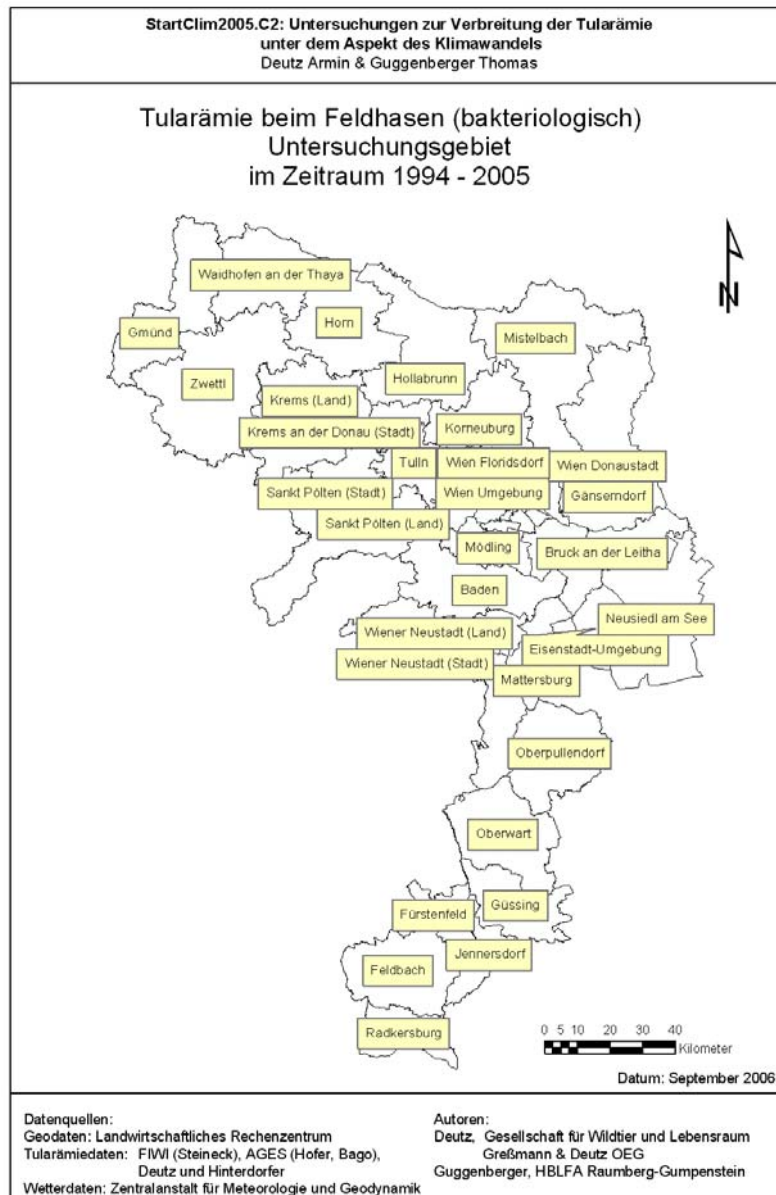


Abbildung C2-3 Politische Bezirke im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die meisten Bezirke Niederösterreichs, das gesamte Burgenland sowie die Ost- bzw Südsteiermark. Innerhalb des Untersuchungsgebietes liegt die Bundeshauptstadt Wien als größte Stadt Österreichs. Von den rund 8 Millionen Österreichern leben rund 3,6 Millionen im Untersuchungsgebiet, das sind rund 45 % (Statistik Austria). Obwohl, wie sich später zeigen wird, innerhalb der Städte keine Erkrankungsfälle erhoben wurden, dienen das Umland, aber auch die Ferienregionen im Burgenland und der Steiermark als (Nah)Erholungsgebiet der Bevölkerung. Über diesen räumlichen Zusammenhang wird die Bedeutung von Wildtiererkrankungen für die Menschen sichtbar. Die Tularämie befindet sich in räumlicher Schlagweite zum Menschen und seinen Haustieren.

C2-2.1.2 Geomorphologische und pflanzenbauliche Beschreibung

Der Osten Österreichs ist insgesamt durch eine geringe Reliefenergie gekennzeichnet. Durch die Lage an den Ausläufern der Ostalpen treten innerhalb der Untersuchungsregion nur mehr geringe Gebirgsbildungsprozesse auf, die sich in den moderaten Höhenlagen widerspiegeln. Die Minimalhöhe befindet sich im Flachland des Donautals und beträgt 112 Meter über Meereshöhe (Basispegel Triest). Die Maximalhöhe von 1.740 Metern liegt im Bereich des Hochschneeberges.

Entscheidendes Entwicklungselement des Reliefs ist die Donau, welche bei Krems aus der Schlucht der Wachau hervortritt und weite Teile der Regionen zwischen Krems und Wien, sowie das Flachland östlich von Wien bis zur Ungarischen Grenze nach der letzten Eiszeit als Schotterebene gestaltet hat. Aus diesem Bereich erhebt sich in nördlicher Richtung das Weinviertel als Plateaulage mit rund 200 Metern Seehöhe. Im Bereich des Thayatales flacht dieses nach Norden aber wiederum ab. Daran schließt in westlicher Richtung das Waldviertel mit Seehöhen von rund 500 Meter an. Diese ist bereits Teil der Böhmisches Masse, des ursprünglichen Grundgebirges in Norden von Österreich. Durch das Basisgestein, dem Granit, konnte dieses Gebirge in der letzten Eiszeit Widerstand leisten, wurde aber zu einer welligen Rumpffläche abgetragen, die das Umland um einige 100 Meter überragt (AEIOU).

Der südliche Bereich der Steiermark wird von Niederösterreich und dem Burgenland durch den Wechsel getrennt. Mit einer Höhe von rund 1000 Metern ist dieser gut geeignet, um als Hindernis für die Verbreitung von Krankheiten in den niederen Lagen zu wirken. Im Falle unseres Untersuchungsgebietes bleibt diese Tatsache allerdings wirkungslos, da das anschließende ungarische Flachland eine Verbindungsbrücke zwischen den österreichischen Regionen schafft. Die Ost- und Südsteiermark weist ähnliche Lageparameter wie das Weinviertel auf. In hügeliger Umgebung sind die drei größeren Flusstäler entlang der Lafnitz, Raab und Mur entstanden, die allesamt das Gebiet in südliche bzw. östlicher Richtung entwässern.

Als erosionswirksame Momente verbleiben im Untersuchungsgebiet heute die großen Flüsse mit inneralpinem Ursprung und die Donau als zentraler Strom. Außerdem findet in einigen trockenen, flachen Gebieten zusätzlich Erosion durch Windverfrachtung (Löss) statt.

Die landwirtschaftliche Nutzung des Untersuchungsgebietes wird vor allem über die klimatischen Verhältnisse und die Bodentypen bestimmt. In den höheren, etwas kühleren, niederschlagsstärkeren Gebieten im Wald- und Weinviertel, am Wechsel und in der Buckligen Welt finden wir vermehrt Anteile von Dauergrünland in eventueller Kombination mit Silomais und Roggen. Die Flachlandgebiete werden vor allem durch den Anbau von Körnermais dominiert. Im Bereich der Parndorfer Platte sowie in der Ost- und Südsteiermark befinden sich einige der bedeutendsten zusammenhängenden Anbauregionen. Reicht der Niederschlag für den Anbau von Körnermais nicht mehr aus, wird vor allem Getreide kultiviert. Dies trifft für das Tullnerfeld, das Marchfeld und das Weinviertel zu. In der Randlagen der größeren Städte (Wien, Tulln, Baden ...) finden sich aber immer wieder größere Nutzungsregionen für den Gemüseanbau. Als kulinarischer Höhepunkt darf aber auch auf die vorkommenden Obst- und Weinbauregionen nicht vergessen werden.

Insgesamt bietet die landwirtschaftliche Nutzung dieser Region durch ihre Intensität, Vielfalt und Struktur gute Lebensbedingungen für Niederwild. Es findet in den landwirtschaftlichen Kulturen ausreichend Nahrung, aber auch Schutz vor natürlichen Feinden.

Ein visueller Eindruck über das Untersuchungsgebiet kann aus nachfolgender Abbildung C2-4, einer beschatteten Darstellung (Hillshade) des digitalen Höhenmodells, gewonnen werden.

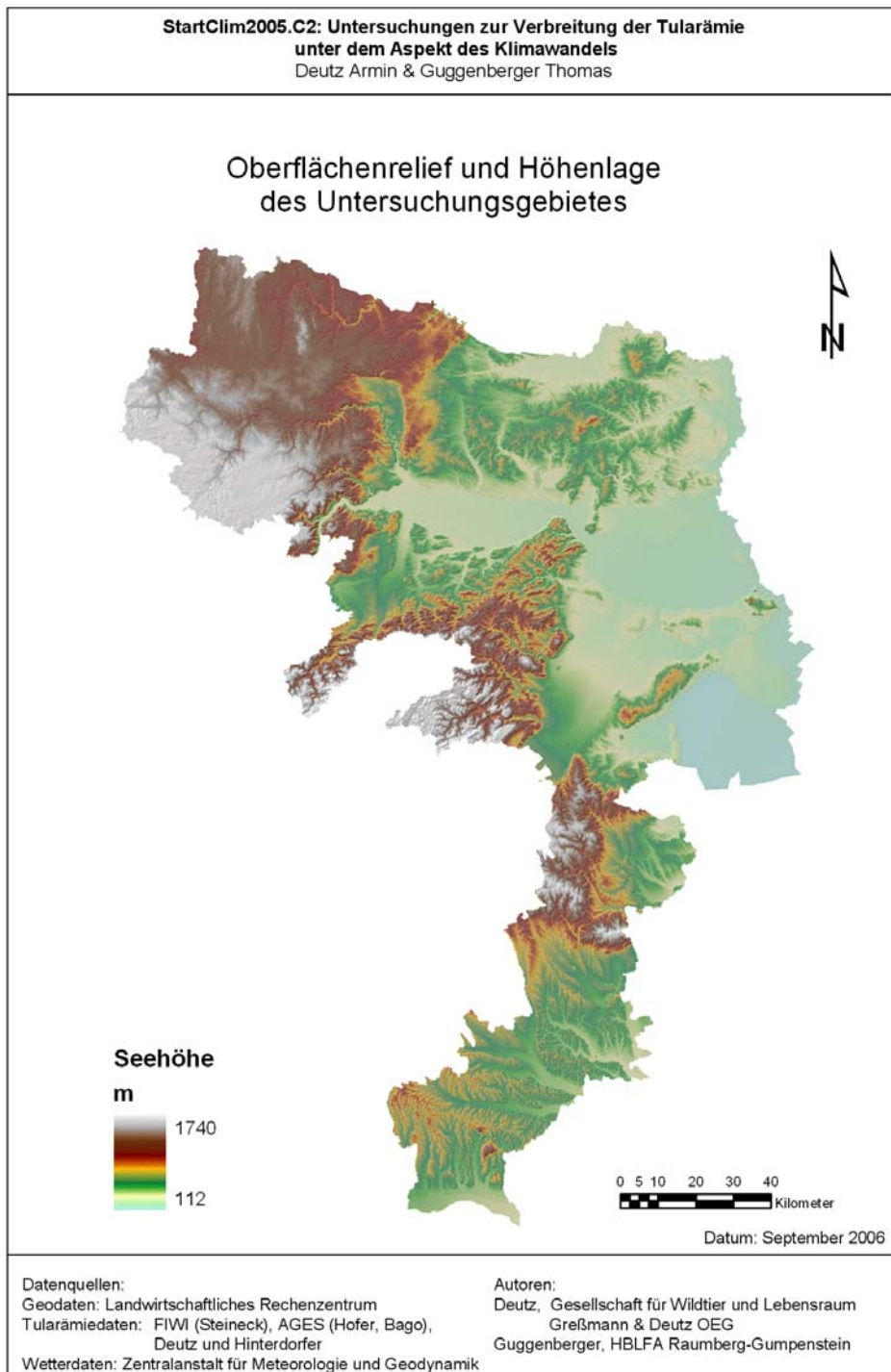


Abbildung C2-4 Globaler Überblick über das Untersuchungsgebiet

C2-2.2 Beschreibung des Datenmaterial

C2-2.2.1 Erkrankungsfälle

Die Erkrankungsfälle wurden im Untersuchungszeitraum 1994 bis 2005, vor allem an der AGES Mödling (Hofer, Bago) und am Forschungsinstitut für Wilddtierkunde der VMU Wien(Steineck) gesammelt. Weitere Datenquellen sind die Erhebungen von Deutz und Hinterdorfer. Im Basismaterial der Erkrankungsfälle wurde vor allem der Befall des Feldhasen dokumentiert. Einige zusätzliche Fälle bei Fuchs und Mensch zeigen aber die Übertragbarkeit auf andere Spezies. Werden erkrankte Tiere an dafür vorgesehene Untersuchungsanstalten eingeschickt, so wird immer der Herkunftsort des Tieres dokumentiert. Über dessen Postleitzahl kann eine räumliche Verbindung zwischen dem erkrankten Tier und dessen Lebensraum hergestellt werden. Zusätzlich wird das Jahr der Erkrankung bekannt gegeben.

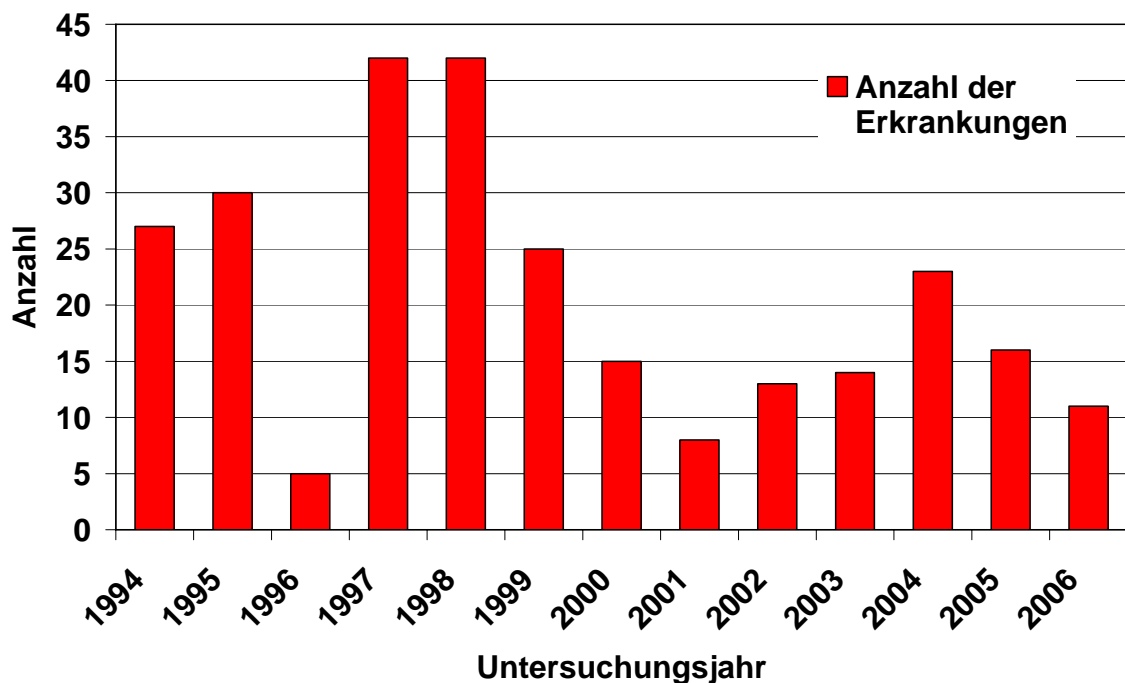


Abbildung C2-5 Anzahl der erkrankten Feldhasen in den einzelnen Jahren

Ein grober Überblick über das gesammelte Datenmaterial zeigt uns die ungleiche Verteilung der Befallszahlen in den einzelnen Jahren der Untersuchungsperiode. Insgesamt wurden 271 Fälle beim Feldhasen erhoben.

Die Streuung der Erkrankungsfälle innerhalb der Jahre ist enorm. Wurden im Jahr 1996 lediglich 5 Fälle erfasst, stieg die Häufigkeit in den Folgejahren sprunghaft auf über 40 an. Die räumliche Verteilung ist, wie aus der folgenden Abbildung ersichtlich wird, nicht homogen. Vor allem in Niederösterreich und Burgenland treten vermehrt Erkrankungsfälle auf. In der Steiermark finden sich dagegen nur vereinzelte Fälle von Tularämie beim Feldhasen. Deutz hat im Jahr 2000 bei 5 Jägern in der südlichen Oststeiermark und im Burgenland serologische Blutuntersuchungen mit positivem Befund und 7 weitere Jäger mit einem Titer < 1:80 erhoben. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Befallsdichte nicht wesentlich geringer ist als im gut erhobenen Gebiet in Niederösterreich.

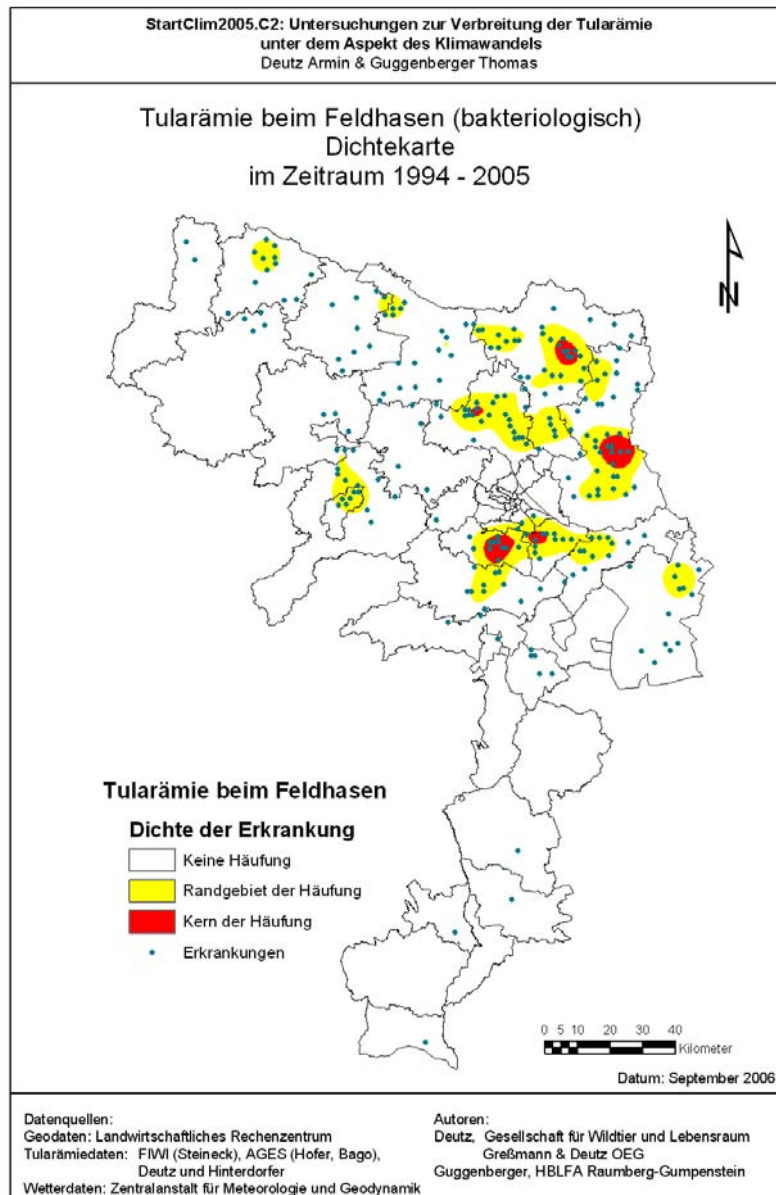


Abbildung C2-6 Lage der Erkrankungsfälle

Eine ungerichtete Verteilungsanalyse zeigt einige Häufungskerne der Erkrankung im gesamten Beobachtungszeitraum auf. Diese wurden im Vergleich mit der ÖK50 räumlich so definiert:

- Bei Gänserndorf/Zwerndorf
- Südlicher Stadtrand von Wien
- Parndorfer Platte
- Nördlich von Stockerau
- Nördlich von Mistelbach
- Um Unterstinkenbrunn
- Bei Göpfritzschlag
- Um St. Pölten

C2-2.2.2 Temperatur und Niederschlag

Die Wetterdaten, als zentrales Element dieser Arbeit, wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien zur Verfügung gestellt. Die Daten lagen in Form einer relationalen Tabelle mit den Spalten der Stationsnummer, des Jahres, der Monatsnummern (1-12) und des Messwertes vor. Als Messwerte verstehen wir hier den Monatsmittelwert und die Monatsniederschlagssumme.

Bezüglich der Temperatur wurden aus den gesamten Messstationen (476 Stationen im Zeitraum von 1990 bis 2005, im gesamten Bundesgebiet) jene Stationen ausgewählt, die eine, in den maßgeblichen Monaten (Dezember, Jänner, Februar, Mai) gültige Temperaturmessung für die ganze Messperiode (1992-2005) erreichen konnten. Nach diesen Regeln wurde das Datenmaterial auf 301 Stationen eingeschränkt.

Bezüglich des Niederschlages lagen die Daten ausschließlich für das definierte Untersuchungsgebiet vor. Hier wurden nach den bereits beschriebenen Regeln 29 Hauptstationen in Ostösterreich selektiert.

C2-2.3 Aufbereitung der Wetterdaten

C2-2.3.1 Temperatur

Um aus der lokalen Temperaturmessung eine stetige Messoberfläche für ganz Österreich zu ermitteln, stehen theoretisch zwei Methoden zur Verfügung. Der direkte Weg über eine geostatistische Analyse (Kriging) berücksichtigt dabei zwar die räumliche Lage der Messstationen, kann aber kaum in korrekter Form den Einfluss anderer Größen berücksichtigen. Vor allem der starke Einfluss der Seehöhe einer Location auf das Temperaturergebnis wird so nicht berücksichtigt. Deshalb empfiehlt sich eine indirekte Methode der Temperaturbewertung über das digitale Höhenmodell. Dabei wird die zu schätzende Temperatur eines Standortes in erster Linie von der Seehöhe abhängig gemacht. Dafür ist aber im Vorfeld eine Untersuchung an den Messstationen durchzuführen.

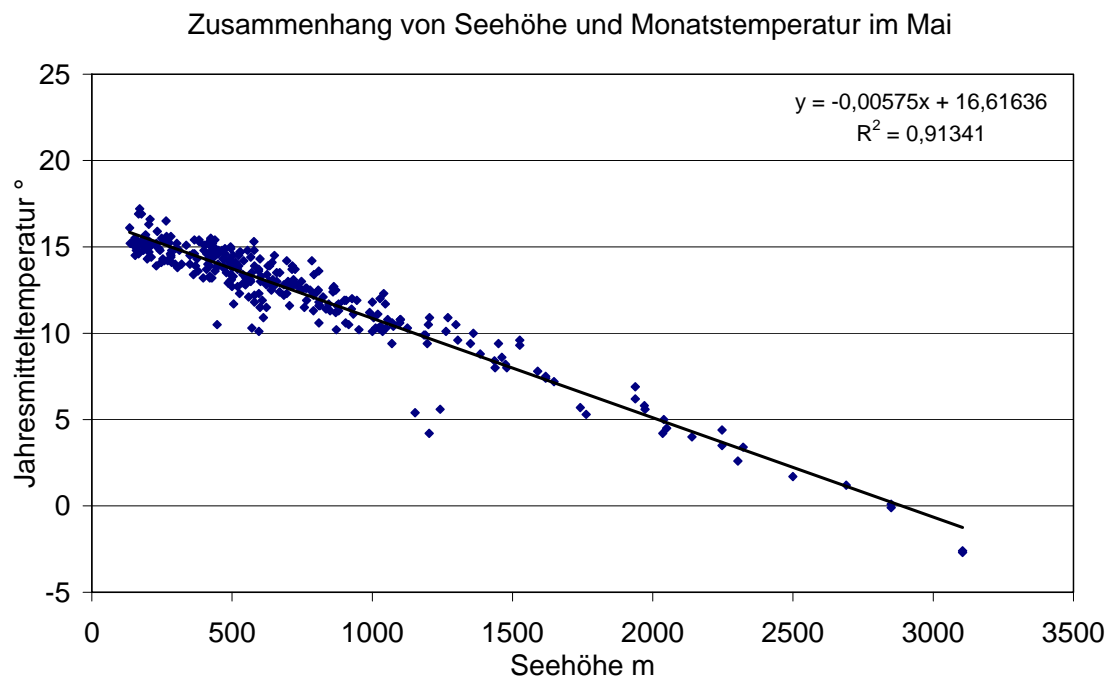


Abbildung C2-7 Zusammenhang zwischen Temperatur und Seehöhe im Mai

Die in der Abbildung dargestellte Regression zeigt uns einen Basiswert von 16,6 ° Celsius, der mit je 100 Meter Seehöhe um etwa 0,5 ° C abnimmt. Im digitalen Höhenmodell Österreichs findet sich für jeden Punkt des Landes eine Höhenangabe, welche mit der Formel in eine Temperaturoberfläche umgewandelt werden kann.

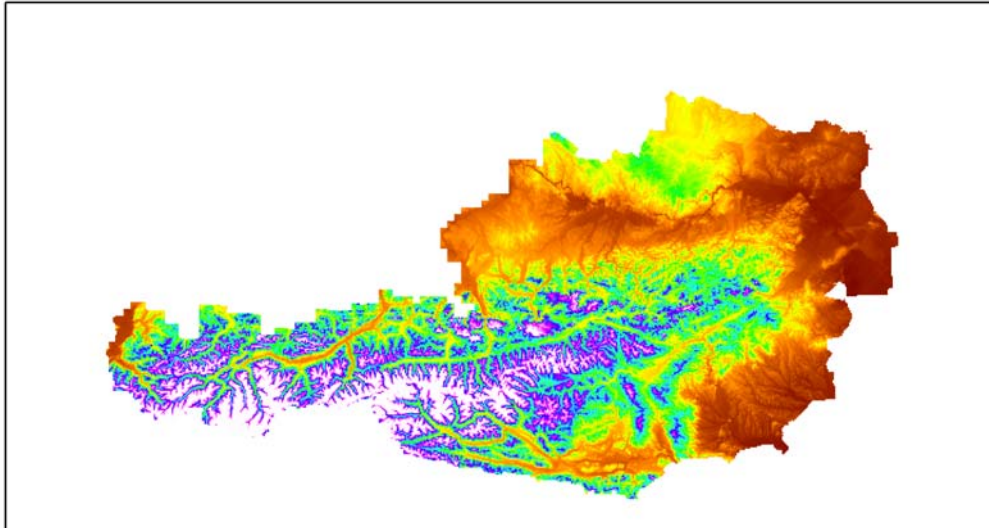


Abbildung C2-8 Temperaturregression im Höhenmodell

Wie in Abbildung C2-7 erkannt werden kann, ist das Bestimmtheitsmaß R^2 der Regression nicht 1. Es besteht also ein Fehler, der noch nicht berücksichtigt wurde. Um eine korrekte stetige Temperaturoberfläche Österreichs zu berechnen, muss dieser Fehler also noch an die Temperatur in Abbildung C2-8 angebracht werden. Dafür wird für jede Messstation die Differenz zwischen Messwert und Schätzwert ermittelt. Aus der Gesamtheit dieser Differenzen wird mit der geostatistischen Methode des Kriging eine Oberfläche berechnet, die zu den Ergebnissen von Abbildung C2-8 addiert wird.

Beispiel:

Der Messwert einer Station beträgt 14,7 ° Celsius, die Station liegt auf 528 Meter. Mit der Formel aus C6 ergibt sich eine Temperatur von 13,5 ° Celsius, also unterschätzt die Formel diese Station um 1,2°. Dieser Wert muss also noch am räumlichen Punkt aus Abbildung C2-8 und an allen benachbarten Punkten addiert werden.

Der Nachteil dieser Methode liegt in der zwangsweise recht globalen Basisregression. Im Idealfall müsste Österreich in einer räumlichen Clusteranalyse in Regionen mit gleichem Verhalten von Temperatur und Mikroklima unterteilt werden. Für jede dieser Regionen könnte eine individuelle Basisregression noch zu einer Verbesserung der Temperaturinterpolation führen. Noch entscheidender ist der Einfluss der Jahreszeit auf die Qualität der Regression. Werden im Mai immerhin 90 % der Streuung erkannt, sinkt dieser Wert im Winter auf 60 %. Die Gründe dafür sind die nicht mehr so homogenen Temperaturschichtungen, stärkere Winde und dadurch eine Vermischung der Schichten sowie Inversionswetterlagen und Nebel.

Ungeachtet dieser Tatsachen wurde sowohl für den Sommer, als auch für den Winter eine Temperaturoberfläche berechnet, die annähernd korrekt sein dürfte. Der Unterschied liegt in der wesentlich stärkeren Breite der Korrekturwerte im Winter. So liegt die Durchschnittstemperatur der Regression im Mai bei 12,36 ° C mit einer Standardabweichung des Korrekturwertes von 0,97 °. Im Winter wird eine Durchschnittstemperatur von -1,00 ° C mit einer Standardabweichung von 1,35 ° geschätzt.

C2-2.3.2 Niederschlag

Der Niederschlag entzog sich sowohl bezüglich seiner Datendichte als auch über den Zusammenhang mit der Seehöhe der Methodik der Temperaturbewertung. Wie die nebenstehende Abbildung zeigt, steigt die Niederschlagsmenge zwar eindeutig mit zunehmender Seehöhe, die Streuung ist aber deutlich höher, als dies bei der Temperatur der Fall ist. Würden neben den Stationen des Untersuchungsgebietes auch noch Stationen aus niederschlagsreichen Regionen Österreichs in die Abbildung integriert, würde sich R^2 wohl gegen 0 wenden.

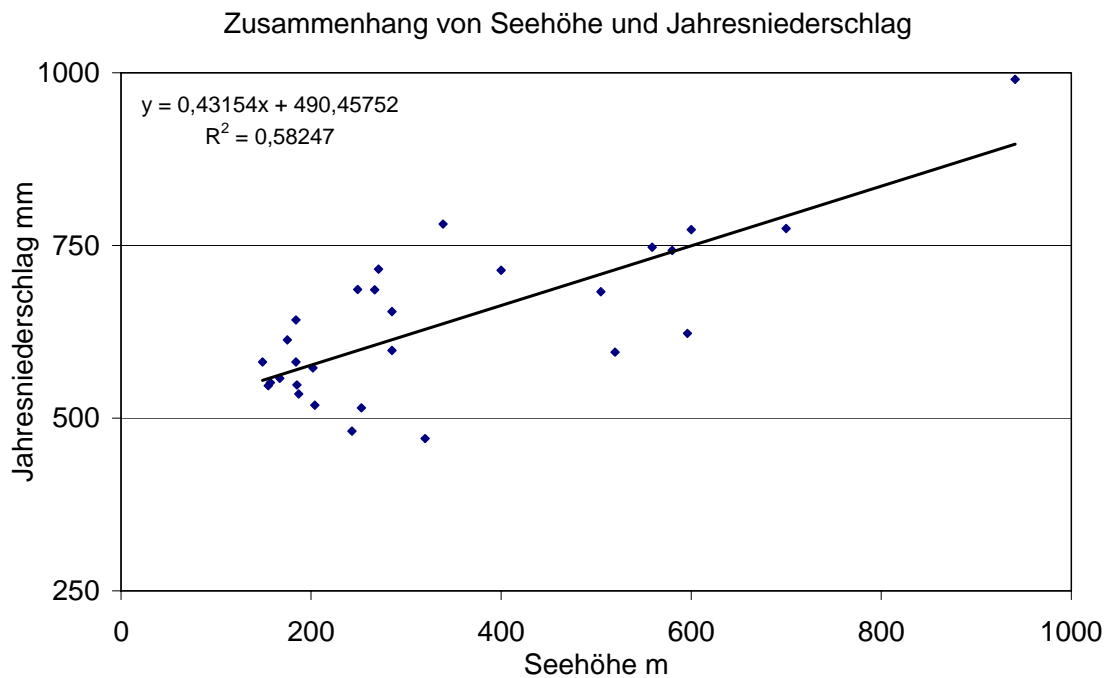


Abbildung C2-9 Niederschlagsregression im Höhenmodell

Diese Erkenntnis führt dazu, dass sich die flächenhafte Berechnung der Niederschläge ausschließlich auf das Untersuchungsgebiet reduziert. Durch das dort vorherrschende pannonisch-kontinentale Klima kann von einem homogenen Klimaraum gesprochen werden, für welches eine einfache Interpolation der Niederschläge sinnvoll erscheint.

C2-2.3.3 ÖKLIM und Alp-Imp

Der Übergang von den Wetterdaten zu Klimadaten liegt in der Langjährigkeit der Beobachtungen. Der Zeitraum von 1992 bis 2005 reicht in keinem Fall aus, um hier von Klimadaten zu sprechen. Ein Verweis auf zwei langjährige Projekte soll hier noch vorgenommen werden:

C2-2.3.3.1 ÖKLIM

Der digitale Klimaatlas Österreichs wurde von der ZAMG erstellt und im Jahr 2001 in digitaler Form veröffentlicht. Im Untersuchungsgebiet Gesamtösterreich wurde eine Vielzahl von Wetterparametern erhoben und über ihre Langjährigkeit zu Klimaaussagen verwertet, wobei der Beobachtungszeitraum ca. 30 Jahre beträgt (1961-1990).

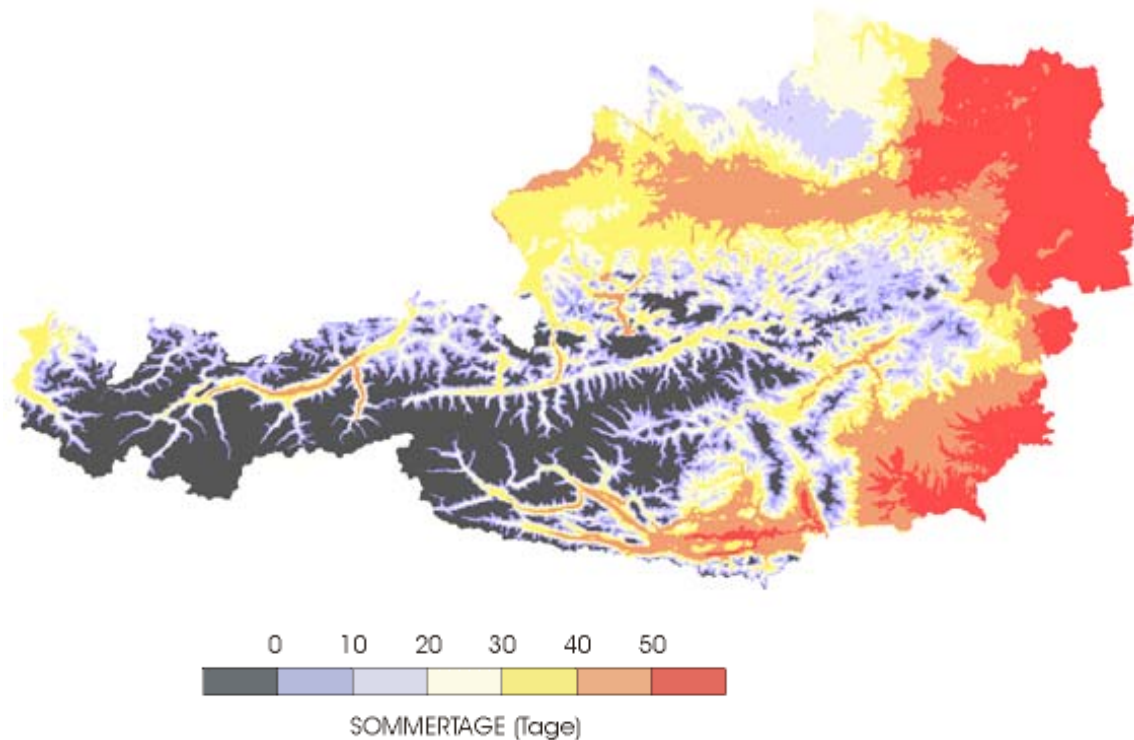


Abbildung C2-10 Anzahl von Sommertagen aus ÖKLIM

C2-2.3.3.2 ALP-IMP

Für großräumigere Projekte im Bereich des Alpenbogens empfiehlt sich ein Rückgriff auf das länderübergreifende Projekt ALP-IMP der ZAMG. Hier wurden Wetterdaten über einen extrem langen Zeitraum (Temperatur ab 1760, Niederschlag ab 1800) gesammelt und weiterverarbeitet. Vor allem der Teilbereich HISTALP (HISTORICAL INSTRUMENTAL CLIMATOLOGICAL SURFACE TIME SERIES OF THE GREATER ALPINE REGION 1760-2003) stellt dabei mit seiner räumlichen Auflösung von 1° Länge und Breite für globale Übersichten ein unverzichtbares Werkzeug dar. Die Daten und alle integrierten Publikationen sind unter <http://www.zamg.ac.at/ALP-IMP/> frei zugänglich.

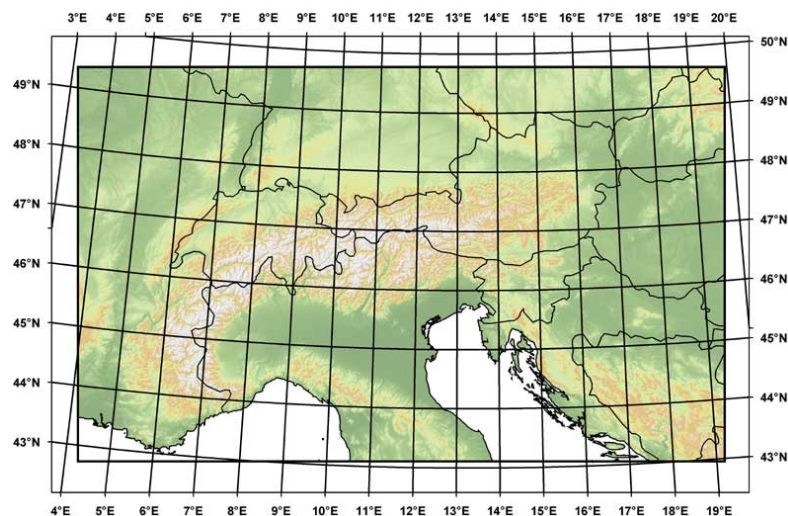


Abbildung C2-11 Untersuchungsgebiet ALP-IMP

C2-2.4 Datenverknüpfung im Geographischen Informationssystem

Sowohl die aufgetretenen Erkrankungsfälle, als auch die Klimastationen sind über ihrer X/Y-Koordinaten eindeutig im Raum definiert. Jedem Erkrankungsfall müssen eindeutige Temperatur- bzw. Niederschlagswerte zugeordnet werden. Wie hier methodisch vorgegangen werden kann, ist Inhalt dieses Punktes.

C2-2.4.1 Voronoi-Map

Eine recht einfache Form stellt die Zuordnung der Erkrankungsfälle zu den Messstationen über eine Voronoi-Map dar. Dabei wird im ersten Schritt für jede Messstation ein Umrandpolygon erstellt. Dieses erreicht hinsichtlich seiner Nachbarn immer eine Durchschnittsgröße. Die Erstellung beruht auf der Halbierung der Distanzen zu allen Nachbarpunkten einer Messstation. Im zweiten Schritt wird geprüft, in welchem Polygon die Erkrankungsfälle liegen, um diesen die Kennung der Messstation und deren Messwerte zuzuordnen. Die räumlichen Differenzen zwischen Erkrankungsfall und Messstation sind in der Abbildung visuell deutlich zu erkennen.

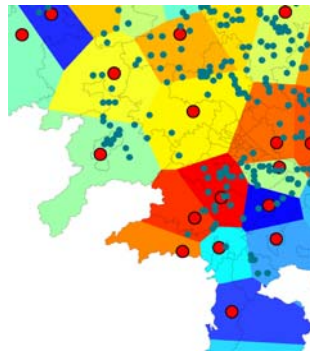


Abbildung C2-12 Einfache Zuordnung der Wetterstationen in einer Voronoi-Map

C2-2.4.2 Lokale Datenverknüpfung

Die Voronoi-Map entspricht also nicht unseren Bemühungen um eine kontinuierliche Datenoberfläche, wie sie in Kapitel C2-2.3 beschrieben wurde und ist deshalb in diesem Falle abzulehnen. Über die exakten Koordinaten eines Erkrankungsfalles können nämlich die Temperatur und Niederschlagswerte aus dem stetigen Messfeld abgelesen werden. So wird eine exakte Zuordnung erreicht, die der, für statistische Auswertungen geforderten Datenqualität entspricht.

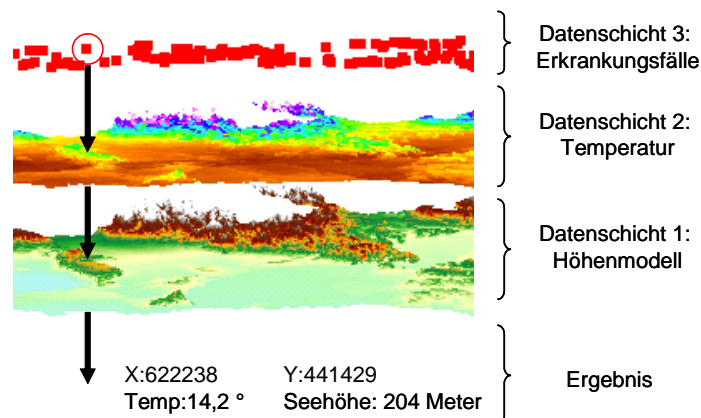


Abbildung C2-13 Lokale koordinative Verknüpfung

C2-2.5 Klassische Statistische Analyse

Obwohl die räumliche Interpolation von Temperatur und Niederschlag eine räumliche, also geostatistische Auswertung des Projektes vermuten lässt, dienen diese Schichten lediglich der Datengewinnung und der Thesenbildung für die Auslöser der Tularämie. Der Beweis über den Zusammenhang zwischen den Klimaparametern und der Tularämie wurde über eine klassische multiple Regression geführt.

C2-2.5.1 Methodische Überlegungen

Mit allen marktgängigen Statistikpaketen können Beziehungen zwischen Fachdaten gut bearbeitet und resultierende Ergebnisse auch in hohem Ausmaß beurteilt werden. Statistische Elementaraussagen, wie die Signifikanz einzelner Parameter oder das Bestimmtheitsmaß des Gesamtmodells können dazu verwendet werden, um die Qualität getroffener Aussagen zu untermauern. Die nebenstehende Abbildung versucht eine Darstellung der Methodik der multiplen Regression, wie sie in diesem Projekt verwendet wurde. Auf einen Mittelpunkt (m_y) einer Datenwolke wirken die unterschiedlichsten Parameter ein. Je nach Verteilung der Daten und Stärke der Parameter ziehen diese den Mittelpunkt in ihre Richtung (Essl 1987). So bildet sich ein n -dimensionales Rechengebilde, aus dem die Einflussfaktoren erkannt und Werte abgeleitet werden können.

In Summe beschreibt die Regression mit ihrer Formel jede Position innerhalb des Datenraumes. Die Klassen A und B sind dabei fixe Effekte (z.B. das Jahr oder das Bundesland), b_1 bis b_3 sind dynamische Effekte (Niederschlag, Temperatur, ...). Der sich ergebende Fehler zwischen der Schätzung der Regression und den tatsächlichen Datenwerten wird durch die Restkomponente e abgedeckt (aus Guggenberger 2006).

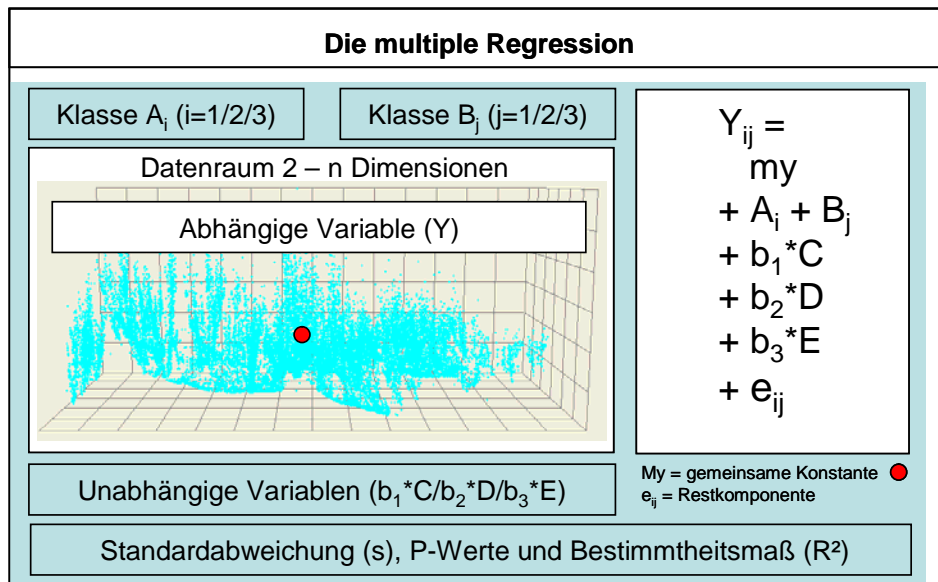


Abbildung C2-14 Lokale koordinative Verknüpfung

C2-2.5.2 Praktische Durchführung

Am Ursprung der statistischen Auswertung der Erkrankungsfälle steht die Wahl geeigneter Parameter. Aus dem Datenpool des Projektes stehen die Messwerte der Jahre an den Stationen, in Form von Einzelwerten zur Verfügung. Als Faktoren b_1 – b_2 der Regressionen könnten faktisch 24 Parameter (12 Temperatur- und 12 Niederschlagswerte) auftreten. Es sind aber auch alle Summen oder Mittelwerte zwischen ausgewählten Mo-

naten denkbar, wenn diese repräsentativ für ein Ereignis, im Bezug auf die zu untersuchende Größe, stehen.

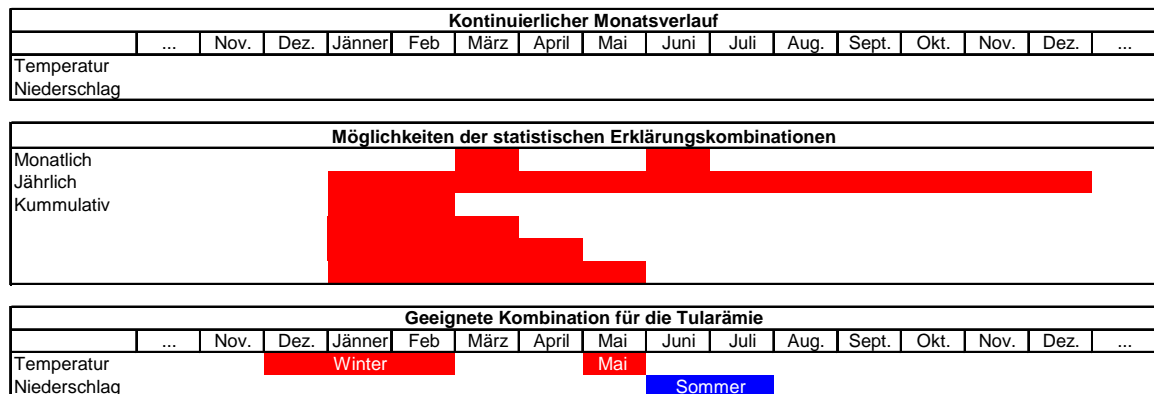


Abbildung C2-15 Parameter und deren Kombinationen

Solche Erklärungskombinationen könnten der Jahresmittelwert oder ein kumulativer Mittelwert über zwei oder mehrere Monate sein.

Nach intensiver Prüfung der einzelnen Kombinationen wurden im Zusammenhang mit wichtigen Entwicklungszeitpunkten der Feldhasenpopulation folgende Parameter ausgewählt:

- 1.) Der Wintermittelwert der Temperatur: In diesem Fall als Mittelwert der Monate Dezember, Jänner und Februar definiert. In diesem Zeitraum steht die Population der Feldhasen in ihrer kritischsten Phase. Der Körperansatz des Herbstes wird langsam verbraucht, kalte Temperaturen führen zum Verenden vieler Tiere. Andererseits überleben bei warmen Wintern auch geschwächte, möglicherweise erkrankte Tiere aus dem Vorjahr. Ein Unterschied zwischen Summenwert und Mittelwert konnte nicht festgestellt werden, da sich wegen der positiven und negativen Werte hier annähernd der gleiche Wert einstellt.
- 2.) Monatsmitteltemperatur im Mai: Kurz nach dem Setzen der Junghasen im Frühjahr, stellt der Mai für diesen Teil der Population ein wichtiges Monat dar. Ist der Mai ausreichend warm und entwickelt sich die Nahrung gut, kann mit vitalen Jungtieren gerechnet werden, die der Tularämie Widerstand leisten können.
- 3.) Niederschlagssumme von Juni und Juli: In einigen Regionen des Untersuchungsgebietes (Waldviertel) kann es durch stärkere Niederschläge im Sommer zu schwierigeren Bedingungen für die Population der Feldhasen kommen.

Die generelle Formulierung für den statistischen Zusammenhang zwischen der Tularämie und den am Erkrankungsort aufgetretenen Wetterbedingungen lautet:

$$\begin{aligned}
 \text{Erkrankungen pro Jahr} = & \quad \mathbf{My} \\
 & + \mathbf{b1 * Wintertemperatur} \\
 & + \mathbf{b2 * Temperatur im Mai} \\
 & + \mathbf{b3 * Summe des Niederschlag im Juni und Juli}
 \end{aligned}$$

C2-2.6 Wetterbedingte Grenzwerte der Tularämie

Der globale Zusammenhang zwischen den Klimaeinflüssen und der Tularämie kann sicherlich über die klassische Statistik geführt werden. Die dabei entstehenden Aussagen sind aber nicht geeignet, um den räumlichen Aspekt des Projektes zu befriedigen. Würde man die Temperaturkomponenten aus GI-Datenbeständen in die Formel einsetzen, wäre in ganz Österreich ein mehr oder weniger hoher Wert an Erkrankungsfällen zu beobachten.

Für eine räumliche Aussage werden also Grenzwerte benötigt, die als boolescher Faktor zwischen Befall und Nichtbefall unterscheiden. Das Untersuchungsgebiet deckt mit hoher Sicherheit die derzeit von der Tularämie befallenen Regionen Österreichs ab. Es ist also sinnvoll, für die klimatischen Grenzen zwischen gefährdeten und nicht gefährdeten Regionen jene Isolinien zu bestimmen, die das Untersuchungsgebiet vom restlichen Österreich trennt. Dabei soll so vorgegangen werden, dass möglichst viele Erkrankungsfälle, aber auf jeden Fall alle Häufungsgebiete, im Risikobereich liegen.

Für die Bestimmung der Isolinie wird der mathematische Weg der Statistik verlassen, ein weicherer empirischer Ansatz ist notwendig. Die Integration eines Fuzzy-Modells erschien nicht sinnvoll, da nach ersten Versuchen mit Isothermen bereits gute Erfolge zu verzeichnen waren.

C2-2.7 Vom Wetter zur Klimaerwärmung

C2-2.7.1 Grundsätzliche Überlegungen

Der aufmerksame Leser wird bereits bemerkt haben, dass die meisten im Projekt verarbeiteten Daten der Kategorie Wetterdaten zuzuordnen sind. Wo bleibt also der Zusammenhang zu den Klimadaten und damit zur Relevanz im Projektreigen des StartClim's?

Die Überlegung ist denkbar einfach: Gelingt eine Beweisführung für den Einfluss des Klimas auf die Erkrankung mit den Wetterdaten einer Dekade, können diese kurzfristigen Wetterdaten durch langfristige, allgemein anerkannte Szenarien ersetzt werden. Die Temperaturkarte aus 1992 – 2005 kann einer langfristigen Karte weichen (1961 – 1990). Die Niederschlagskarte kann beispielsweise durch das Alp-Imp Precipitation - Modell ersetzt werden. Und vor allem kann eine Prognose über eine zukünftige Klimaerwärmung aus der Hand anerkannter Wissenschaftler berücksichtigt werden.

Diese Methodik hat noch einen zusätzlichen Vorteil: Sie ermöglicht eher naturwissenschaftlichen Disziplinen den Umgang mit Klimadaten bzw. deren Integration in naturwissenschaftliche Modelle. Das gilt auch für Themen wie Ertragschätzung, Phenologie u. dgl. Andererseits finden die Daten der Meteorologie dadurch eine breite Verwendung und werten diese wissenschaftliche Disziplin auf.

C2-2.7.2 Modellauswahl und Beschreibung

Die Auswahl des Modells zur Klimaerwärmung wurde dem Schwarzbuch Klimawandel von Helga Kromb-Kolb und Herbert Formayer entnommen. Die dort dargestellten Szenarien verweisen zumeist auf Studien des IPCC, welche je nach Verhalten unserer Gesellschaft eine mehr oder weniger starke Erwärmung prognostiziert haben. Dabei kommt es global zu unterschiedlichen Reaktionen, mit lokal sehr starken Erwärmungen aber auch mit regionalen Abkühlungen.

Für die Zukunftsprognose der Tularämie wurde ein moderates, mittleres Modell gewählt, welches davon ausgeht, dass die Gesellschaft demnächst reagieren wird und eine Senkung der Treibhausgasemission möglich ist. Trotzdem wird es, wie in nebenstehender Abbildung ersichtlich, zu einer Erwärmung von 2 – 4 ° Celsius kommen, wobei die Erwärmung auf den Bergen stärker ist als in Tallagen.

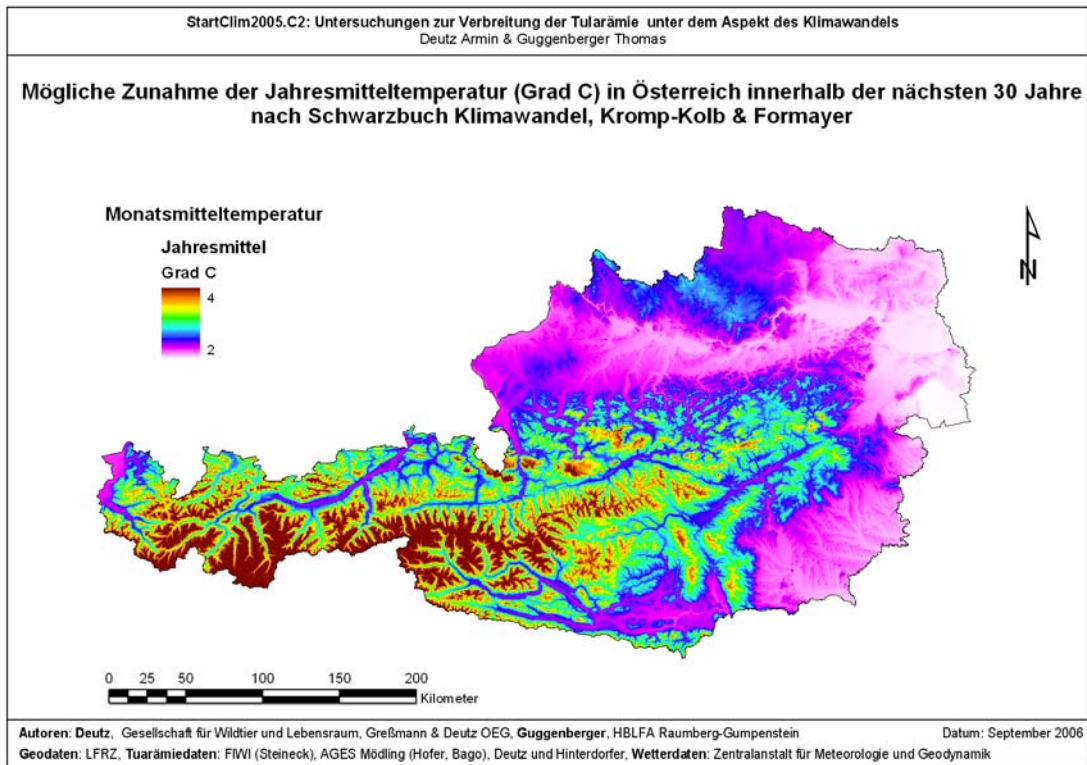


Abbildung C2-16 Klimaerwärmung nach Kromp-Kolb & Formayer

C2-3 Ergebnisse

C2-3.1 Statistischer Zusammenhang zwischen der Tularämie und den Wetterdaten

Um die Ergebnisse der statistischen Analyse besser beurteilen zu können, muss noch eine kurze Darstellung über die beeinflussenden Größen erarbeitet werden.

Die Bakterien als Krankheitserreger der Tularämie sind permanent vorhanden und bedrohen die Feldhasen offensichtlich in unterschiedlichem Ausmaß. Ob die Krankheit nun ausbricht oder nicht, hängt eng mit der Populationsdichte der Feldhasen zusammen. Diese wird durch das Klima, die Nahrung, den Stress (Menschen) oder die landwirtschaftliche Nutzung bestimmt. Alle diese Parameter sind bewertbare Faktoren, die mathematisch oder geostatistisch angegangen werden können.

Eine weitere Frage bezüglich der statistischen Analyse betrifft die Erhebung der Krankheitsfälle. Allgemeine statistische Aussagen sind nur dann gültig, wenn die untersuchte Stichprobe der Grundgesamtheit (der Feldhasen) entspricht. Möchten wir also eine Erkrankungswahrscheinlichkeit bestimmen, müssten wir systematisch und mit Zwang Hasen erlegen und eine Untersuchung auf Tularämie veranlassen. Diese Systematik fehlt in diesem Projekt, da nur die kranken Tiere, und hier auch nur ein geringer Anteil, erhoben wurden. Deshalb werden Sie in diesem Projekt auch vergeblich eine Aussage über die Erkrankungswahrscheinlichkeit suchen.

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen Klima und Erkrankung greift jedoch auf die Grundgesamtheit der erkrankten Tiere zurück und hier gehen wir davon aus, dass unsere Stichprobe repräsentativ und das Ergebnis deshalb gültig ist!



Abbildung C2-17 Faktorenauswahl der Analyse

Im Programm Statgraphic Plus wurden die aufbereiteten Daten einem General-Linear-Modell (GLM) unterworfen, um zeitliche und räumliche Fragestellungen zu erklären. Der zeitliche Aspekt berücksichtigt dabei die Untersuchungsjahre, der räumliche die Lage der Stationen. Beide Arten versuchen den Zusammenhang zwischen der Erkrankungshäufigkeit und den Wetterdaten zu klären.

C2-3.1.1 Zeitlicher Aspekt

Wie lassen sich die Erkrankungsjahre mit dem Modell aus C2-2.5.1 klären?

Das Ergebnis der Analyse kann mit der Formel

$$\begin{aligned} \text{Anzahl der Erkrankungen} = & 52,1 \\ & + 4.077 \quad \times \text{ Wintertemperatur} \\ & - 3.456 \quad \times \text{ Maitemperatur} \\ & + 0.264 \quad \times \text{ Niederschlag Sommer} \end{aligned}$$

dargestellt werden.

Die Qualität des Modells liegt mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 74,6 % in einem unüblich hohen Bereich. Die Streuung wurde über den Standard Error of Estimation mit 7 Erkrankungsfällen oder rund 20 % festgelegt.

Zur Erklärung der Formel: Ausgehend von einem m_y von 52,1 Erkrankungsfällen steigt die Anzahl der Erkrankungen im Winter mit rund 4 zusätzlichen Fällen je Grad Erwärmung. Ein warmer Mai wirkt jedoch dämpfend, da je Grad eine Reduktion um rund 3 Fälle zu erwarten ist. Regnet es im Sommer um 10 mm mehr, steigt die Erkrankungshäufigkeit um 2 Fälle.

Es muss aber noch einmal verdeutlicht werden: Diese Formel kann niemals zur Prognose der Erkrankungshäufigkeiten dienen, da die Grundgesamtheit nicht korrekt ist. Auch die eben erklärten Einflüsse auf die Erkrankungen sind nach ihrer Höhe fraglich, das Vorzeichen ist aber sicherlich korrekt. Die einzige Aussage die gültig ist: Das hohe Bestimmtheitsmaß R^2 von 74,6 zeigt deutlich den starken Zusammenhang zwischen dem Wetter (Klima) und der Erkrankung der Feldhasen an Tularämie!

C2-3.1.2 Räumlicher Aspekt

Gilt der erwähnte Zusammenhang auch auf den einzelnen Wetterstationen?

Nach dem vorgestellten Regressionsmodell wurden die aufgetretenen Erkrankungsfälle auch auf den einzelnen Stationen analysiert. Dabei wurden zwei Varianten geprüft.

Die erste Variante ermittelt die multiple Regression als Mittelwert der Stationen über den gesamten Untersuchungszeitraum. Das dabei entstandene Modell liegt mit einem R^2 von 31,4 % deutlich hinter dem Jahreseinfluss.

Die zweite Variante ermittelt die Wechselwirkung aus Jahr x Station. Hier zeigt sich, dass das R^2 gegen 0 geht.

Somit steht fest: Eben so wenig, wie die Höhe der Erkrankung abzusichern ist, kann eine Formel gefunden werden, die die Situation an allen Standorten erklärt. Dies ist auch kein Wunder, gehen doch keine räumlichen Parameter in das Datenmodell ein.

C2-3.2 Wetterdaten im Bundesgebiet

C2-3.2.1 Wintertemperatur und Monatsmittelwerte im Mai

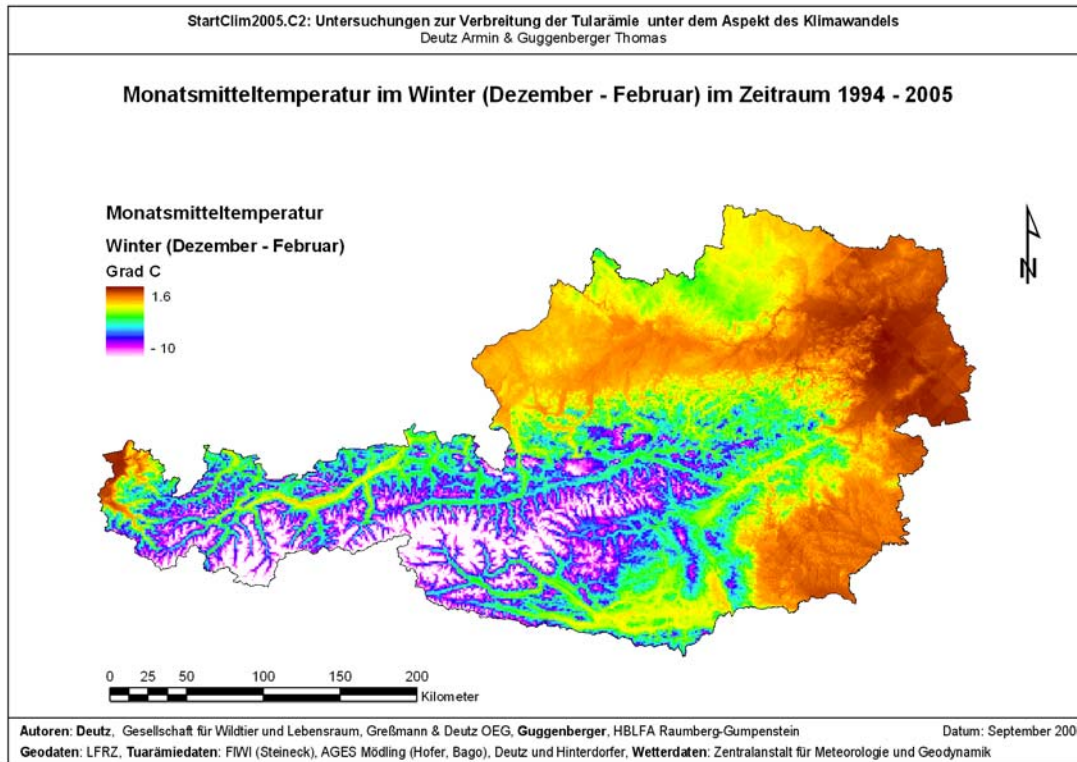


Abbildung C2-18 Wintertemperaturen in Österreich

Die Mittelwerte der Monate Dezember_{x-1}, Jänner_x und Februar_x ($x = \text{Jahr}$) wurden nach der in C2-2.3.1 dargestellten Methode aus den Messstationen der ZAMG in eine kontinuierliche Oberfläche überführt. Minimum und Maximum überspannen dabei einen Bereich von -10 bis $+1,6$ ° Celsius. Deutlich werden in Abbildung C2-18 die Strukturen des digitalen Geländemodells sichtbar.

Die wärmsten Zonen des Winters liegen im Osten und sind klar um die Bundeshauptstadt Wien gruppiert. Von dort aus ziehen sich die milderen Temperaturen in Richtung Westen entlang des Donautals bis in den Zentralraum Oberösterreichs. Ebenfalls warme Gebiete finden sich in der Ost- und Südsteiermark. Inversionswetterlagen und Nebelgebiete werden in dieser Abbildung nicht im vollen Ausmaß berücksichtigt, da diese nicht explizit modelliert wurden. Wie in Kapitel C2-2.3.1 dargestellt, beträgt R^2 für die Regression zwischen Höhenlage und Temperatur im Winter nur 60 %. Die restlichen 40 % der Streuung sind auf dieses Problem verteilt, welches zwar durch die Addition der Differenzen zwischen Messwert und Schätzung auf die Temperatur eine Annäherung erfährt, die vermutlich aber nicht vollständig ist.

Dies bestätigt auch der Vergleich mit dem Monatsmittelwert Jänner des Projektes ÖKLIM. Abbildung C2-19 zeigt bei ähnlicher Legendenbreite lokale Unterschiede zum Temperaturmodell des Projektes für die Wintermonate (Dezember – Februar).

Ähnlich der Wintertemperatur spiegelt die Österreichkarte mit den Maitemperaturen die alpine Struktur des Landes wieder. Während in den Tälern bereits 15 ° erreicht werden, hält sich im Hochgebirge noch der Frost mit Tagesmittelwerten unter 0 ° Celsius.

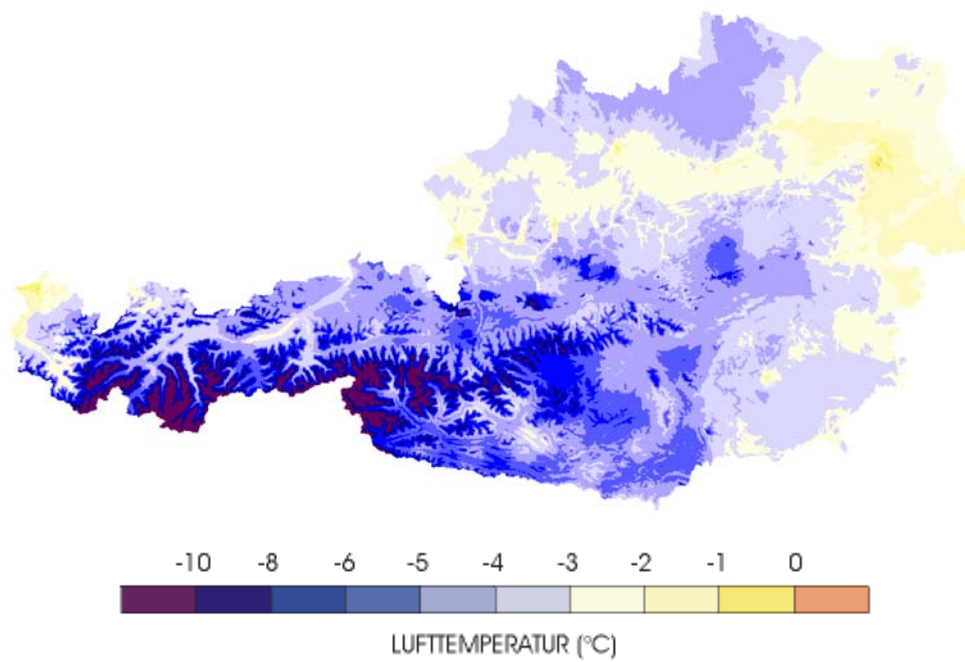


Abbildung C2-19 Monatsmittelwerte Jänner ÖKLIM

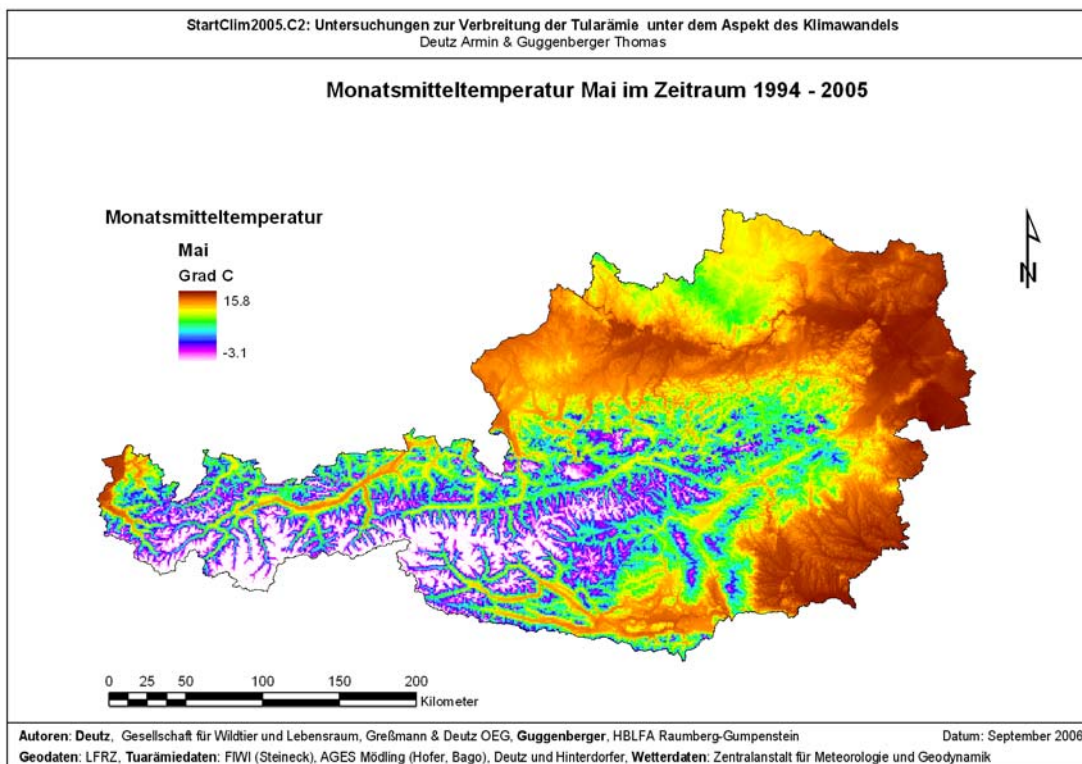


Abbildung C2-20 Monatsmittelwerte der Maitemperaturen in Österreich

C2-3.3 Wetterdaten im Untersuchungsgebiet mit Grenzwertbildung

C2-3.3.1 Wintertemperatur

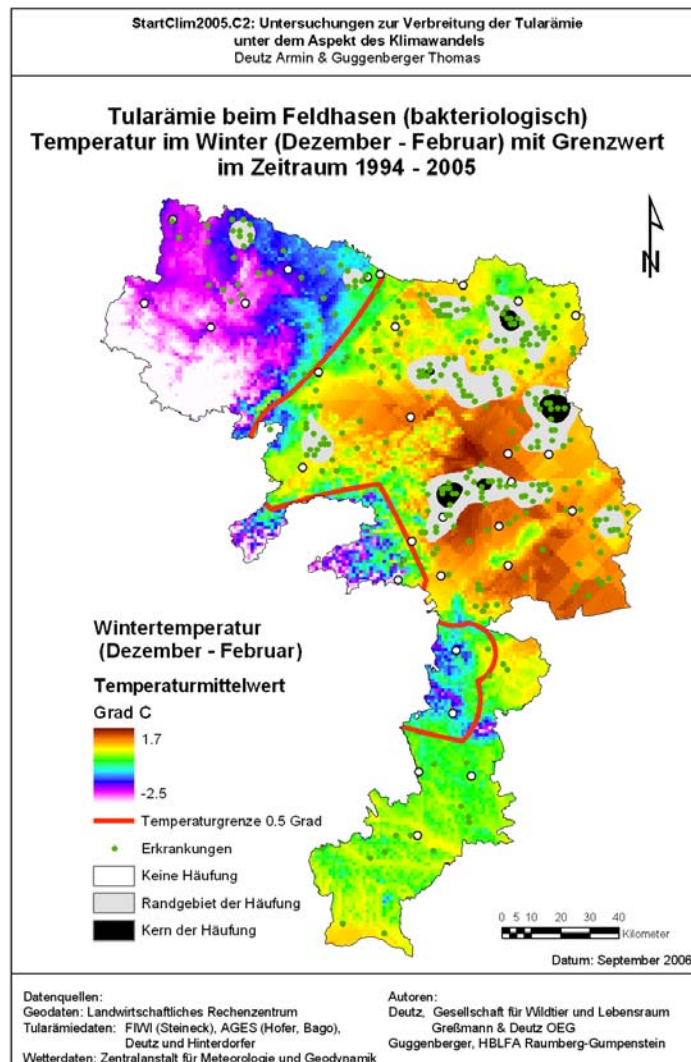


Abbildung C2-21 Wintertemperaturen im Untersuchungsgebiet

Die konkrete Betrachtung der Temperatur im Untersuchungsgebiet zeichnet die Stadt Wien als wärmste Region in den Wintermonaten aus. Ebenfalls deutlich wärmere Zonen finden sich im südlich und nördlich anschließenden Flachland. Betrachtet man Abbildung C2-21 von Süden nach Norden, fällt folgendes auf: In der Süd- bzw. Oststeiermark liegen die Temperaturen über dem Gefrierpunkt. Am Übergang zum Wechsel, der deutlich höher liegt, sinken diese wieder unter den Gefrierpunkt, um im Burgenland sowie im Flachland Niederösterreichs wieder deutlich darüber zu liegen. Durchbrochen wird dieses homogene Verhalten nur vom Waldviertel, welches, obwohl nicht in extremer Höhe, von deutlich niedrigeren Temperaturen geprägt wird.

Der Grenzwert für die gefährdeten Regionen wird für die Wintertemperatur bei $+0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ festgelegt, obwohl dadurch die Erkrankungsfälle im Waldviertel nicht mehr mit abgedeckt werden.

C2-3.3.2 Temperatur im Mai

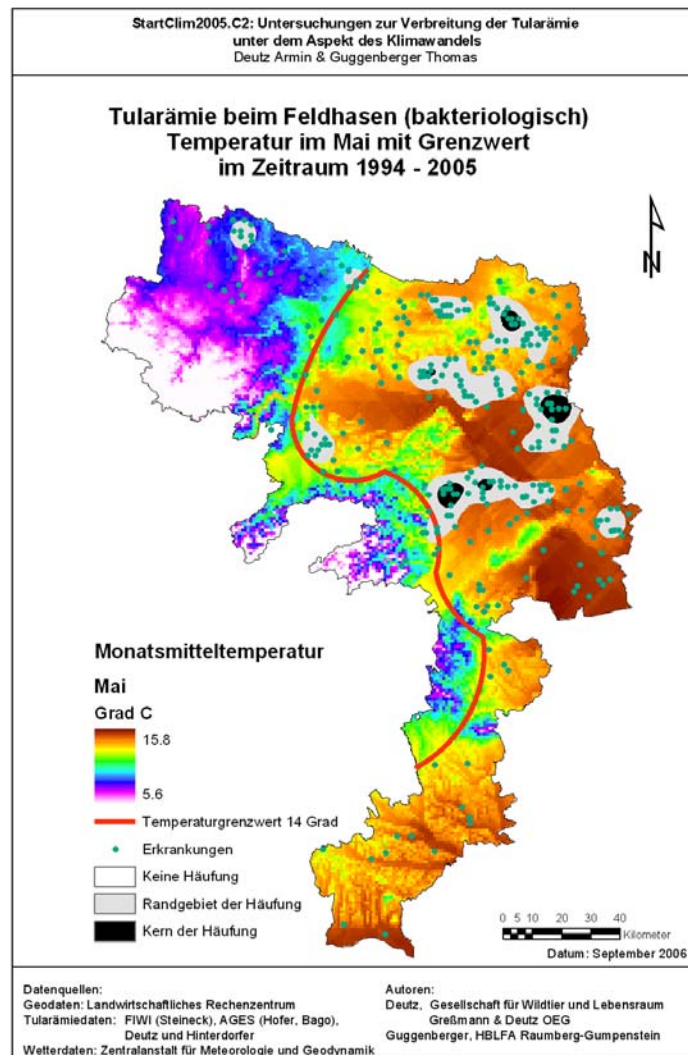


Abbildung C2-22 Monatsmittelwerte Mai der Temperatur im Untersuchungsgebiet

Für die Temperaturen im Mai gilt sinngemäß die Interpretation der Wintertemperaturen. Während die Differenz zwischen Minimal- und Maximaltemperatur im Winter bei 4,2° liegt, steigt diese im Sommer auf 10,2 ° Celsius. Die thermische Luftschichtung hat sich also im Mai bereits nach den Vorstellungen des Höhenmodells aufgebaut. Neben den warmen Regionen um Wien finden wir nun auch in den burgenländischen und südsteirischen Weinanbaugebieten hohe Temperaturen.

Die Interpretation folgt den Wintertemperaturen, das Waldviertel ist bei mäßiger Höhenlage wieder relativ kühl. Die Wirkung der Maitemperatur in der statistischen Regression hat eine dämpfende Wirkung, hohe Temperaturen senken dabei das Krankheitsrisiko. Die Temperaturschwelle von 14 ° Celsius wird im Waldviertel nicht erreicht und verstärkt so dort die Gefahr einer Erkrankung.

C2-3.3.3 Jahresniederschlag

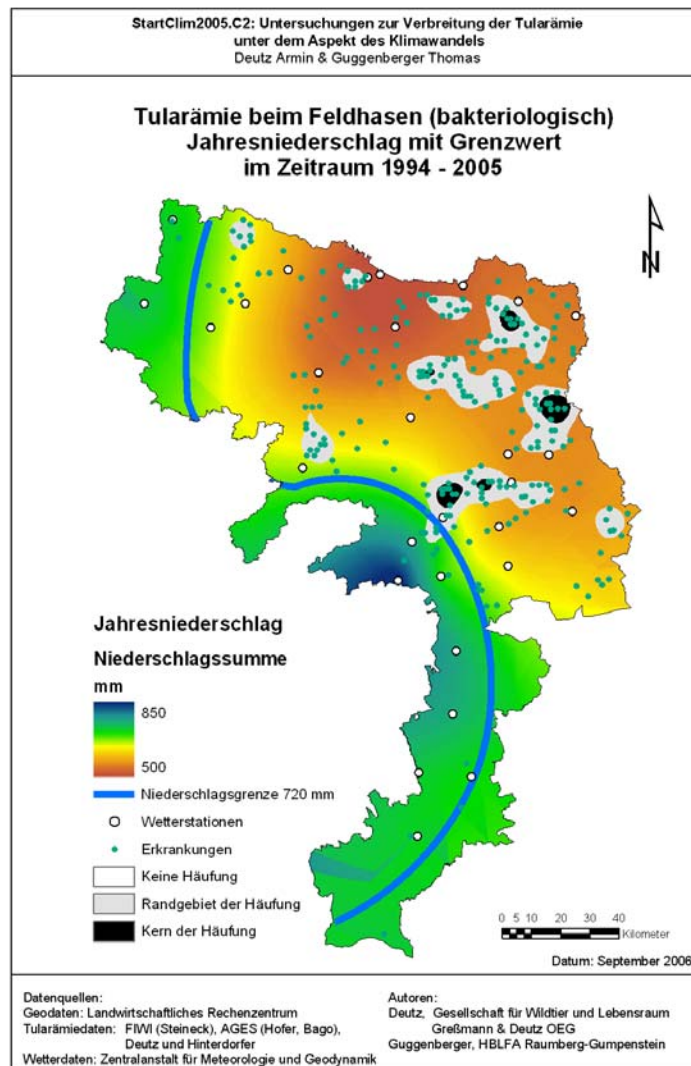


Abbildung C2-23 Jahresniederschlagssumme im Untersuchungsgebiet

Der erste Blick auf Abbildung C2-23 macht die methodischen Unterschiede zwischen der Modellierung von Temperatur und Niederschlag sichtbar. Der Niederschlagsverteilung liegt ausschließlich eine geostatistische Analyse (Universal Kriging) zugrunde, ein Einfluss des Höhenmodells ist nicht sichtbar.

Deutlich wird jedoch der nord-östliche Bereich des Untersuchungsgebietes als trockenste Region Österreichs erkennbar. Minimale Jahresniederschläge von nur 500 mm im Weinviertel und im Marchfeld machen dort schon lange eine Bewässerung der landwirtschaftlichen Kulturen notwendig. Der südliche Raum des Untersuchungsgebietes in der Steiermark hat etwas höhere Jahresniederschläge zu erwarten, wenn diese auch häufig recht unterschiedlich verteilt sind. Die etwas höheren Niederschläge in dieser Region sind auf das fallweise Wirken eines Genua-Tiefs zurückzuführen.

Der Grenzwert zur räumlich-empirischen Isolation der Tularämie-Erkrankungsgebiete wurde mit 720 mm Jahresniederschlag festgelegt. Diese Grenze berücksichtigt nun auch die Regionen im Waldviertel.

C2-3.3.4 Niederschlag im Sommer

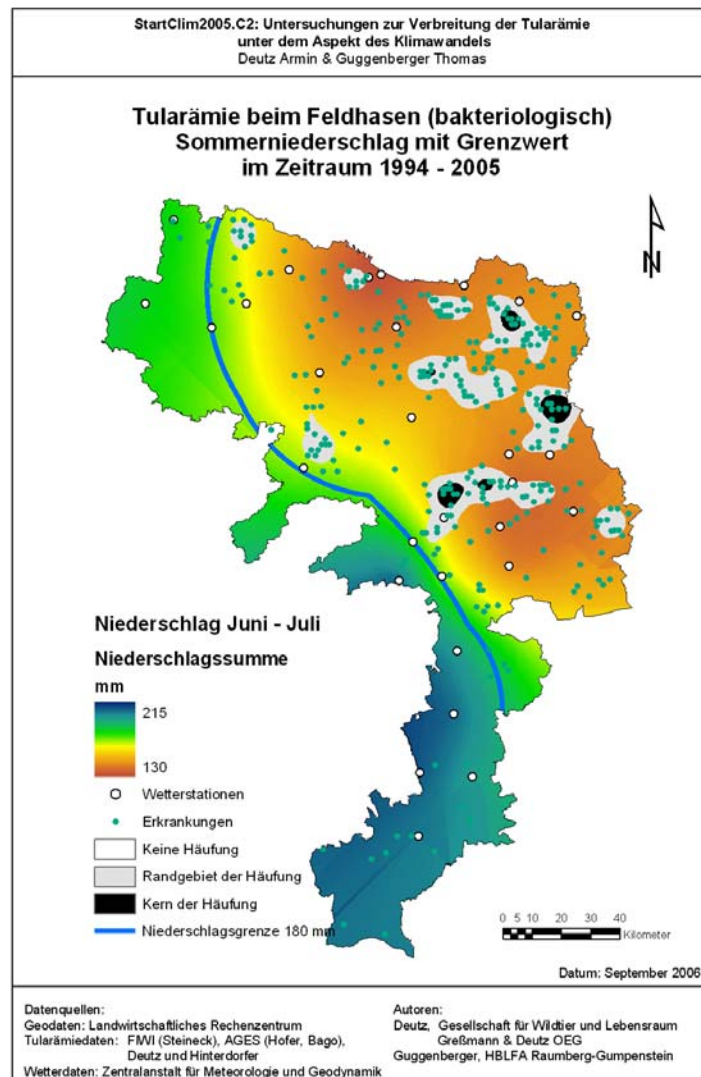


Abbildung C2-24 Sommerniederschläge im Untersuchungsgebiet

Die Summe der Niederschläge in den Monaten Juni und Juli wird in diesem Projekt als Sommerniederschlag bezeichnet. Im Untersuchungsgebiet fallen in diesen Monaten ein Minimum von 130 mm Niederschlag, der Maximalwert liegt bei 215 mm. Abbildung C2-24 zeigt hier wieder eine deutliche Differenzierung zwischen Norden und Süden. So ist in der Ost- und Südsteiermark mit fast doppelt soviel Niederschlag zu rechnen wie im Flachland des Nordens.

Die Niederschlagsgrenze wurde für den Sommer mit 180 mm Niederschlag festgelegt. Dieser Wert berücksichtigt die Erkrankungsfälle in Niederösterreich und im Burgenland, in der Steiermark wird er nicht mehr wirksam.

C2-3.4 Synthese der Grenzwerte

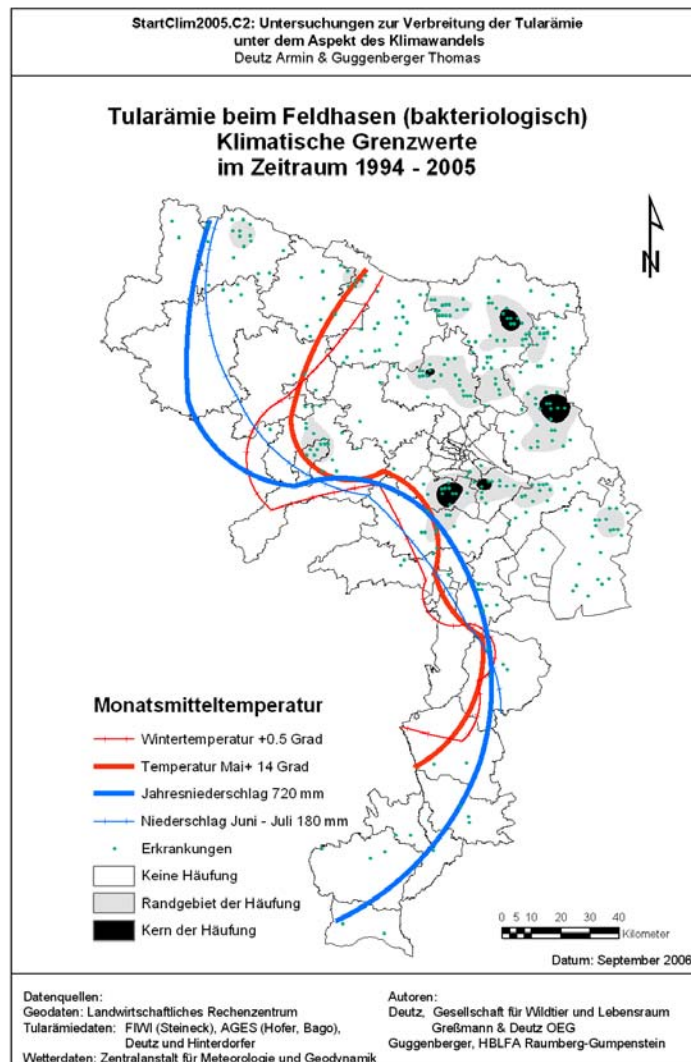


Abbildung C2-25 Grenzwerte der Tularämie im Überblick

Als Zusammenfassung von Kapitel C2-3.3.1 - C2-3.3.4 zeigt folgende These die Zusammenfassung der Grenzwerte:

Die Tularämie des Feldhasen tritt mit erhöhter Wahrscheinlichkeit bei Wintertemperaturen über 0,5 ° C., bei Maitemperaturen unter 14° C., bei Sommerniederschlägen über 180 mm und bei Jahresniederschlägen unter 720 mm auf.

Nicht alle Grenzwerte decken das Untersuchungsgebiet gleich gut ab. Das Waldviertel wird beispielsweise vom Grenzwert des Niederschlags besser berücksichtigt als von den Temperaturgrenzwerten.

Durch die logische UND-Verknüpfung der einzelnen Datenschichten in einem GIS kann jedoch die gesamte Region abgedeckt werden.

C2-3.5 Auswirkung der Klimaveränderung

C2-3.5.1 Aktuelle und zukünftige Tularämiegefahr

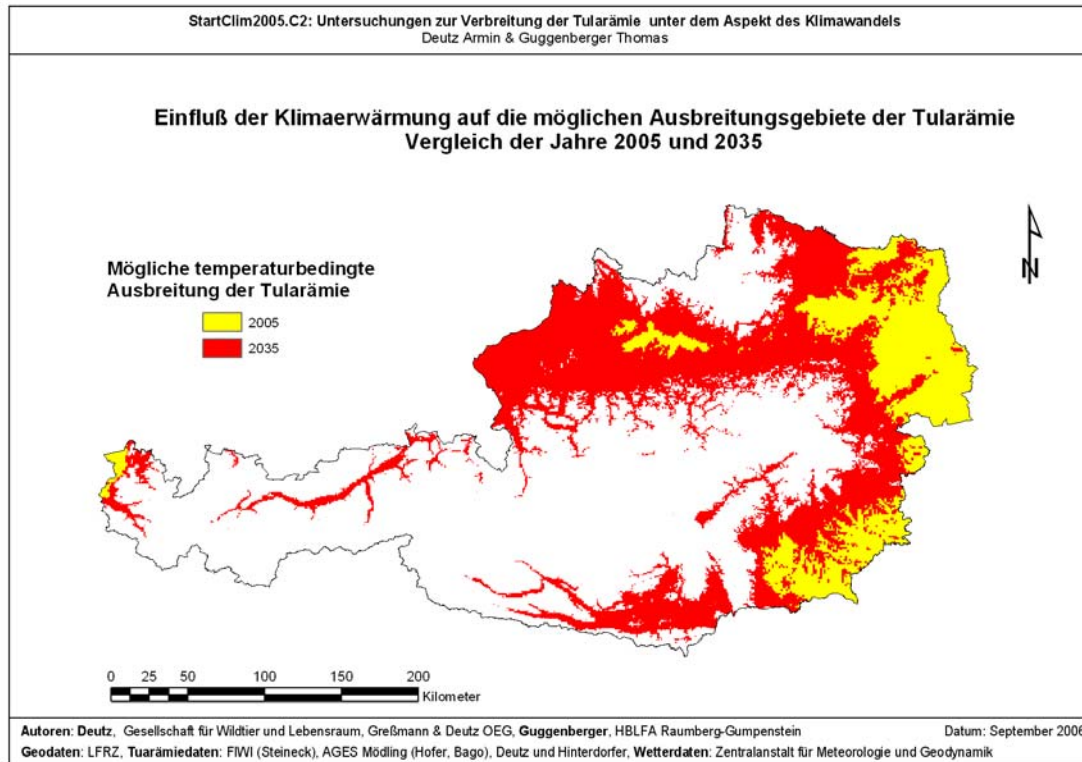


Abbildung C2-26 Ausbreitung der Tularämie nach einer Klimaerwärmung von 2-4° Celsius

Überträgt man die These aus C2-3.4 auf die Temperaturdaten des Bundesgebiets, entsteht die Abbildung C2-26. Methodisch werden hier allerdings nur die Temperaturdaten des Winters und die Maitdaten, mit ihren Grenzwerten für eine räumliche Analyse verwendet.

Die gelb markierten Regionen zeigen dabei Gebiete in denen sowohl die Winter-, als auch die Maitemperatur den festgelegten Grenzwert bezüglich des Auftretens der Tularämie im Jahre 2005 überschreiten. Insgesamt sind rund 13 % oder 11.000 km², vor allem in der untersuchten Region, betroffen. Diese räumliche Identität bestätigt die Qualität des vorgestellten Modells. Zu den Regionen in Ostösterreich kommen aber auch noch die Region um Linz, sowie der Vorarlberger Bodenseeraum dazu.

Die rot markierten Regionen stellen das Gefährdungsgebiet der Tularämie nach der vollständigen Realisierung der unterstellten Klimaerwärmung dar. Aus dem östlichen Flachland wird sich die Tularämie langsam über das Donautal weiter in den Westen und über die Südsteiermark weiter in den Süden verbreiten. Zusätzlich sind Fälle in inneralpinen Gunstlagen möglich. Die entstandene Region wird dann mit 46 % des Bundesgebietes rund 3,5 mal so groß sein wie heute und fast alle Siedlungsgebiete des Menschen abdecken.

C2-4 Schlussfolgerung

Die Auswirkungen einer Klimaerwärmung nach dem Modell Kromb-Kolb und Formayer (2005) in Bezug auf Verbreitung der Tularämie in Österreich sind enorm. Fallen derzeit rund 13 % der Landesfläche (11.000 km²) in das Gefährdungsgebiet der Tularämie, steigt das Gefährdungsgebiet nach dem Eintreffen der prognostizierten Erwärmung auf 46,5 % (39.000 km²) an.

Als praktische Empfehlung in Endemiegebieten sollten Risikogruppen (Jäger, Förster, Landwirte, Laborpersonal, Präparatoren, Hausfrauen u.a.) beim Umgang mit Hasen und Nagetieren stets arbeitshygienische Vorsichtsmaßnahmen beachten (wie Schutzhandschuhe, Anfeuchten des Hasenbalges beim Abbalgen, Insektenschutz, Mundschutz im Labor). Weiters sind bei der Zubereitung von Feldhasen küchenhygienische Maßnahmen zu ergreifen.

Zusammenfassend ist aus dieser Arbeit abzuleiten, dass ein Klimaeinfluss die Schlüsselgröße zur Erklärung der bisherigen Verbreitung der Tularämie ist, dass Grenzwerte für die einzelnen Klimaparameter festgelegt werden konnten und dass eine Klimaerwärmung zu einer massiven Ausweitung des potenziellen Tularämie-Verbreitungsgebietes führt.

Umso mehr gelten alle in Kapitel C2-1.8 dargestellten Vorbeugungsmaßnahmen!

Literaturverzeichnis

- Auer, I. et al., (2005): A new instrumental precipitation dataset for the greater alpine region for the Periode 1800 – 2002. *International journal of climatology* **25**, 139 – 166, Royal meteorological society.
- Auer, I., Böhm, R., Mohnl, H., Potzmann, R., Schöner, W., Skomarowski, P. (2001): ÖKLIM, Digitaler Klimaatlas Österreichs, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Österreich.
- Auer, I. et al., (2006): Histalp – Historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region, <http://www.zamg.ac.at/ALP-IMP/>
- Auer, I., Böhm, R., Maugeri, M. (2001a): A New long-term gridded precipitation data set for the Alps and its Application for MAP and ALPCLIM. *Journal for Physics and Chemistry of the Earth, Part B, Vol 26/5-6*, 421-424.
- Auer, I., Böhm, R., Schöner, W. (2001b): Austrian Long-term Climate 1767-2000, Instrumental Climate Time Series from Central Europe. *Österr. Beitr. zu Meteorologie und Geophysik*, H.25, 146 pages plus Data und Metadata CD.
- Auer, I., Böhm, R., Schöner, W., Hagen, M. (1998): 20th century increase of boundary layer turbidity derived from alpine sunshine and cloudiness series. Preprints of the 8th Conference on Mountain Meteorology, Aug.98 in Flagstaff, Arizona. AMS, Boston, pp.77-80.
- Bell, J. F. (1981): Francisella. In: Blobel, H. und Schliesser, T. (Hrsg.): *Handbuch der bakteriellen Infektionen bei Tieren*. Bd. III., Fischer, Stuttgart, S. 172-256.
- Bisping, W., Amtsberg, G. (1988): *Farbatlas zur Diagnose bakterieller Infektionserreger der Tiere*. Parey, Berlin, S. 212-213.
- Böhm, R., Auer, I., Schöner, W. and Hagen, M. (1998): Long alpine barometric time series in different altitudes as a measure for 19th/20th century warming. Preprints of the 8th Conference on Mountain Meteorology, in Flagstaff, Arizona. AMS, Boston, pp.72-76.
- Boch, J., Schneidawind, H. (1988): *Krankheiten des jagdbaren Wildes*. Parey, Hamburg und Berlin.
- Bsteh, O. (1937): Fälle von Tularämie. *Wien. Klin. Wschr.* **50**, 108.
- Chiari, H. (1937): Über Tularämie. *Wien. Med. Wschr.* **40**, 1015-1019.
- Damoser, J., Hofer, E. (1995): Brucella suis Biovar 2-Infektionen beim Feldhasen. *Z. Jagdwiss.* **41**, 137-141.
- David, H. (1937a): Über den Verlauf der Tularämie in Österreich. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* **45**, 477-481.
- David, H. (1937b): Zur Diagnose der Tularämie des Menschen und der Tiere. 17. Tagung der Deutschen Vereinigung für Mikrobiologie, Berlin.
- David, H. (1947): Untersuchungen über die Tularämie in Österreich (1935-1945). *Wien. Tierärztl. Mschr.* **10**, 523-544.
- Dedie, K., Bockemühl, J., Kühn, H., Volkmer, K. J., Weinke, T. (1993): *Bakterielle Zoonosen bei Tier und Mensch*. Enke, Stuttgart.
- Deutz, A., Hinterdorfer, F. Aste, C. (1997): Woran erkrankt der Hase? Feldhasenuntersuchung in der Steiermark. *Der Anblick Heft 6*, S. 12-15.
- Deutz, A., Fuchs, K., Nowotny, N., Auer, H., Schuller, W., Stünzner, D., Aspöck, H., Kerbl, U., Köfer, J. (2003a): Seroepidemiologische Untersuchung von Jägern auf Zoonosen – Vergleich mit Untersuchungen bei Tierärzten, Landwirten und Schlachthofarbeitern. *Wien. Klin. Wschr.*, Supplement 3-2003, Beilage zu Band 115, Suppl 3, 61-67.

- Deutz, A., Fuchs, K., Schuller, W., Nowotny, N., Auer, H., Aspöck, H., Stünzner, D., Kerbl, U., Klement, Ch., Köfer, J. (2003b): Seroepidemiologische Untersuchung von Jägern auf Zoonosen in Südostösterreich – Prävalenzen, Risikopotentiale und Vorbeugemaßnahmen. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **116**, 306-311.
- Deutz, A., Sixl, W., Köfer, J., Stünzner, D. (2001): Seroepidemiological Survey of the Prevalence of Borreliosis and Ehrlichiosis in Hunters in South-Eastern Austria. Proc. Symposium on Tick-Transmitted Diseases, 13 to 15 September, Ljubljana, p. 55.
- Deutz, A. (2000): Veterinärmedizinischer Beitrag zur Zoonosenforschung. Habilitationsschrift, Vet. Med. Univ., Wien.
- Deutz, A., Hinterdorfer, F. (2000): Krankheiten des Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas) - Sektionsbefunde, Erregerspektrum und zoonotische Aspekte. Tierärztl. Umschau **55**, 628-635.
- Deutz, A., Köfer, J. (2000): Niederwild (Fuchs, Feldhase, Fasan, Enten) als Träger von Zoonosen. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **113**, 401-406.
- Deutz, A., Fuchs, B., Steineck, T., Köfer, J. (2000): Zoonosen bei heimischen Wildtieren – Wissensstand, Forschungsbedarf und Vorbeugemaßnahmen. DVG-Tagung der Fachgruppe „Epidemiologie und Dokumentation“, 6. – 8. September, Wien, S. 14-20.
- Ellis, J., Oyston, P.C.F., Green, M., Titball, R.W. (2002): Tularemia. Clin. Microbiol. Rev. **15**, 631-646.
- Elsässer, J. und Hirsch, F. (1998): Tularämie. Epidemiol. Bull. Heft 44, 312.
- Efthymiadis D., Jones P., Briffa K. Auer I., Böhm R., Schöner W., Frei C., und Schmidli J. , (2006): Construction of a 10-min-gridded precipitation data set for the Greater Alpine Region for 1800–2003 In: Journal of Geophysical Research, Vol, 111.
- Essl, A. (1987): Statistische Methoden in der Tierproduktion. Verlagsunion Agrar, Frankfurt.
- Gerlach, F. (1946): Latent bleibende experimentelle Infektionen mit Tularämie. Ein epidemiologisch wichtiger Befund. Wien. Klin. Wschr. **58**, 757-758.
- Gratzl, E. (1960): Spontane Tularämie bei Hunden. Wien. Tierärztl. Mschr. **47**, 489-499.
- Gsell, O. (1968): Tularämie in der Schweiz. Schweizerische Med. Wschr. **98**, 380-383.
- Guggenberger, T., Bartelme N., (2005): GIS gestützte Modellierung der Nährstoffbilanzen österreichischer Grünlandflächen. Heft 43, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg – Gumpenstein.
- Gurycova, D., Vyrostekova, V.: (1998): Epidemiology and clinical characteristics of tularemia. Antibiotica Monitor, tom. XIV, 3/4.
- Gurycova, D. (1998): First isolation of Francisella tularensis subsp. Tularensis in Europe. Europ. J. Epidem. **14**, 797-802.
- Hayek, H., Flamm, H. (1967): Zum Problem der Reserviertiere der Tularämieerreger im Marchfeld. Wien. Med. Wschr. **32-34**, 765-767.
- Hofer, E. (2002): Epidemiologie, Klinik und mikrobiologische Diagnostik der Tularämie. Antibiotika Monitor Heft 1/2, 1-9.
- Hofer, E. (1998): Tularämie in Österreich. Weidwerk, Heft 7, 11-13.
- Hofer, E., Schildorfer, H., Flatscher, J., Müller, M. (1997): Zum Nachweis der Tularämie bei Feldhasen (*Lepus europaeus*) in Österreich. Wien. Tierärztl. Mschr. **84**, 301-306.
- Höflechner-Pörtl, A. (1999): Epidemiologische Untersuchungen zur Tularämie und Brucellose bei Füchsen (*Vulpes vulpes*) und Feldhasen (*Lepus europaeus*) in Österreich. Diss., Vet. Univ. Wien.

- Höflechner-Pörtl, A., Hofer, E., Awad-Masalmeh, M., Müller, M., Steineck, Th. (2000): Tularämie und Brucellose bei Feldhasen und Füchsen in Österreich. Tierärztl. Umschau **55**, 264-268.
- Hofstetter, I., Eckert, J., Hauri, A. (2005): Tularämie: Ausbruch unter Teilnehmern einer Hasen-Treibjagd im Landkreis Darmstadt-Dieburg. Epidemiol. Bull. Heft 50, 465-466.
- Horne, H. (1912): Eine Lemmingpest und eine Meerschweinchenepizootie. Centralbl. f. Bakt. etc. I. Abt. Originale. Bd. 66, Heft 2/4.
- Jellison, W. L., Epler, E., Kuhns, E., Kohls, G.M. (1950): Tularemia in man from a domestic rural water supply. Pub. Health Rept. **65**, 1219-1226.
- Jusatz, H. J. (1961): Dritter Bericht über das Vordringen der Tularämie nach Mittel- und Westeuropa über den Zeitraum von 1950 bis 1960. Zeitschrift f. Hygiene **148**, 69-93.
- Karlson, K. A., Dahlstrand, S., Hanko, E., Söderlind, O. (1970): Demonstration of *Francisella tularensis* in sylvan animals with the aid of fluorescent antibodies. Acta Path. Microbiol. Scand. (B) **78**, 647-651.
- Karpoff, S. P., Antonoff, N. I. (1936): The spread of tularemia through water, as a new factor in its epidemiology. J. Bacteriol. **32**, 234-258.
- Kmety, E., Gurycova, D., Jarekova J., Rehacek, J. (1987): Versuch der Tilgung eines Naturherdes der Tularämie und der Leptospirose. Zbl. Bakt. Hyg. A **266**, 249-254.
- Kromb-Kolb, H., Formayer, H., (2005): Schwarzbuch Klimawandel, Ecowin Verlag, Salzburg.
- Michalka, J. (1960): Die Tularämie in Österreich. Wien. Tierärztl. Mschr. **47**, 341-348.
- Petersen, J.M., Schriefer, M.E. (2005): Tularemia: emergence/re-emergence. Vet. Res. **36**, 455-467.
- Pfahler-Jung, K. (1989): Die globale Verbreitung der Tularämie. Diss., Fachber. Vet. Med., Univ. Gießen.
- Pikula, J., Beklova, M., Holesovska, Z., Treml, F. (2004): Ecology of European Brown Hare and Distribution of Natural Foci of Tularaemia in the Czech Republic. Acta vet. Brno **73**, 267-273.
- Pikula, J., Treml, F., Beklova, M., Holesovska, Z., Pikulova, J. (2002): Geographic Information Systems in Epidemiology – Ecology of Common Vole and Distribution of Natural Foci of Tularaemia. Acta vet. Brno **71**, 379-387.
- Puntigam, F. (1947): Zur Epidemiologie der Tularämie nach Beobachtungen in Niederösterreich. Wiener Klin. Wschr. **59**, 103-106, 116-120.
- Puntigam, F. (1960): Erkrankungen an thorakalen Formen der Tularämie bei Arbeitnehmern in Zuckerfabriken. Zeitschrift f. Hygiene **147**, 162-168.
- Reintjes, R., Dedushaj, I., Gjini, A., Jorgensen, T.R., Cotter, B., Lieftuch, A., D'Ancona, F., Dennis, D.T., Kosoy, M.A., Mulligi-Osmani, G., Grunow, R., Kalaveshii, A., Gashi, L., Humolli, I. (2002): Tularemia outbreak investigation in Kosovo: case control and environmental studies. Emerg. Inf. Dis. **8**, 69-74.
- Rohrbach, B. W. (1988): Tularemia. J. Am. Vet. Med. Assoc. **193**, 428-432.
- Schacher, E., Wagner, U., Wolf, Th., Grunow, R. (2002): Tularämie – zwei Erkrankungen nach Verarbeiten und Verzehr eines Wildhasen. Epidemiol. Bull. **9**, 71-72.
- Schaumberger, A. (2006): Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen, Heft 42, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg – Gumpenstein.
- Selbitz, H.-J. (1988): Die Tularämie – eine Zoonose mit Naturherdcharakter. Mh. Vet.-Med. **43**, 239-241.

- Sixl, W., Docekal, J., Mikulaskova, M., Mikulasek, S. (1994): Zur Frage des Auftretens der Tularämie in Endemiegebieten. Geogr. Med. **10**, 231-238.
- Steineck, T., Onderschecka, K. (1991): Wildkrankheiten sicher erkennen. Tularämie (Nagerpest, Hasenpest). Österreichs Weidwerk Heft 11, 301-306.
- Steineck, T., Hofer, E. (1999): Zum Vorkommen der Tularämie in Österreich. Verh.Ber. Erkr. Zootiere **39.**, 263-269
- Wagner, A. (1948): Über sporadische Tularämiefälle in Wien. Wien. Med. Wschr. **31/32**, 341-342.
- Weber, A. (2003): Francisella tularensis, in Darai, G., Handermann, M., Hinz, E., Sonntag, H.-G. (Hrsg.): Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen, S. 256-259. Springer Verlag Berlin, Heidelberg.
- Weber, A. (2006): Die Tularämie – eine selten diagnostizierte Zoonose? Amtstierärztl. Dienst u. Lebensmittelkontrolle **13**, 30-34.
- Winkelmayer, R., Vodnansky, M., Paulsen, P., Gansterer, A., Tremel, F. (2005): Explorative study on the seroprevalence of Brucella-, Francisella-, and Leptospira antibodies in the European hare (*Lepus europaeus* Pallas) of Austrian - Czech border region. Vet. Med. Austria **92**, 131 – 135.
- World Health Organisation (2004): Informal discussion on Guidance on tularaemia. Report of a WHO meeting, 1-2 june, Umea, Sweden.
- World Health Organisation (2003): Improving public health preparedness for and response to the threat of epidemics: tularaemia network. Report of a WHO meeting, 14-15 september, Bath, Uni

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung C2-1 Tularämieverdacht, vergleich vergrößerter Hasenmilzen (Mitte und Vordergrund) mit einer normalen Milz (Hintergrund) Quelle: FIWI -----	10
Abbildung C2-2 Globaler Überblick über das Untersuchungsgebiet -----	15
Abbildung C2-3 Politische Bezirke im Untersuchungsgebiet -----	16
Abbildung C2-4 Globaler Überblick über das Untersuchungsgebiet -----	18
Abbildung C2-5 Anzahl der erkrankten Feldhasen in den einzelnen Jahren -----	19
Abbildung C2-6 Lage der Erkrankungsfälle -----	20
Abbildung C2-7 Zusammenhang zwischen Temperatur und Seehöhe im Mai-----	21
Abbildung C2-8 Temperaturregression im Höhenmodell -----	22
Abbildung C2-9 Niederschlagsregression im Höhenmodell -----	23
Abbildung C2-10 Anzahl von Sommertagen aus ÖKLIM -----	24
Abbildung C2-11 Untersuchungsgebiet ALP-Imp -----	24
Abbildung C2-12 Einfache Zuordnung der Wetterstationen in einer Voronoi-Map	25
Abbildung C2-13 Lokale koordinative Verknüpfung-----	25
Abbildung C2-14 Lokale koordinative Verknüpfung-----	26
Abbildung C2-15 Parameter und deren Kombinationen-----	27
Abbildung C2-16 Klimaerwärmung nach Kromp-Kolb & Formayer -----	29
Abbildung C2-17 Faktorenauswahl der Analyse -----	30
Abbildung C2-18 Wintertemperaturen in Österreich -----	32
Abbildung C2-19 Monatsmittelwerte Jänner ÖKLIM-----	33
Abbildung C2-20 Monatsmittelwerte der Maitemperaturen in Österreich -----	33
Abbildung C2-21 Wintertemperaturen im Untersuchungsgebiet-----	34

Abbildung C2-22 Monatsmittelwerte Mai der Temperatur im Untersuchungsgebiet	35
Abbildung C2-23 Jahresniederschlagssumme im Untersuchungsgebiet -----	36
Abbildung C2-24 Sommerniederschläge im Untersuchungsgebiet -----	37
Abbildung C2-25 Grenzwerte der Tularämie im Überblick -----	38
Abbildung C2-26 Ausbreitung der Tularämie nach einer Klimaerwärmung von 2-4° Celsius -----	39