

Institut für veterinärmedizinische Untersuchungen Mödling¹, 2340 Mödling, Abteilung Statistik und analytische Epidemiologie², 8010 Graz, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)

Serologisches Leptospiren-Antikörper Screening bei Rindern aus Niederösterreich und Vorarlberg

E. Fasching¹, S. Kuchling² und K. Waldner^{1*}

Eingelangt am 27. November 2025

Angenommen am 24. März 2026

Veröffentlicht am 22. Mai 2026

Schlüsselwörter: Leptospiren, Rind, Österreich, Mikroagglutinationstest, Prävalenz, Risikofaktoren.

Keywords: *Leptospira*, cattle, Austria, Microscopic Agglutination Test, prevalence, risk factors.

Zusammenfassung

Die Leptospirose ist eine weltweit verbreitete Zoonose, die bei Rindern Reproduktionsstörungen verursachen und dadurch zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten sowie beim Menschen zu schweren Erkrankungen führen kann. Für Österreich liegen bislang wenige Ergebnisse von systematischen Untersuchungen zur Seroprävalenz bei Rindern vor. Ziel dieser Studie war die Bestimmung der Prävalenz von Leptospiren-Antikörpern bei Rindern aus Niederösterreich und Vorarlberg sowie die Identifikation potenzieller Risikofaktoren für Kontakt mit dem Erreger. Insgesamt wurden 2.339 Serumproben von Rindern aus den Jahren 2020 und 2021 aus Niederösterreich und Vorarlberg mittels Mikroagglutinationstest (MAT) auf Antikörper gegen acht Serovare untersucht. Die geschätzte tatsächliche Gesamtprävalenz betrug im Mittel in Niederösterreich 4,8 % (95 %-Konfidenzintervall [0,3–11,1]) und in Vorarlberg 63,6 % (95 %-Konfidenzintervall [52,3–76,1]). In Vorarlberg zeigten sich für die Serovare Hardjo, Saxkoebing

Summary

Serological Survey of *Leptospira* Antibodies in Cattle from Lower Austria and Vorarlberg

Introduction

Leptospirosis is a globally distributed zoonotic disease caused by pathogenic *Leptospira* species, which can infect a wide range of mammals, including humans. Transmission occurs primarily through contact with urine from infected animals. In cattle, leptospirosis leads to significant economic losses due to reproductive disorders such as abortions, stillbirths, birth of weak calves, and reduced milk yield.

For Austria, there are so far hardly any comprehensive data from systematic studies on the seroprevalence in cattle.

Environmental factors, including climate change and management practices like pasture grazing, may influence pathogen survival and transmission dynamics. Collecting prevalence data is essential to improve diagnostic strategies, monitor herd health, and reduce zoonotic risk. This study aims to determine the seroprevalence of *Leptospira*

antibodies in cattle from Lower Austria and Vorarlberg and to identify potential risk factors associated with infection in these regions.

Materials and Methods

Serum samples from cattle in Lower Austria and Vorarlberg were analysed using the MAT according to the WOAHP guidelines. The analysis panel contained the following *Leptospira* serovars: Australis, Canicola, Grippotyphosa, Copenhageni, Pomona, Hardjo, Saxkoebing and Tarassovi. Farm-level data (herd size, alpine grazing history, age, season, sampling year) were obtained from the Austrian VIS database. Statistical analyses were conducted in R using Bayesian models to estimate true prevalence (accounting for test sensitivity and specificity) and GEE modeling to identify risk factors.

Results

A total of 2,339 cattle serum samples were analysed. In Lower Austria, an estimated mean true seroprevalence of 4.8 % (95 % CI: 0.3–11.1) was detected. The most frequent serovars were Saxkoebing and Hardjo. In Vorarlberg the estimated mean true seroprevalence

*E-Mail: Karoline.Waldner@ages.at

und Tarassovi die höchsten Prävalenzen, während die Untersuchung auf Antikörper gegen die Serovare Canicola und Pomona in beiden Regionen zu keinen relevanten Befunden führten. GEE-Modellierungen identifizierten Alpengrazung, Betriebsgröße und kategoriales Alter als signifikante Einflussfaktoren für positive Leptospiren-Antikörper-Nachweise; wohingegen die Parameter Standort der Rinder bei Probenahme, Betriebstyp, numerisches Alter, Saisonen und Jahr der Probenahme keinen erkennbaren Effekt zeigten. Die Ergebnisse verdeutlichen eine ausgeprägte regionale Heterogenität des Leptospiren-Vorkommens und unterstreichen die Notwendigkeit einer laufenden Überwachung sowie eines One-Health-Ansatzes zur Kontrolle dieser zoonotischen Infektion.

Abkürzungen: AGES = Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit; BH = Bezirkshauptmannschaft; CI = Confidence interval; EMJH = Elinghausen-McCullough-Johnson-Harris; GEE = Generalized Estimating Equations; IVET-MOE = Institut für veterinärmedizinische Untersuchungen in Mödling; KI = Konfidenzintervall; LFBIS = Land- und forstwirtschaftliches Betriebsinformationssystem; MAT = Mikroagglutinationstest; QIC = Quasi Information Criterion; VIS = Verbrauchergesundheitsinformationssystem; WOA = World Organisation for Animal Health

■ Einleitung

Leptospiren sind gramnegative, spiralig gewundene Bakterien aus der Ordnung der Spirochäten, die bei zahlreichen Säugetierarten, einschließlich des Menschen, die Infektionskrankheit Leptospirose verursachen. Pathogene Stämme können als Zoonose von Tieren auf den Menschen übertragen werden und ein breites Spektrum an klinischen Anzeichen hervorrufen – von milden Symptomen wie Fieber und Kopfschmerzen bis hin zu schweren Verläufen mit Leber- und Nierenversagen (Levett 2001). Hauptreservoir sind Nagetiere, insbesondere Feldmäuse und Ratten, aber auch landwirtschaftliche Nutztiere (Bharti et al. 2003; Desai et al. 2009; Hoenigl et al. 2014). Diese scheiden den Erreger über den Urin aus und kontaminieren so die Umwelt.

Bei Rindern führt eine Infektion mit Leptospiren zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten, vor allem durch Reproduktionsstörungen wie Aborte, Totgeburten, die Geburt lebensschwacher Kälber sowie eine reduzierte Milchleistung (Faine et al. 1999; Ellis 2015; Sohm et al. 2023; Carvalho et al. 2024). Eine Untersuchung in Niederösterreich, in deren Rahmen das erste österreichische *Leptospira*-Isolat gewonnen und genotypisiert werden konnte, weist auf eine geringe 1,2 %ige Prävalenz von Leptospiren-Nachweisen bei gezielt beprobten klinisch auffälligen Rindern basierend auf PCR-Ergebnissen hin. Eine retrospektive Abfrage von Ergebnissen aus der Labordatenbank der AGES aus den Jahren 2015 bis 2021 zeigte eine Leptospiren-Seroprävalenz von 5,2 % (95 %-Konfidenzintervall: 4,8–5,7 %) bei Rindern aus Österreich (Sohm et al. 2024). Im benachbarten Südbayern wurde eine vergleichbare geschätzte Herdenprävalenz von 5,86 % (95 %-Konfidenzintervall: 4,10–8,56 %) festgestellt.

was 63.6 % (95 % CI: 52.3–76.1), with Serovars Saxkoebing, Hardjo, and Tarassovi prevailing. GEE modeling identified alpine grazing, herd size and age category as significant risk factors for seropositivity.

Conclusion

This study reveals marked regional differences in *Leptospira* antibody prevalence in Austrian cattle, with significantly higher rates in Vorarlberg compared to Lower Austria. Key risk factors include alpine grazing, herd size, and age. These findings highlight the need for targeted surveillance and integrated One Health strategies to mitigate zoonotic risks.

Es zeigte sich eine regionale Häufung von Serovar Hardjo Verdachtsherden, die für ein heterogenes Infektionsgeschehen mit regionalen „Hotspots“ spricht (Schmid 2005).

Humanmedizinische Daten lassen auf einen Anstieg der Leptospirose-Infektionen in Österreich schließen: Während im Jahr 2000 eine Seroprävalenz von 0–10 % berichtet wurde, stieg dieser Wert bis 2009 auf bis zu 29 % (Deutz et al. 2003; Poepl et al. 2013). Auch in Deutschland zeigen Surveillance-Daten von 1998 bis 2003 einen vergleichbaren Trend (Jansen et al. 2005).

Die Überlebensfähigkeit von Leptospiren in der Umwelt nach Ausscheidung durch den Wirt hängt maßgeblich von den Umweltbedingungen ab. Feucht-warme Bedingungen begünstigen die Persistenz infektiöser Erreger außerhalb des Wirts, weshalb Leptospirose vor allem in tropischen Regionen eine hohe Bedeutung hat (Lau et al. 2010; Tekemen et al. 2020). In gemäßigten Breiten können klimawandelbedingte Faktoren wie steigende Temperaturen, vermehrte Starkregenereignisse und Hochwasser die Übertragungswahrscheinlichkeit erhöhen (APCC 2025). Zudem kann die zunehmende Entwicklung Richtung Freilaufhaltung von Nutztieren dazu führen, dass Leptospiren bei Starkregen von Weideflächen in Oberflächengewässer gelangen (Radl et al. 2011; Filazzola et al. 2020). Für die Zukunft ist – neben klimatischen Veränderungen – aufgrund Populationsdynamiken krankheitsübertragender Nagetiere, des Wiederauftretens der Leptospirose beim Hund sowie einer erhöhten Reisetätigkeit in Endemiegebiete mit einer Zunahme der Leptospirose beim Menschen zu rechnen (Major et al. 2014; Nau et al. 2019; Desvars-Larrive et al. 2020; Imholt & Jacob 2021).

Neben ihrer phylogenetischen Klassifikation in pathogene, intermediäre und saprophytische Stämme werden Leptospiren auch anhand ihrer Oberflächenstruktur in Serovare und Serogruppen eingeteilt. Die serologische Diagnostik basiert auf dieser Einteilung und erfolgt üblicherweise mittels Mikroagglutinationstest (MAT), einer etablierten Methode zur Erkennung und Überwachung von Leptospiren-Infektionen (Vincent et al. 2019; World Organisation for Animal Health (WOAH) 2021). Dabei werden die zu untersuchenden Seren mit Panels aus verschiedenen *Leptospira*-Serovaren getestet, die nach epidemiologischen Kriterien zusammengestellt werden. Der MAT zeichnet sich durch eine hohe Spezifität aus, während die Sensitivität je nach untersuchtem Serovar, Studie und gewähltem Cut-off beträchtlich variieren kann. Bedingt durch diese Methodenkriterien können auch niedrige Titer, d.h. unterhalb des üblichen Cut-offs von 1:100, auf eine vorangegangene Exposition gegenüber Leptospiren hinweisen.

Um eine optimale Test-Sensitivität zu erreichen, wird von der WOAH empfohlen, regional vorkommende Serovare in das Testpanel einzubeziehen. Die in Europa am häufigsten nachgewiesenen Serogruppen sind Sejroe, Australis, Grippotyphosa, Icterohaemorrhagiae und Pomona (Goris et al. 2013; Sohm et al. 2023; WOAH 2021).

Um die Gesundheit der Tierbestände zu überwachen, Infektionsdynamiken abschätzen zu können, das Risiko einer Übertragung auf den Menschen zu minimieren sowie die Leptospirose-Diagnostik für Mensch und Tier in Österreich zu verbessern, ist es von großer Bedeutung, Daten zum Vorkommen der Leptospirose zu sammeln. Aufbauend auf den zuvor erwähnten Erkenntnissen von Sohm et al. (2024), zielt diese Studie darauf ab, die Prävalenz von Leptospiren-Antikörpern in einer zufälligen Stichprobe von klinisch unauffälligen Rindern aus Betrieben in Niederösterreich und Vorarlberg zu bestimmen und mögliche Risikofaktoren für die Expositionswahrscheinlichkeit zu identifizieren, die mit der Infektion in diesen Regionen verbunden sind.

Material und Methoden

Probenauswahl

Die Datenerhebung und Analyse erfolgte im Rahmen einer Masterarbeit (Fasching 2025) und wurde im Rahmen eines Projekts vom Verein BIOS Science Austria finanziert. Die untersuchten Serumproben von Rindern aus Niederösterreich und Vorarlberg stammen aus dem serologischen Screening-Archiv der AGES aus den Jahren 2020 und 2021. Auf Basis einer für Niederösterreich mittels Poweranalyse (Stevenson 2021) berechneten Stichprobengröße von 2.000 Proben wurde die Anzahl der aus dem serologischen Archiv untersuchten Proben entsprechend angepasst. Dazu wurde die Zahl der

Proben pro Betrieb auf maximal vier begrenzt, sodass alle Betriebe in die Untersuchung einbezogen werden konnten. Mit der angenommenen Prävalenz von 0,1 % (konservative Schätzung) wird eine Schätzung erreicht, die mit einer Konfidenz von 95 % höchstens 0,436 Prozentpunkte abweicht. Aus Vorarlberg wurden alle Archivproben aus den beiden Jahren in die Analyse miteinbezogen. Die finale Untersuchungsanzahl betrug 2.339 Proben. Die Anzahl der Proben pro Jahr (2020, 2021) und Bundesland ist der Tab. 1 zu entnehmen. Die Anzahl der beprobten Rinder auf Gemeindeebene ist für Niederösterreich in Abb. 1 und für Vorarlberg in Abb. 2 dargestellt. Alle Proben stammen von klinisch unauffälligen Rindern. Ein direkter Vergleich der beiden Jahre ist möglich, da die Anzahl der Proben gleichmäßig aus den zwei Jahren der Untersuchungsperiode gewählt wurde. Die Auswahl der zwei Bundesländer erfolgte aufgrund der unterschiedlichen Rinderhaltungsart im Sommer (Alpung) und der Größe der Betriebe, um mögliche Unterschiede diesbezüglich herausarbeiten zu können.

Mikroagglutinationstest (MAT)

Als Kultivierungsnährmedium für Leptospiren wurde das EMJH-Medium (Ellinghausen-McCullough-Johnson-Harris) entsprechend den Angaben im Leptospirose Kapitel des WOAH-Manuals verwendet (WOAH 2021).

Insgesamt wurden Reinkulturen von acht Leptospirenstämmen, die für die Routinediagnostik von Rindern verwendet werden, für die Untersuchung am Institut für veterinärmedizinische Untersuchungen in Mödling (AGES, IVET-MOE) herangezogen. Alle Serovare stammen aus dem WOAH-Referenzlabor für Leptospirose in den Niederlanden (Amsterdam UMC University Medical Center), können in sieben verschiedenen Serogruppen klassifiziert werden und sind phylogenetisch drei unterschiedlichen Leptospirenspezies zuzuordnen (siehe Tab. 2).

Tab. 1: Anzahl der untersuchten Rinderserumproben pro Jahr und Bundesland / Number of tested bovine serum samples per year and federal state in Austria

Bundesland	Jahr	Probenanzahl
Niederösterreich	2020	923
Niederösterreich	2021	925
Vorarlberg	2020	240
Vorarlberg	2021	251

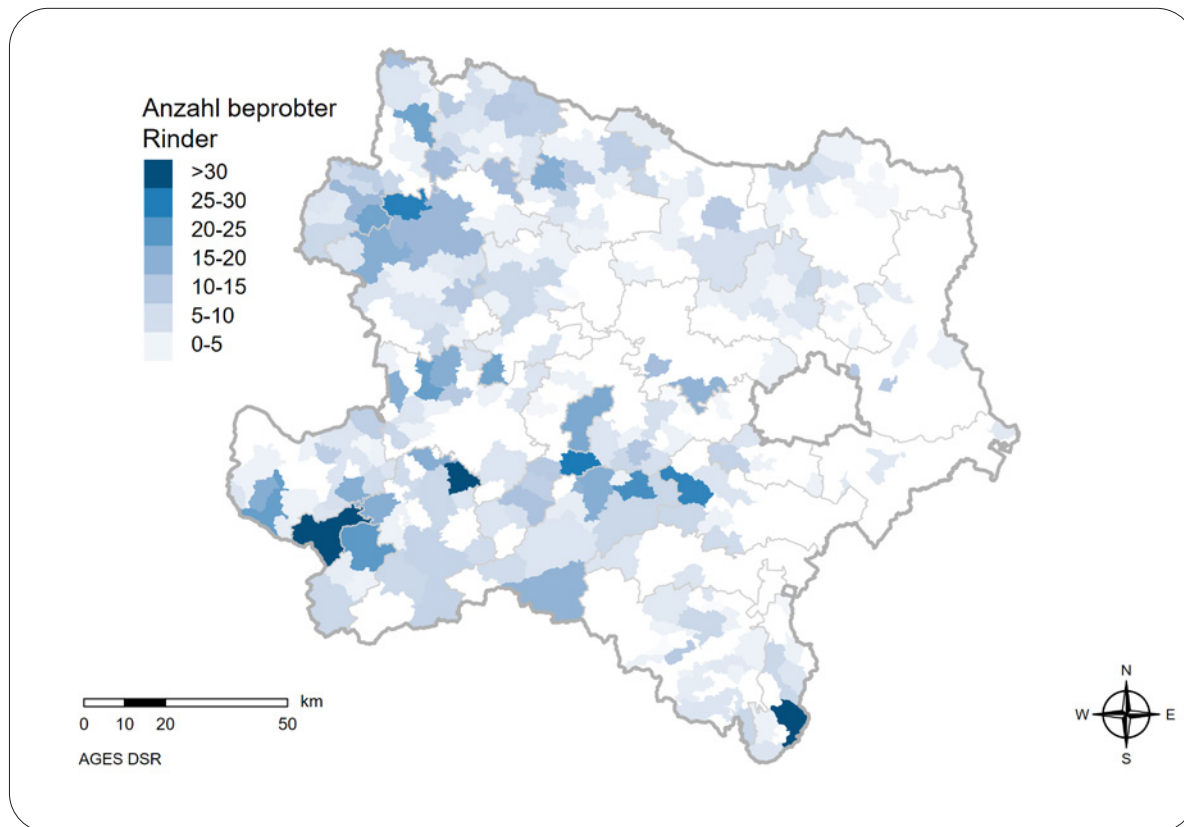


Abb. 1: Grafische Darstellung der Anzahl der beprobten Rinder auf Gemeindeebene aus Niederösterreich / Graphical representation of the number of sampled cattle at the municipal level of Lower Austria

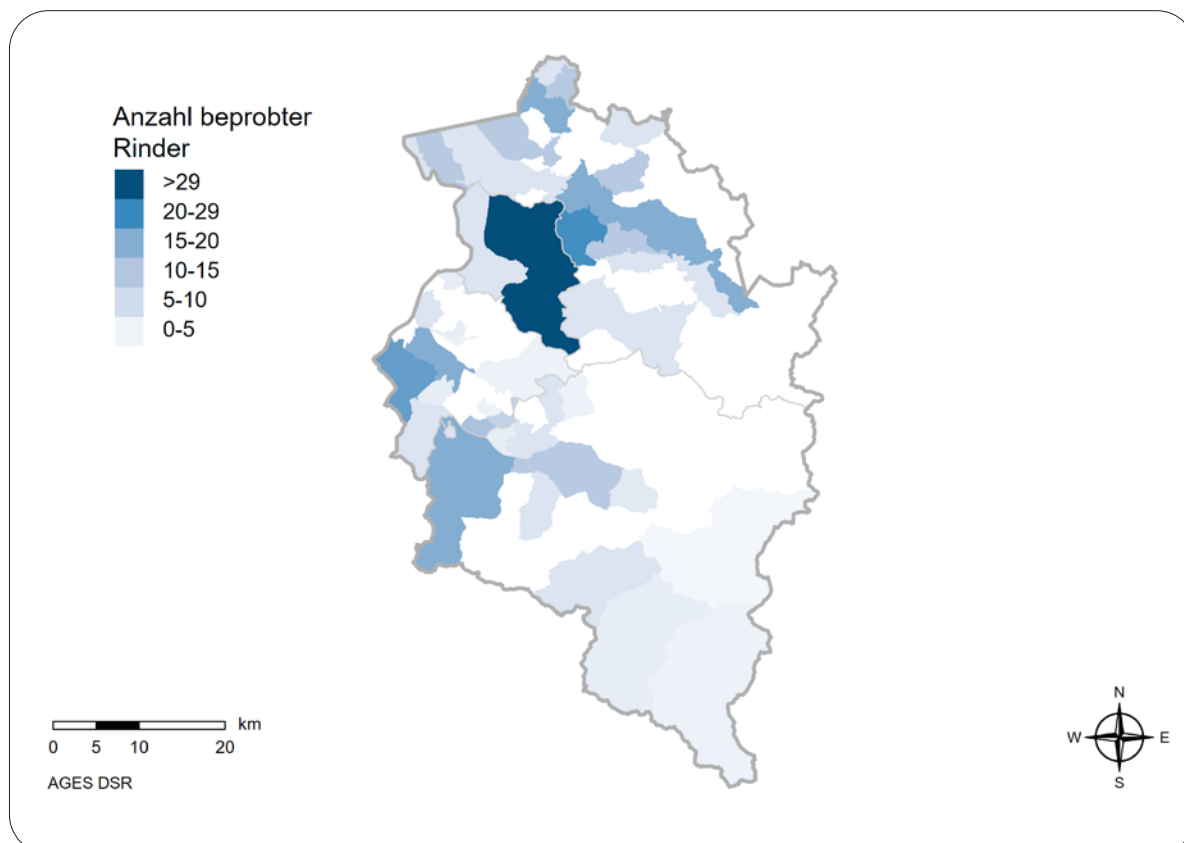


Abb. 2: Grafische Darstellung der Anzahl der beprobten Rinder auf Gemeindeebene aus Vorarlberg / Graphical representation of the number of sampled cattle at the municipal level of Vorarlberg

Tab. 2: Untersuchungspanel für den Mikroagglutinationstest (MAT) bestehend aus acht *Leptospirens* serovaren mit Zuordnung zu Serogruppe, Spezies und Stamm. / Panel for the microscopic agglutination test (MAT) consisting of eight *Leptospira* serovars with assignment to serogroup, species, and strain.

Serovar	Serogruppe	Spezies	Stamm
Australis	Australis	<i>L. interrogans</i>	Ballico
Canicola	Canicola	<i>L. interrogans</i>	Hond Utrecht
Grippotyphosa	Grippotyphosa	<i>L. kirschneri</i>	Moskva V
Copenhageni	Icterohaemorrhagiae	<i>L. interrogans</i>	M20
Pomona	Pomona	<i>L. interrogans</i>	Pomona
Hardjo	Sejroe	<i>L. interrogans</i>	Hardjoprajitno
Saxkoebing	Sejroe	<i>L. interrogans</i>	Mus 24
Tarassovi	Tarassovi	<i>L. borgpetersenii</i>	Perepelitsin

Tab. 3: Beurteilungsschema für die Ergebnisse des Mikroagglutinationstests (MAT) / Evaluation scheme for results of the microscopic agglutination test (MAT)

Beurteilung	Bewertung	Erklärung
Negativ	<1:100	mehr als 50 % der zugegebenen Leptospiren noch frei beweglich (Abb. 3A)
Positiv	≥1:100	weniger als 50 % der zugegebenen Leptospiren in der Verdünnung 1:100 frei beweglich; entspricht Titer von ≥1:100 (Abb. 3B)
	≥1:400	weniger als 50 % der zugegebenen Leptospiren in der Verdünnung 1:400 frei beweglich; entspricht Titer von ≥1:400
Nicht auswertbar	NA	—

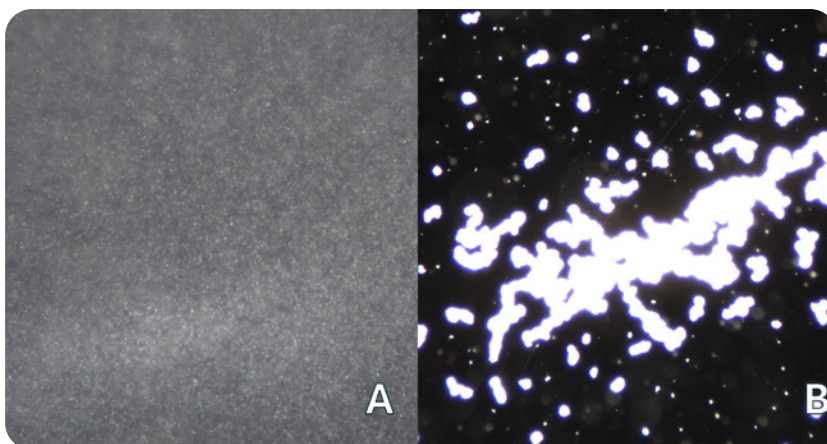


Abb. 3: A: Beispielfoto einer negativen Probe. B: Beispielfoto einer positiven Probe: Sichtbare Agglutinatbildung zeigt die Reaktion zwischen Antikörper und Antigen. Im Hintergrund sind keine beweglichen *Leptospiren* sichtbar. / A: Representative image of a negative sample. B: Representative image of a positive sample. Visible agglutinates indicate reaction between antibody and antigen. No motile *Leptospira* are visible in the background.

Der MAT wurde entsprechend den Vorgaben im Kapitel für Leptospirose im WOA-Handbuch durchgeführt. Alle Proben wurden in einer Endverdünnung von 1:100 in einer 96-Well Mikrotiterplatte untersucht. Ein Titer von $\geq 1:100$ wurde als positives Ergebnis gewertet. Die Auswertung wurde, nach einer Inkubationszeit von zwei Stunden bei $30 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$, bei 40-facher bzw. 100-facher Vergrößerung mittels Dunkelfeldmikroskop (Nikon Eclipse Ni-U, Tokyo Japan) durchgeführt, wobei der relative Anteil an frei beweglichen Leptospiren im Hintergrund beurteilt wurde. Bei einer positiven Reaktion agglutinieren die Antikörper der Probe mit den Leptospirenantigenen und bilden leuchtende Agglutinate (siehe Abbildung 3). Die Beurteilung der Proben wurde entsprechend Tabelle 3 durchgeführt. Proben, die in der 1:100 Verdünnung ein positives Ergebnis zeigten, wurden auf die entsprechenden Serovare erneut in einer Endverdünnung von 1:400 mit diesem Verfahren getestet. Es wurde beschrieben, dass Titer $\geq 1:400$ auf kürzlichen Kontakt mit Leptospiren hinweisen und eventuell mit klinischen Symptomen von Leptospirose einhergehen können (Faine et al. 1999).

Statistik

Die Tier- und Betriebsdaten wie Alter, LFBIS-Nummer (Land- und forstwirtschaftliches Betriebsinformationssystem), Bezirkshauptmannschafts (BH)- und Bundesländerzuordnung, Bestandsgröße der Betriebe als Durchschnittswert über die Quartale im Zeitraum 01.12.2019 bis 15.01.2022 und die etwaige Alpengänge der Tiere innerhalb der zwei Jahre vor dem jeweiligen Probenahmedatum wurden aus dem VIS (Verbrauchergesundheitsinformationssystem) übernommen.

Die Berechnungen wurden mit der Statistiksoftware R (R Core Team 2023) unter Verwendung der Packages prevalence (Devleesschauer et al. 2022), rjags (Plummer 2023a) und der Software JAGS (Plummer 2023b) durchgeführt. Die Modellierung erfolgte mit dem R package „geepack“ (Yan 2002; Yan & Fine 2004; Højsgaard et al. 2006).

Tatsächliche Prävalenz (true prevalence)

Für die Berechnung der tatsächlichen Prävalenz (true prevalence) wurde zunächst die beobachtete Prävalenz (apparent prevalence) ermittelt. Die beobachtete Prävalenz ist der prozentuelle Anteil der positiven Proben an den untersuchten Proben. Die beobachtete Prävalenz entspricht der tatsächlichen Prävalenz unter der Annahme eines perfekten Tests (Sensitivität=Spezifität=1) (Dohoo et al. 2003). Die Konfidenzintervalle wurden für das Konfidenzniveau $\alpha=0,05$ nach Blaker (2000) ermittelt.

Da man aber von einem nicht perfekten Test ausgehen muss, wurde für die tatsächliche Prävalenz ein Bayes-Ansatz mit Beta-Verteilung für Sensitivität (Se) und Spezifität (Sp) gewählt. Eine Test-Sensitivität von 87,7 % mit 95 % KI und eine Spezifität von 90,5 % mit 95 % KI wurde angenommen (Goris et al. 2013).

Dazu wurden die erforderlichen Verteilungsparameter aus dem Vorwissen (siehe Sensitivitäts-/Spezifitätsangaben) geschätzt. Diese ($\hat{\alpha}Se, \hat{\beta}Se, \hat{\alpha}Sp, \hat{\beta}Sp$) wurden in weiterer Folge für die Beta-Verteilung von Se/Sp verwendet (Branscum et al. 2005). Für die true prevalence (*prevtrue*) wurde eine uninformative Prior-Verteilung gewählt, womit sich das folgende Gesamtmodell ergab:

$$\begin{aligned}
 prev_{apparent} &= prev_{true}Se + (1 - prev_{true})(1 - Sp) \\
 Se &\sim Beta(\hat{\alpha}Se, \hat{\beta}Se) \\
 Sp &\sim Beta(\hat{\alpha}Sp, \hat{\beta}Sp) \\
 prev_{true} &\sim Beta(1,1)
 \end{aligned}$$

Für die Berechnung der Gesamt-Prävalenz wurde eine Probe als "positiv" bewertet, wenn mindestens ein Serovar als positiv bewertet wurde. Die Gesamtanzahl der berücksichtigten Proben entspricht der Anzahl der Proben, bei denen alle Serovare ausgewertet werden konnten. Nicht auswertbare Proben wurden von der Analyse ausgeschlossen.

Generalized Estimating Equations (GEE)-Modellierung

Auf Grundlage der deskriptiven Analyse wurde pro Bundesland ein statistisches Gesamtmodell der Serovare erstellt, um relevante Einflussfaktoren für das Auftreten von Leptospiren-Antikörpern zu identifizieren.

Für die Zielgröße des Leptospiren-Antikörpernachweises (0/1) wurde ein binomiales GEE-Modell (Generalized Estimating Equations) angepasst, wobei eine „exchangeable correlation structure“ angenommen wurde (Hardin & Hilbe 2006; Zuur et al. 2009). Es wurde angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Leptospiren-Antikörpern bei Tieren aus ein und demselben Betrieb

nicht unabhängig voneinander ist, daher wurde die LFBIS-Nummer als Cluster-Variable berücksichtigt.

Die Modellselektion erfolgte mittels schrittweiser Vorwärtsselektion unter Verwendung des Quasi Information Criterion (QIC) als Modellgüte-Kriterium (Hardin & Hilbe 2006). In jedem Schritt wurde diejenige Variable in das Modell aufgenommen, die die größte Reduktion des QIC bewirkte. Führte die Hinzunahme einer weiteren Variable zu keiner Verbesserung (d. h. Verringerung des QIC), wurde der Selektionsprozess beendet. Niedrigere QIC-Werte indizieren eine höhere Modellgüte.

Alle berücksichtigten Einflussfaktoren für die Modellwahl sind in Tabelle 4 aufgelistet. Der durchschnittliche Rinderbestand wurde standardisiert.

■ Ergebnisse

Ergebnisse für Niederösterreich

Die durchschnittliche niederösterreichische Betriebsgröße betrug in der gegebenen Stichprobe 69 Rinder pro Betrieb. Im Mittel wurden 3,3 Rinder pro Betrieb beprobt (1.848 Proben aus 558 Betrieben). Der größte beprobte Betrieb mit 371 Rindern gehörte zum Einzugsbereich der BH Wiener Neustadt, während der kleinste Betrieb mit rund zwei Rindern aus der BH Gmünd stammte. Das Durchschnittsalter der beprobten niederösterreichischen

Tab. 4: Mögliche Einflussfaktoren auf die Prävalenz von Leptospiren-Antikörper-Nachweisen: GEE-Modellierungen für Niederösterreich und Vorarlberg / Potential risk factors associated with *Leptospira* antibody presence: GEE modelling for Lower Austria and Vorarlberg

Mögliche Einflussfaktoren für die Modellwahl	
Standort der Rinder bei Probenahme (Einzugsgebiet Bezirkshauptmannschaft)	
Durchschnittsrinderbestand	
Betriebstyp	
• Sammelstelle	
• Milchbetrieb	
• Schlachtbetrieb	
Alpung	
Alter numerisch	
Alter kategoriell	≥ 8 Monate bis < 30 Monate ≥ 30 Monate bis < 42 Monate ≥ 42 Monate bis < 54 Monate ≥ 54 Monate
Saison der Probenahme (Herbst/Winter, Winter/Frühling, Sommer)	
Jahr der Probenahme	

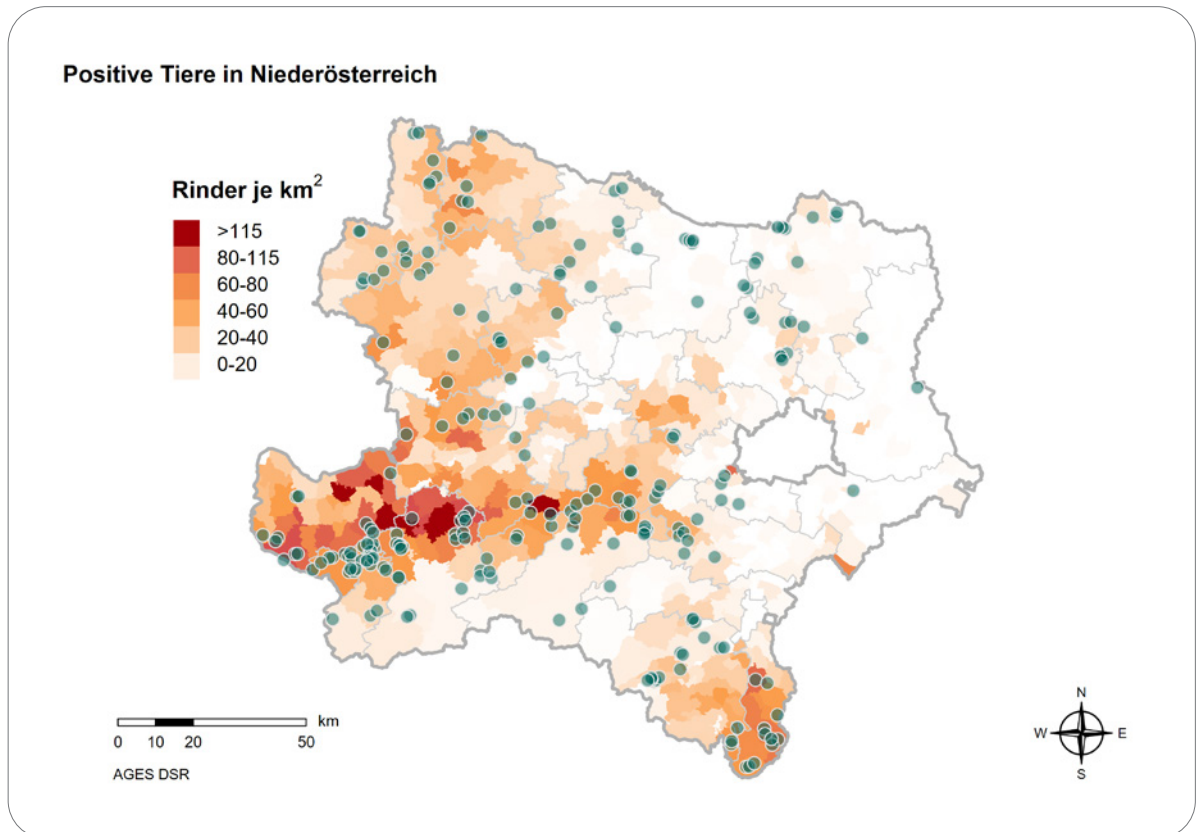


Abb. 4: Grafische Darstellung aller Leptospiren-Antikörper positiver Proben -grüne Punkte- (n=232, aus 173 Betrieben) aus Niederösterreich über der Rinderdichte je km² auf Gemeindeebene / Figure showing all *Leptospira* antibody-positive samples – green dots – (n=232, from 173 farms) from Lower Austria overlaid on cattle density per km² at the municipal level

Rinder lag bei 43 Monaten (entspricht ca. dreieinhalb Jahren), wobei mehr als 75 % der Tiere jünger als 50 Monate (knapp über vier Jahre) alt waren. Laut VIS-Daten wurden 7 % der Rinder (130 Tiere) in den zwei Jahren vor der Probenahme auf Almen verbracht.

Insgesamt reagierten 232 Proben (120 (6,49 %) aus dem Jahr 2020 und 112 (6,06 %) aus dem Jahr 2021) auf ein oder mehrere der acht getesteten Serovare positiv. 49 Proben waren nicht auswertbar, während im Großteil der Proben (87 %) keine Leptospiren Antikörper nachgewiesen werden konnten. Die höchste Anzahl positiver Nachweise mit hohen Titern ($\geq 1:400$) zeigte sich mit 32 der insgesamt 232 positiven Proben bei Serovar Saxkoebing, gefolgt von Serovar Hardjo mit 24 Proben. Die in Abb. 4 dargestellte Karte zeigt eine räumliche Korrelation zwischen hoher Rinderdichte und der Anzahl positiver Proben. Besonders im südwestlichen Teil Niederösterreichs – einschließlich Mostviertel, Waldviertel und dem südlichen Industrieviertel – wurden die meisten positiven Nachweise registriert. Vergleichend mit Abbildung 1 sind aus diesen Gebieten auch die meisten Proben analysiert worden. Im Weinviertel sowie im nördlichen Industrieviertel traten trotz geringer Rinderdichten vereinzelt positive Befunde auf.

Abbildung 5 zeigt die geschätzte tatsächliche Prävalenz in Niederösterreich für die Jahre 2020 und 2021 für die einzelnen Serovare als auch die

Gesamtprävalenz. Die geschätzte Gesamtprävalenz betrug im Mittel 5,1 % (Konfidenzintervall [0,34–11,81]) für das Jahr 2020 und 4,5 % (Konfidenzintervall [0,27–10,49]) für die Proben aus dem Jahr 2021. Es konnte weder zwischen den beiden Probenahmejahren noch zwischen den einzelnen Serovaren ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Für die GEE-Modellierung wurden 1.795 Rinderproben aus Niederösterreich berücksichtigt, da für diese ein vollständiger Datensatz vorlag. Von diesen Proben reagierten 12,9 % positiv und 87,1 % negativ. Für das finale Modell für Niederösterreich konnten der Durchschnittsrinderbestand der Betriebe, Alpung sowie Alter kategoriell (Referenzkategorie 8–30 Monate) als relevante Einflussfaktoren identifiziert werden und diese sind in Abbildung 6 dargestellt. Die in Tabelle 5 dargestellten Ergebnisse zeigen die geschätzten Effekte der Einflussfaktoren auf die Wahrscheinlichkeit eines positiven Leptospiren- Antikörper-Nachweises.

Das Modell schätzt für Rinder mit Alpung eine höhere Prävalenz im Vergleich zu Tieren ohne Alpung. In beiden Szenarien (Alpung vs. keine Alpung) ist die geschätzte Prävalenz jedoch bei Tieren aus größeren Betrieben geringer. Es ist zu berücksichtigen, dass bei der Modellwahl keine Interaktionsterme einbezogen wurden. Das bedeutet, dass das Modell in dieser Form nur einen Bestandsgrößen-Effekt schätzt, der für beide Szenarien in gleicher Weise angewendet wird.

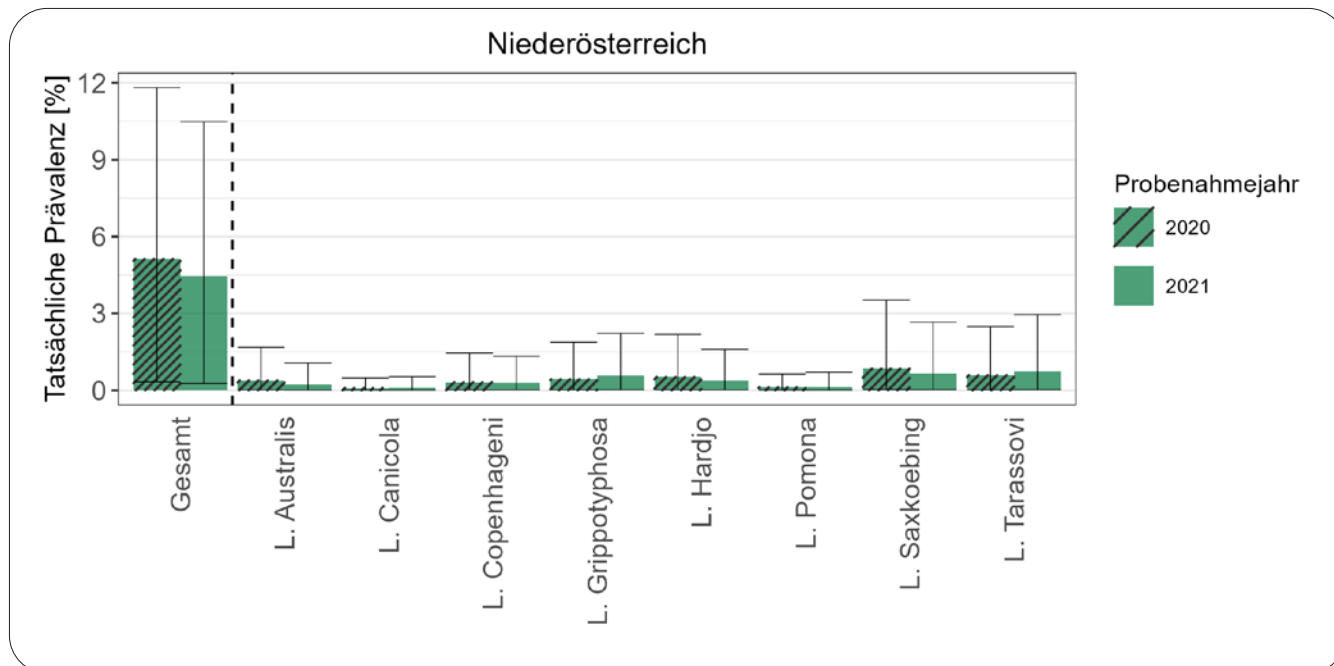


Abb. 5: Geschätzte tatsächliche Leptospiren-Antikörper-Prävalenz bei Rindern in Niederösterreich gesamt und über die einzelnen Serovare aus den Jahren 2020 (grün-schraffierte Balken) und 2021 (grüne Balken) (n=232 positive Proben) / Estimated true prevalence of *Leptospira* antibodies in cattle in Lower Austria overall and by individual serovars for 2020 (green hatched bars) and 2021 (green bars) (n=232 positive samples)

Tab. 5: Geschätzte Effekte der Einflussfaktoren auf die Leptospirose-Expositions wahrscheinlichkeit von Rindern aus Niederösterreich / Estimated impact of risk factors on probability for leptospirosis in cattle from Lower Austria

Einflussfaktor	Kategorie/Wert	Effekt (x)	Faktor (exp(x))	Interpretation	p-Wert
Intercept	Modell-Konstante	-2.59	0.08		<0,001
Alpung (Referenz: Nein)	Ja	0,96	2,61	Gealpte Tiere haben 2,6-fach höhere Wahrscheinlichkeit für positiven Antikörper Nachweis	<0,001
	30–42 Monate	0,57	1,76	Höhere Expositions wahrscheinlichkeit im Vergleich zur Referenzkategorie	0,012
Alter (Referenz: 8–30 Monate)	42–54 Monate	0,89	2,43	Höhere Expositions wahrscheinlichkeit im Vergleich zur Referenzkategorie	<0,001
	>54 Monate	0,80	2,22	Höhere Expositions wahrscheinlichkeit im Vergleich zur Referenzkategorie	<0,001
Bestandsgröße standardisiert		-0,29	0,75	Größere Bestände haben geringere Expositions wahrscheinlichkeit	0,024

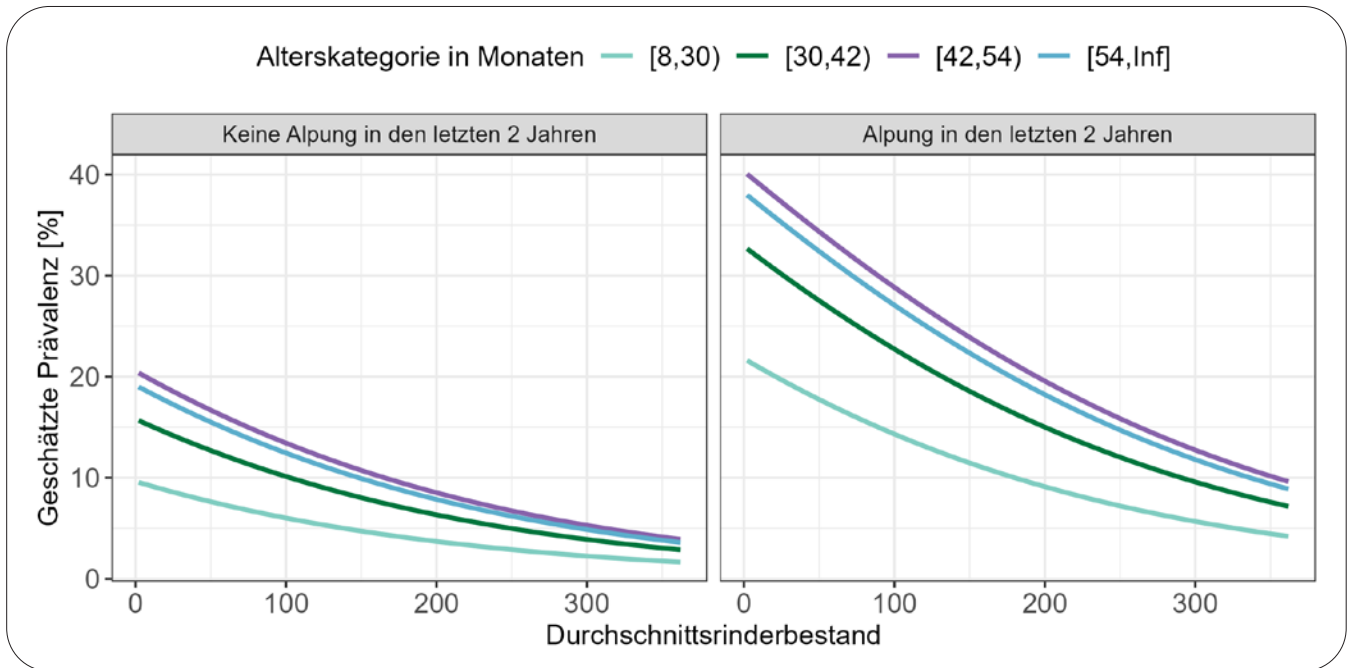


Abb. 6: Modell Niederösterreich. Geschätzte Leptospiren-Antikörper-Prävalenz nach Alterskategorie in Monaten (türkis = Referenzkategorie = [8,30), grün = [30,42), violett = [42,54), blau = [54,217]), dem Durchschnittsrinderbestand und stattgefunderer Alpung in den zwei Jahren vor der Probenahme (ja/nein); Signifikanzniveau 0,05 / Model Lower Austria. Estimated *Leptospira* antibody prevalence by age category in months (turquoise = reference category = [8,30), green = [30,42), violet = [42,54), blue = [54,217]), average herd size, and occurrence of alpine grazing within two years prior to sampling (yes/no); significance level 0.05

Zudem ist zu beachten, dass die Stichprobe nur wenige Tiere aus sehr großen Beständen umfasst. Hinsichtlich des Alters zeigten Tiere im Bereich von 42 bis 54 Monaten die höchste geschätzte Prävalenz, unabhängig von der Betriebsgröße, verglichen mit der Referenzkategorie (8–30 Monate).

Ergebnisse für Vorarlberg

In der vorliegenden Stichprobe betrug die durchschnittliche Betriebsgröße in Vorarlberg 72 Rinder pro Betrieb. Im Mittel wurden 5,5 Tiere je Betrieb beprobt (479 Proben aus 87 Betrieben). Etwa die Hälfte der Proben stammte aus Betrieben im Zuständigkeitsbereich der BH Bregenz. Die durchschnittlich größten Bestände wurden in Betrieben der BH Feldkirch verzeichnet. Der größte beprobte Betrieb mit 273 Rindern sowie der kleinste Betrieb mit rund neun Rindern lagen beide im Bezirk Bludenz.

Das Durchschnittsalter der beprobten Rinder aus Vorarlberg lag bei 45 Monaten (entspricht ca. dreidreiviertel Jahren), wobei mehr als 75 % der Tiere jünger als 50 Monate (knapp über vier Jahre) alt waren. Laut VIS-Daten wurden 80,2 % der Rinder (384 Tiere) in den zwei Jahren vor der Probenahme gealpt. Insgesamt reagierten 281 Proben (146 (30,5 %) aus dem Jahr 2020 und 135 (28,2 %) aus dem Jahr 2021) auf ein oder mehrere der acht getesteten Serovare positiv. Drei Proben waren nicht auswertbar.

Die höchste Anzahl positiver Leptospiren Antikörper Nachweise mit hohen Titern ($\geq 1:400$) zeigte sich mit 108 der insgesamt 281 positiven Proben bei Serovar Saxkoebing, gefolgt von Serovar Hardjo mit 96 Proben und Serovar Tarassovi mit 46 Proben. Keine der 479 Proben reagierte auf die Serovare Canicola und Pomona positiv. Abbildung 7 zeigt einen räumlichen Zusammenhang zwischen Regionen mit hoher Rinderdichte und einer hohen Anzahl positiver Proben besonders im nördlichen Teil Vorarlbergs – speziell in Bregenz. Entlang des Flusses Ill (Zufluss des Rheins) konnten ebenfalls eine Vielzahl an positiven Proben gefunden werden. Vereinzelt wurden positive Befunde in Gebieten mit geringer Rinderdichte im Südosten von Bludenz festgestellt. Die Bezirke Bludenz und Feldkirch weisen eine ähnliche Häufigkeit positiver Testergebnisse auf, wohingegen Dornbirn die niedrigste Anzahl an positiven Befunden innerhalb der analysierten Stichprobe zeigte. Dies ist jedoch vor dem Hintergrund einer deutlich geringeren Probenzahl zu interpretieren. Vergleichend mit Abbildung 2 fällt auf, dass in der Gemeinde Dornbirn verhältnismäßig viele Rinder beprobt worden sind, obwohl die Rinderdichte dort im unteren bis mittleren Bereich lag.

Abbildung 8 zeigt die geschätzte tatsächliche Prävalenz in Vorarlberg für die Jahre 2020 und 2021 für die einzelnen Serovare als auch die Gesamtprävalenz. Die geschätzte Gesamtprävalenz betrug im Mittel 66,7 % (Konfidenzintervall [55,7–79,4]) für das Jahr 2020 und 60,4 % (Konfidenzintervall [49,0–72,9]) für die

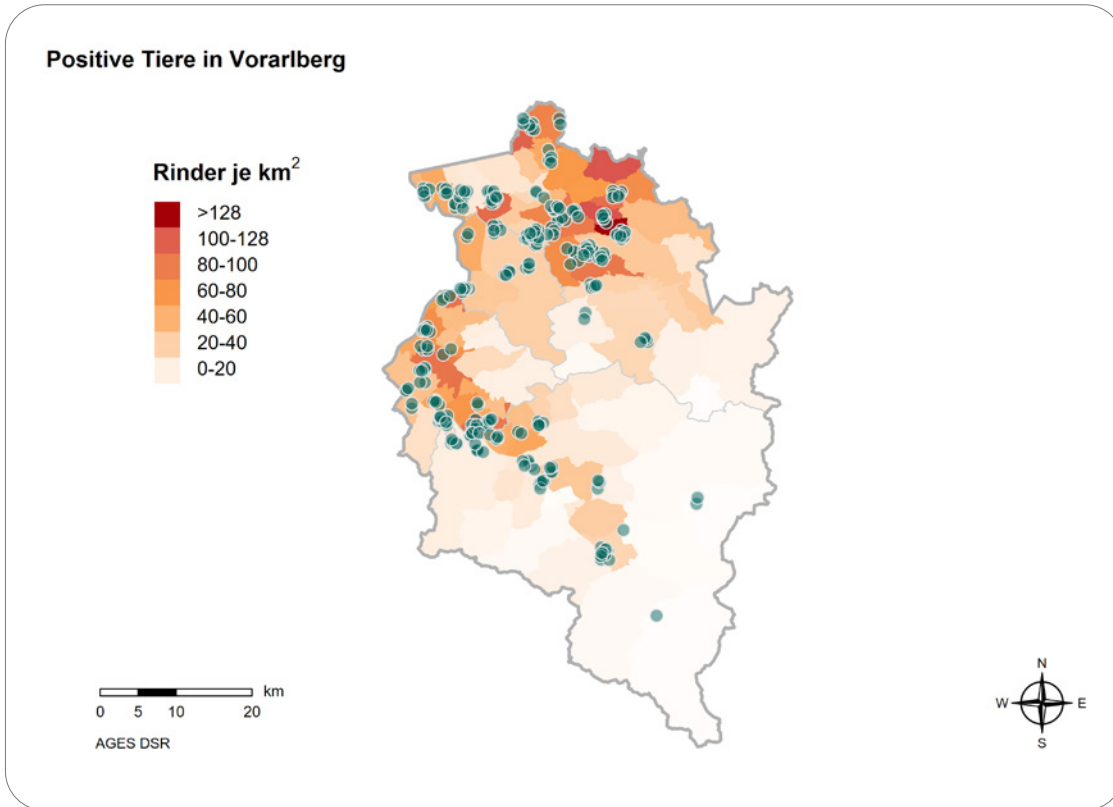


Abb. 7: Grafische Darstellung aller Leptospiren-Antikörper positiver Proben - grüne Punkte - (n=281, aus 72 Betrieben) aus Vorarlberg über der Rinderdichte je km² auf Gemeindeebene / Figure showing all *Leptospira* antibody-positive samples – green dots – (n=281, from 72 farms) from Vorarlberg overlaid on cattle density per km² at the municipal level

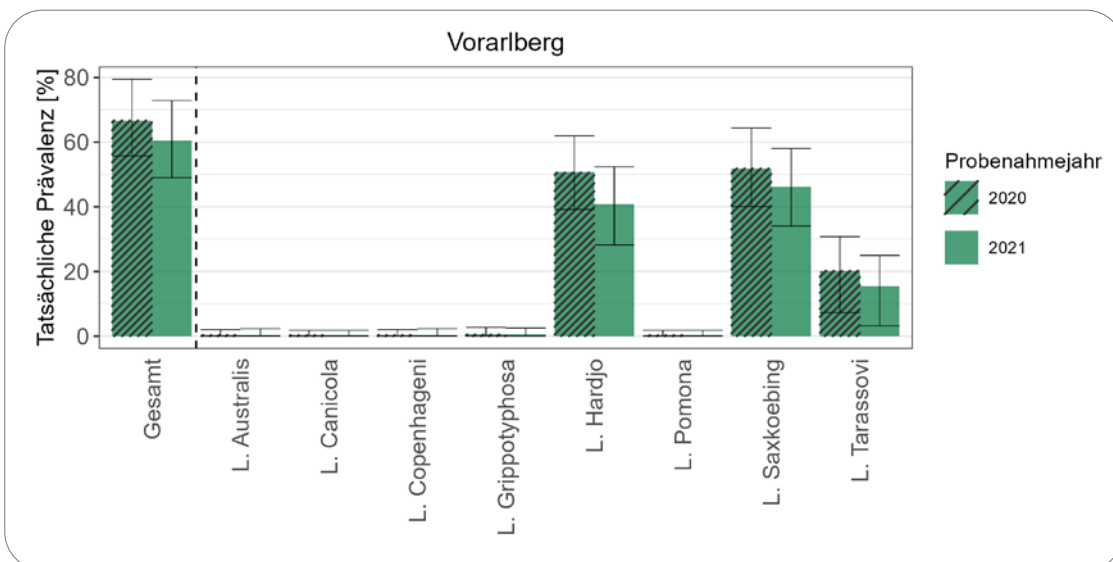


Abb. 8: Geschätzte tatsächliche Leptospiren-Antikörper-Prävalenz bei Rindern in Vorarlberg gesamt und über die einzelnen Serovare aus den Jahren 2020 (grün-schraffierte Balken) und 2021 (grüne Balken) (n=281 positive Proben) / Estimated true prevalence of *Leptospira* antibodies in cattle in Vorarlberg overall and by individual serovars for 2020 (green hatched bars) and 2021 (green bars) (n=281 positive samples)

Proben aus dem Jahr 2021. Es konnten weder bei der Gesamtprävalenz noch bei den Prävalenzen der einzelnen Serovare jahresbedingte Unterschiede festgestellt werden. Zwischen den drei Serovaren mit den höchsten Prävalenzen (Saxkoebing, Hardjo und Tarassovi) und

den übrigen fünf Serovaren gab es jedoch signifikante Unterschiede.

Für die GEE-Modellierung wurden 476 Rinderproben aus Vorarlberg mit vollständiger Datengrundlage berücksichtigt, von denen 59 % in mindestens einem

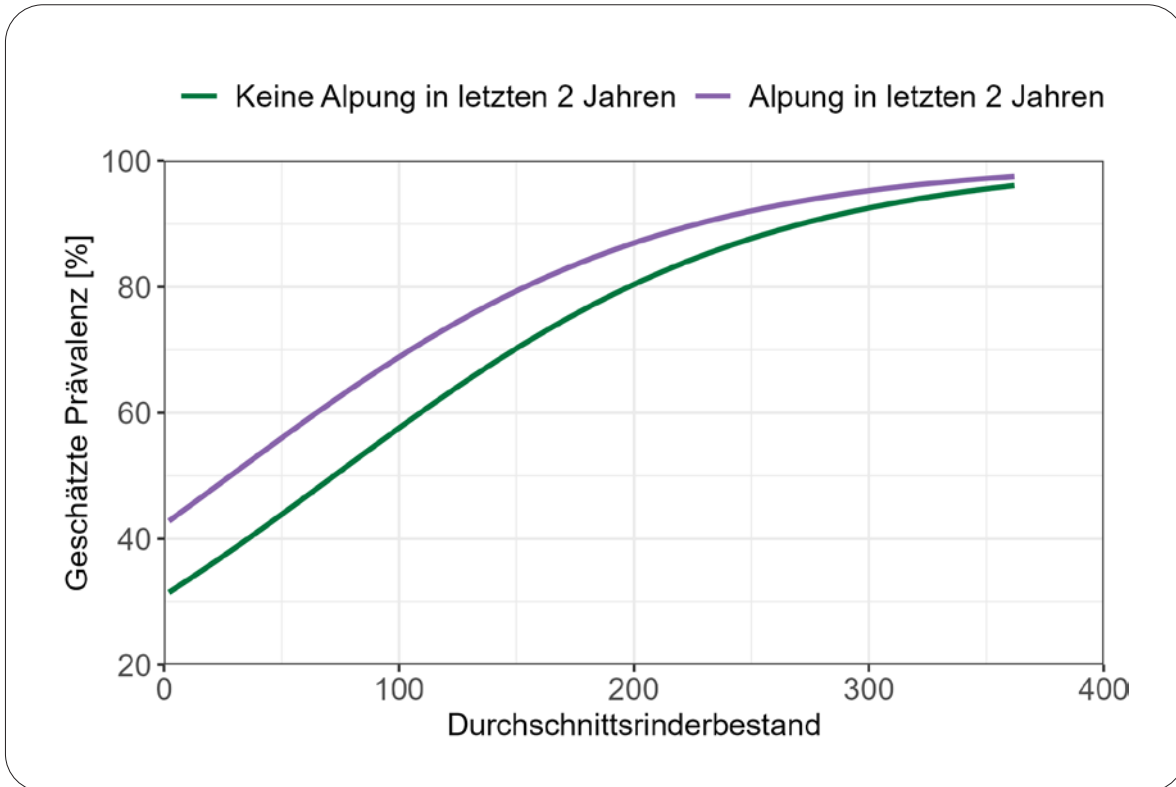


Abb. 9: Modell Vorarlberg. Geschätzte Leptospiren-Antikörper-Prävalenz nach Durchschnittsrinderbestand und stattgefunderer Alpung in den zwei Jahren vor der Probenahme (ja = violett /nein = grün); Signifikanzniveau 0,1 / Model Vorarlberg. Estimated *Leptospira* antibody prevalence by average herd size and alpine grazing within two years prior to sampling (yes = violet / no = green); significance level 0.1

Tab. 6: Geschätzte Effekte der Einflussfaktoren auf die Leptospirose-Expositions Wahrscheinlichkeit von Rindern aus Vorarlberg / Estimated impact of risk factors on probability for Leptospirosis in cattle from Vorarlberg

Einflussfaktor	Kategorie	Effekt (x)	Faktor (exp(x))	Interpretation	p-Wert
Intercept	Modell-Konstante	-0,03	0,97		0,899
Alpung (Referenz: Nein)	Ja	0,49	1,63	Gealpte Tiere haben eine 63 %ig höhere Wahrscheinlichkeit für positiven Nachweis	0,046
Bestandsgröße standardisiert		0,63	1,88	Größere Bestände haben höhere Expositions Wahrscheinlichkeit	0,001

Serovar positiv und 41 % bei allen Serovaren negativ getestet wurden. Das Modell für Vorarlberg zeigte, dass der Durchschnittsrinderbestand des Betriebes und die Alpung in der gegebenen Stichprobe Einflussfaktoren für die Expositions Wahrscheinlichkeit darstellen. Die in Tabelle 6 dargestellten Ergebnisse zeigen die geschätzten Effekte der Einflussfaktoren samt Interpretation und in Abbildung 9 ist dieser Zusammenhang grafisch dargestellt. Tiere mit einer Almverbringung in den letzten zwei Jahren vor dem Probenahmedatum hatten eine

höhere Expositions Wahrscheinlichkeit als nicht gealpte Tiere. Je höher der Durchschnittsrinderbestand war, desto höher war die erwartete Wahrscheinlichkeit für einen positiven Leptospiren-Antikörper-Nachweis. Dies gilt gleichermaßen für gealpte als auch für nicht gealpte Tiere, da im Modell keine Interaktionen berücksichtigt wurden.

In Tabelle 7 sind die wichtigsten Ergebnisse für Niederösterreich und Vorarlberg zusammengefasst und gegenübergestellt.

Tab. 7: Ergebniszusammenfassung / Summary of results

Parameter	Niederösterreich	Vorarlberg
Proben und Betriebe	1.848 Proben aus 558 Betrieben 3,3 Rinder/Betrieb beprobt	479 Proben aus 87 Betrieben 5,5 Rinder/Betrieb beprobt
Positive Proben	13 % (232 Proben) 2020: 6,49 % (120 Proben) 2021: 6,06 % (112 Proben)	59 % (281 Proben) 2020: 30,5 % (146 Proben) 2021: 28,2 % (135 Proben)
Tatsächliche Gesamtprävalenz	2020: 5,1 % [0,34–11,81] 2021: 4,5 % [0,27–10,49]	2020: 66,7 % [55,7–79,4] 2021: 60,4 % [49,0–72,9]
Signifikante Unterschiede	–	Höchste Prävalenzen: Serovare Hardjo, Saxkoebing und Tarassovi Keine positiven Proben: Serovare Canicola und Pomona
Ø Rinderbestand	69 (kleinster: 2 – größter: 371) kleine Betriebe höhere Prävalenz	72 (kleinster: 9 – größter: 273) große Betriebe höhere Prävalenz
Ø Alter	43 Monate Mehr als 75 % < 50 Monate Ältere Tiere höhere Prävalenz	45 Monate Mehr als 75 % < 50 Monate Ältere Tiere höhere Prävalenz
Alpung	7 % (130 Tiere) Gealpte Tiere höhere Prävalenz	80,2 % (384 Tiere) Gealpte Tiere höhere Prävalenz
Relevante Modelleinflussfaktoren	Alpung, Alter, ø Rinderbestand Höchste Expositionswahrscheinlichkeit bei Tieren mit Alpung, 42–54 Monate (im Vergleich zur Referenzkategorie 8–30 Monate) und niedrigem Rinderbestand	Alpung, ø Rinderbestand Höchste Expositionswahrscheinlichkeit bei Tieren mit Alpung aus großen Rinderbeständen

■ Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt die ersten im Rahmen einer systematischen Studie mit repräsentativer Stichprobe erhobenen Daten zum Vorkommen von Antikörpern gegen *Leptospira* bei Rindern aus Niederösterreich und Vorarlberg. Unter Berücksichtigung vorhandener Daten zur Erregerprävalenz (Sohm et al. 2024) wurde hier die Identifizierung von Einflussfaktoren für die Expositionswahrscheinlichkeit gegenüber Leptospiren mit statistischen Methoden dargelegt.

Die Untersuchung zeigt eine deutliche regionale Heterogenität in der Verbreitung von Leptospiren-Antikörpern bei Rindern. Während Niederösterreich eine geschätzte tatsächliche Gesamtprävalenz von 4,8 % im Mittel für beide Jahre aufwies (Konfidenzintervall [0,3–11,1]), lag diese in Vorarlberg bei 63,6 % (Konfidenzintervall [52,3–76,1]). Diese Unterschiede spiegeln lokale Infektionsdynamiken sowie klimatische und topografische Bedingungen wider und können mit einer Reihe von Einflussfaktoren in Verbindung stehen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass die untersuchten Tiere lediglich

einen kleinen Anteil an der Rindergesamtpopulation repräsentieren. Die niederösterreichische Stichprobe entsprach etwa 0,22 % der zum Zeitpunkt der Probenahme vorhandenen Rinder im Bundesland, während die vorarlbergische Stichprobe rund 0,37 % der dortigen Rinderpopulation ausmachte. Ebenso wurden nur etwa 3 % der potenziell vorhandenen Betriebe in Niederösterreich und 2 % in Vorarlberg beprobt (Statistik Austria 2020, 2021).

Die niedrigen Prävalenzwerte in Niederösterreich stehen im Einklang mit den Ergebnissen einer Studie aus dem Jahr 2022, bei der eine Erreger-Prävalenz von 1,2 % bei symptomatischen Rindern festgestellt wurde (Sohm et al. 2024). Auf Grund dieser Informationsbasis könnten die Ergebnisse der vorliegenden Studie, insbesondere unter Berücksichtigung der breiten Konfidenzintervalle, die Situation in Niederösterreich sogar überschätzen. Die Prävalenzangaben von Sohms et al. (2024) basieren auf Real-Time-PCR Ergebnissen, die das Vorhandensein von *Leptospira*-DNA nachweisen. Die Proben der vorliegenden Studie wurden mittels Mikroagglutinationstest (MAT) untersucht, wobei der Nachweis auf dem Vorhandensein

spezifischer Antikörper beruht. Da Antikörper gegen Leptospiren über einen längeren Zeitraum persistieren können, reflektieren die Ergebnisse nicht ausschließlich den aktuellen Infektionsstatus, sondern decken potenziell eine längere Expositionsperiode ab (WOAH 2021). Leptospiren-Antikörper $\geq 1:400$ wurden bereits mit Leptospirose Symptomen und rezenter Erregerexposition in Verbindung gebracht (Faine et al. 1999) und das Probenpanel daher auch auf das Vorhandensein dieser höheren Titer hin untersucht. In Vorarlberg reagierten 158 (33 %) Proben mit Titern $\geq 1:400$, was die Relevanz des Infektionsgeschehens in der Region unterstreicht, insbesondere im Vergleich mit Niederösterreich, wo es kaum Nachweise von hohen Titern gab.

Für Vorarlberg lagen bislang keine direkten Vergleichsdaten zum Vorkommen von Leptospiren-Antikörpern vor. Dennoch lässt sich ein räumlicher Zusammenhang zu den Ergebnissen einer Studie aus dem Jahr 2005 in Bayern herstellen (Schmid 2005). Dort wurde eine Häufung positiver Befunde im südlichen Alpen- und Voralpenraum festgestellt, insbesondere in den Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen, Kempten/Allgäu, Lindau/Bodensee, Oberallgäu, Ostallgäu, Rosenheim, Unterallgäu und Weilheim-Schongau. Die in der vorliegenden Untersuchung beobachtete Konzentration positiver Proben im Norden Vorarlbergs korrespondiert mit diesen Befunden und deckt sich insbesondere hinsichtlich der Prävalenz des Serovars Hardjo mit den damaligen Ergebnissen.

Die regionalen Unterschiede in den Rinderdichten und im Vorkommen positiver Proben innerhalb und zwischen den beiden Bundesländern konnten in Abbildung 4 und Abbildung 7 sichtbar gemacht werden. Saisonale Unterschiede zwischen den Jahren 2020 und 2021 traten hingegen nicht auf. Die Persistenz und Verbreitung von *Leptospira*-Stämmen in der Umwelt werden maßgeblich durch klimatische Faktoren beeinflusst. Unter warmen und feuchten Bedingungen können die Erreger Wochen bis Monate überleben (Cinco 1986; Johnson 1996). Besonders Überschwemmungen nach Starkregen schaffen optimale Voraussetzungen für eine verlängerte Überlebensdauer und begünstigen die Ausbreitung (Underwood et al. 2015; Zamir et al. 2022). Der Einfluss von Klima und Wetterextremen ist schwer abzuschätzen. Speziell im Norden Vorarlbergs konnten Korrelationen zwischen Regionen mit hoher Lufttemperatur und Niederschlagsmengen und den Probenziehungsorten der positiven Proben gefunden werden. In Niederösterreich gab es in beiden Jahren langanhaltende Trockenphasen, gefolgt von andauernden regenreichen Perioden. Im Industrieviertel wurden in beiden Jahren die im Jahresmittel höchsten Lufttemperaturen verzeichnet, jedoch traten hier kaum positive Rinderproben auf, was mit der dort allgemein niedrigen Rinderdichte (vergleiche Abbildung 4 und 7) und der damit einhergehenden geringen Anzahl an beprobten Tieren (vergleiche Abbildung 1 und 2) in

Zusammenhang steht (Hiebl & Höfler 2021; Hiebl et al. 2021; Hiebl & Orlik 2022a, 2022b).

Aus den vorliegenden Daten lässt sich nicht eindeutig feststellen, ob klimatische Faktoren wie Temperatur und Niederschlag die Infektionswahrscheinlichkeit wesentlich beeinflusst haben. Klimaprojektionen zeigen jedoch, dass in den kommenden Jahren sowohl die Temperaturen als auch die Niederschlagsmengen – insbesondere im Winter – deutlich ansteigen werden. Es ist mit häufigeren Starkregenereignissen und Überschwemmungen sowie mit längeren Trockenphasen und Hitzewellen im Sommer zu rechnen (ZAMG 2016; Amt der NÖ Landesregierung 2022; APCC 2025). Solche Veränderungen können die ökologischen Bedingungen für das Überleben und die Verbreitung von Krankheitserregern, einschließlich Leptospiren, begünstigen (Mwachui et al. 2015; Taylor et al. 2021).

Die Proben aus Vorarlberg zeigten bei den Serovaren Hardjo, Saxkoebing und Tarassovi signifikant höhere Prävalenzen im Vergleich zu den übrigen getesteten Serovaren, während keine Reaktionen gegenüber Canicola und Pomona nachweisbar waren. Auch in Niederösterreich wurden für diese beiden Serovare keine relevanten Befunde festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen die geringe Bedeutung von Canicola und Pomona in der untersuchten Stichprobe. Der seltene Nachweis von Antikörpern gegen die beiden Serovare ist darauf zurückzuführen, dass Rinder hier nicht als Hauptwirt, sondern als Nebewirt fungieren. Serologische Befunde sind daher überwiegend auf sporadische Einzelinfektionen oder auf Kreuzreaktionen mit antigenverwandten Serovaren, die beim MAT immer mitbedacht werden müssen, zurückzuführen (Little 1986; Schmid 2005; WOAH 2021). Während in den 1980er-Jahren das Serovar Pomona bei Rindern weltweit am häufigsten nachgewiesen wurde (World Health Organization 1982), berichtete eine Untersuchung aus Deutschland über Leptospiren-Antikörper in bayerischen Rinderbeständen im Jahr 2005 keine positiven Titer für dieses Serovar (Schmid 2005). Auch bei der Untersuchung von Zoowiederkäuern in Deutschland im Jahr 2007 wurde Serovar Pomona nur in Einzelfällen nachgewiesen (Straube 2007), was im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie steht.

Die zwei GEE-Modelle identifizierten Einflussfaktoren für die Expositions Wahrscheinlichkeit gegenüber Leptospiren in der vorhandenen Stichprobe. Die Ergebnisse dürfen jedoch nicht als Prognose interpretiert werden. Die Erklärung für die Berücksichtigung der Betriebe als Cluster-Variable entstammte der Annahme, dass Tiere aus einem Betrieb denselben Herdenmanagement-Bedingungen unterliegen und sich daher vermutlich ähnlicher sind als Tiere aus unterschiedlichen Betrieben. Die Alpung und der Durchschnittsrinderbestand hatten bei beiden Bundesländern einen Einfluss und bei Niederösterreich spielte zusätzlich noch das kategoriale Alter eine Rolle. Keinen Einfluss hatten die Parameter: Standort des Rindes bei der Probenahme, Betriebstyp,

numerisches Alter, Saison und Jahr der Probenahme. Obwohl der prozentuelle Anteil der gealpten Rinder in Niederösterreich (7 %) deutlich niedriger war als der bei vorarlbergischen Rindern (80,2 %), ergaben die Modelle für beide Bundesländer einen Zusammenhang zwischen dem Almauftrieb und höheren Seroprävalenzraten. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Daten keine Interpretation bezüglich Häufigkeit und Dauer der Alpung zulassen. In einer Publikation aus Deutschland wurden als Gründe für die gehäuften positiven Proben ebenfalls die Weidehaltung und die Vermischung der Herden der einzelnen Betriebe auf den Weiden genannt (Schmid 2005). Auch die gemeinsame Haltung verschiedener Wirtstierarten ist nicht empfohlen. Speziell Schweine müssen von anderen Tieren isoliert gehalten werden, da infizierte Individuen *Leptospiren* in größerer Zahl und über längere Zeiträume hinweg in ihrem Urin ausscheiden als Rinder. Auch natürliche Wasserquellen, welche gemeinsam mit Wildtieren genutzt werden, stellen ein Risiko dar. Da eine effektive Kontrolle von *Leptospiren* in Wildtierpopulationen kaum möglich ist, sollte die räumliche Trennung von Weide- und Wildtieren als Präventionsmaßnahme berücksichtigt werden. Eine vollständig geschlossene Herdenhaltung wäre aus epidemiologischer Sicht ideal, ist jedoch in der Praxis meist nicht umsetzbar (World Health Organization 1982; Ellis 2015; Zamir et al. 2022; Candeias et al. 2023).

Neben dem Zugang zu Weideland stellen der Zukauf von Tieren, eine Vorgeschichte mit Aborten und die Herdengröße die häufigsten Risikofaktoren, die in europäischen Rinderhaltungsbetrieben positiv mit *Leptospirose* assoziiert wurden, dar (Sohm et al. 2023). Bezüglich der Herden- bzw. Betriebsgröße wurde ein gegenläufiger Trend bei den Tieren aus Vorarlberg im Vergleich zu jenen aus Niederösterreich beobachtet. Mit einer zwar ähnlichen durchschnittlichen Betriebsgröße von 72 Rindern in Vorarlberg und 69 in Niederösterreich waren jedoch größere Betriebe in Vorarlberg stärker von *Leptospiren* betroffen als kleine. In niederösterreichischen Betrieben hingegen zeigte sich bei der untersuchten Stichprobe, dass Tiere aus kleineren Betrieben häufiger *Leptospiren*-Antikörper-positiv reagierten. Dieser Zusammenhang zeigte sich auch in Bayern, da hier *Leptospiren*-kontakt tendenziell bei Betrieben mit niedrigerem Durchschnittsrinderbestand wahrscheinlicher war (Schmid 2005). Eine mögliche Erklärung ist, dass größere

Betriebe in Niederösterreich seltener Almweidewirtschaft betreiben, über eine intensivere tierärztliche Betreuung verfügen und umfassendere Biosicherheitsmaßnahmen implementieren. Diese umfassen neben Hygienekonzepten auch strukturierte Programme zur Bekämpfung von Schädigern, die das Risiko einer *Leptospiren*-infektion wirksam reduzieren können. Als Reservoirwirte stellen Nagetiere und deren Ausscheidungen sowohl auf Almen als auch in Stallungen ein Ansteckungsrisiko für Rinder dar (Bharti et al. 2003).

Die Altersverteilungen in beiden Bundesländern waren vergleichbar, da über 75 % der untersuchten Tiere jünger als 50 Monate waren. Vorarlberg wies jedoch tendenziell mehrere ältere Tiere auf. Die Analysen zeigen tendenziell, dass ältere Tiere häufiger positiv auf ein oder mehrere Serovare reagieren. In Niederösterreich ergab das GEE-Modell die höchste geschätzte Prävalenz bei Rindern im Alter von 42–54 Monaten (Referenz: 8–30 Monate), gefolgt von Tieren >54 Monate. Diese Befunde korrespondieren mit früheren Studien, die ein erhöhtes Infektionsrisiko bei älteren Tieren beschreiben (Sohm et al. 2023, 2024). Bei älteren Tieren ist unklar, ob eine Seropositivität auf eine aktuelle Infektion oder frühere Expositionen zurückzuführen ist. Zudem verfügen sie über einen gewissen immunologischen Schutz durch persistierende Antikörper, wodurch Reinfektionen häufig klinisch inapparent verlaufen, und lediglich vorübergehende Titeranstiege verursachen (Hathaway et al. 1986; Schmid 2005). Chronisch infizierte Tiere scheiden im höheren Alter vermehrt Erreger über den Urin aus und tragen so zur Umweltkontamination und Weiterverbreitung bei (Little 1986; Kuiken et al. 1991; Levett 2001). Niedrige Antikörpertiter können über Jahre hinweg persistieren (Ellis 2015), sodass der Zeitpunkt der Infektion anhand eines einmaligen Nachweises nicht bestimmbar ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich in den untersuchten Stichproben aus den beiden Bundesländern deutlich unterschiedliche *Leptospiren*-Antikörper Prävalenzen zeigten. Die Faktoren kategoriales Tieralter, durchschnittlicher Rinderbestand und Alpung haben signifikanten Einfluss auf die Expositionswahrscheinlichkeit gegenüber *Leptospiren*. Des Weiteren können das nicht zu unterschätzende Nagetiervorkommen, Wetter sowie Klima maßgeblich zur Infektionsdynamik beigetragen haben.

Fazit für die Praxis:

Diese Studie zeigt ausgeprägte regionale Unterschiede in der Prävalenz von *Leptospira*-Antikörpern bei österreichischen Rindern, mit signifikant höheren Seroprävalenzraten in Vorarlberg im Vergleich zu Niederösterreich. Diese räumlich heterogene Expositionswahrscheinlichkeit ist bei der diagnostischen Abklärung von Reproduktionsstörungen bei Rindern in der tierärztlichen Praxis zu beachten. Zu den wichtigsten Risikofaktoren zählen die Alpung, die Herdengröße und das kategoriale Alter der Tiere. Der Umgang mit zoonotischen Erregern erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit, um Tiergesundheit, öffentliche Gesundheit und Umweltfaktoren gemeinsam zu thematisieren.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Amt der NÖ Landesregierung. NÖ Klima- und Energieprogramm 2030 Massnahmenperiode 1 2021 bis 2025. 2nd ed. St. Pölten: Amt der NÖ Landesregierung; 2022.
- APCC Austrian Panel on Climate Change. Kernaussagen des Zweiten Österreichischen Sachstandsberichts zum Klimawandel I AAR2. Huppmann D, Keiler M, Riahi K, Rieder H, editors. Wien: Austrian Academy of Science Press; 2025. <https://aar2.ccca.ac.at/>
- Bharti AR, Nally JE, Ricaldi JN, Matthias MA, Diaz MM, Lovett MA, et al. Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance. *Lancet Infect Dis.* 2003;3(12):757–771. DOI:10.1016/s1473-3099(03)00830-2
- Blaker H. Confidence curves and improved exact confidence intervals for discrete distributions. *Canadian Journal of Statistics.* 2000;28:783–798. DOI:10.2307/3315916
- Branscum AJ, Gardner IA, Johnson WO. Estimation of diagnostic-test sensitivity and specificity through Bayesian modeling. *Prev Vet Med.* 2005;68:145–163. DOI:10.1016/j.prevetmed.2004.12.005
- Candeias APM, Snak A, Pretto-Giordano LG, Osaki SC. Prevalence and risk factors for *Leptospira* spp. in dairy cattle in western Paraná, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias.* 2023;44(3):1097–1111. DOI:10.5433/1679-0359.2023v44n3p1097
- Carvalho HGAC, Silva DM, Rodrigues GRD, Gameiro AH, Santos RF Dos, Raineri C, et al. Estimation of economic losses due to leptospirosis in dairy cattle. *Prev Vet Med.* 2024;229:106255. DOI:10.1016/j.prevetmed.2024.106255
- Cinco M. Identification to species level and the differentiation of saprophytic and pathogenic *Leptospira*. In: Ellis WA, Little TWA, editors. The present state of Leptospirosis diagnosis and control. Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publishers; 1986. p. 45–51.
- Desai S, Treeck U Van, Lierz M, Espelage W, Zota L, Sarbu A, et al. Resurgence of field fever in a temperate country: an epidemic of leptospirosis among seasonal strawberry harvesters in Germany in 2007. *Clin Infect Dis.* 2009;48(6):691–697. DOI:10.1086/597036
- Desvars-Larrive A, Smith S, Munimanda G, Bourhy P, Waigner T, Odom M, et al. Prevalence and risk factors of *Leptospira* infection in urban brown rats (*Rattus norvegicus*), Vienna, Austria. *Urban Ecosyst.* 2020;23(4):775–784. DOI:10.1007/s11252-020-00957-9
- Deutz A, Fuchs K, Schuller W, Nowotny N, Auer H, Aspöck H, et al. Seroepidemiologische Untersuchung von Jägern auf Zoonosen in Südostösterreich-Prävalenzen, Risikopotentiale und Vorbeugemassnahmen [Seroepidemiological studies of zoonotic infections in hunters in southeastern Austria--prevalences, risk factors, and preventive methods]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 2003;116(7–8):306–311.
- Develesschauwer B, Torgerson P, Charlier J, Levecke B, Praet N, Roelandt S, et al. prevalence: Tools for prevalence assessment studies. R package version 0.4.1. 2022 [cited 2024 Oct 21]. Available from: <https://cran.r-project.org/package=prevalence>
- Dohoo I, Martin W, Stryhn H. *Veterinary Epidemiologic Research.* Charlottetown: University of Prince Edward Island; 2003.
- Ellis WA. Animal leptospirosis. In: Alder B, editor. *Leptospira and Leptospirosis.* Berlin, Heidelberg; Springer; 2015 p. 99–137.
- Faine S, Adler B, Bolin C, Perolat P. *Leptospira and leptospirosis.* Melbourne: MediSci Press; 1999.
- Fasching, E. Serologische Leptospiren-Antikörper Analyse bei Rindern aus Niederösterreich und Vorarlberg mittels Mikroagglutinationstest (MAT) [Diplomarbeit]. Wien: Universität für Bodenkultur Wien; 2025.
- Filazzola A, Brown C, Dettlaff MA, Batbaatar A, Grenke J, Bao T, et al. The effects of livestock grazing on biodiversity are multi-trophic: a meta-analysis. Vol. 23, *Ecology Letters.* Blackwell Publishing Ltd; 2020. p. 1298–1309.
- Goris MGA, Leeftang MMG, Boer KR, Goeijenbier M, Gorp ECM van, Wagenaar JFP, et al. Establishment of Valid Laboratory Case Definition for Human Leptospirosis. *J Bacteriol Parasitol.* 2013;3(2):1000132. DOI:10.4172/2155-9597.1000132
- Hardin JW, Hilbe JM. *Generalized Estimating Equations.* Chapman & Hall/CRC; 2006.
- Hathaway SC, Little TW, Pritchard DG. Problems associated with the serological diagnosis of *Leptospira interrogans* serovar hardjo infection in bovine populations. *Vet Rec.* 1986;119:84–86. DOI: 10.1136/vr.119.4.84
- Hiebl J, Höfler A. Klimarückblick Niederösterreich 2020. Klimastatus Österreich 2020. Wien: CCCA; 2021 [cited 2025 Aug 7]. Available from: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/2024/09/Klimarueckblick-Niederosterreich-2020.pdf>
- Hiebl J, Orlik A, Höfler A. Klimarückblick Vorarlberg 2020. Klimastatus Österreich 2020. Wien: CCCA; 2021 [cited 2025 Aug 7]. Available from: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/2024/09/Klimarueckblick-Vorarlberg-2020.pdf>
- Hiebl J, Orlik A. Klimarückblick Vorarlberg 2021. Klimastatusbericht Österreich 2021. Wien: CCCA; 2022a [cited 2025 Aug 7]. Available from: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/2024/09/Klimarueckblick-Vorarlberg-2021.pdf>
- Hiebl J, Orlik A. Klimarückblick Niederösterreich 2021. Klimastatusbericht Österreich 2021. Wien: CCCA; 2022b [cited 2025 Aug 7]. Available from: https://www.no.e.gv.at/noe/Klima/Klimarueckblick_Niederosterreich_2021.pdf
- Hoening M, Wallner C, Allerberger F, Schmoll F, Seeber K, Wagner J, et al. Autochthonous leptospirosis in South-East Austria, 2004–2012. *PLoS One.* 2014;9(1):e85974. DOI:10.1371/journal.pone.0085974
- Højsgaard S, Halekoh U, Yan J. The R Package geepack for Generalized Estimating Equations. *J Stat Softw.* 2006;15:1–11.
- Imholt C, Jacob J. Langfristige Populationsentwicklung krankheitsübertragender Nagetiere: Interaktion von Klimawandel, Landnutzung und Biodiversität. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt; 2021. https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/5750/publikationen/2021-07-12_cc_55-2021_populationsentwicklung_krankheit-suebertragender_nagetiere.pdf
- Jansen A, Schöneberg I, Frank C, Alpers K, Schneider T, Stark K. Leptospirosis in Germany, 1962–2003. *Emerg Infect Dis.* 2005;11(7):1048–1054.
- Johnson RC. *Leptospira* Chapter 35. In: Baron S, editor. *Medical Microbiology.* 4th ed. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston; 1996.
- Kuiken T, Dijk JE Van, Terpstra WJ, Bokhout BA. The role of the common vole (*Microtus arvalis*) in the epidemiology of bovine in-

- fection with *Leptospira interrogans* serovar hardjo. *Vet Microbiol.* 1991;28:353–361. DOI:10.1016/0378-1135(91)90070-v
- Lau CL, Smythe LD, Craig SB, Weinstein P. Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: fuelling the fire? *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2010;104(10):631–638. DOI:10.1016/j.trstmh.2010.07.002
- Levett PN. Leptospirosis. *Clin Microbiol Rev.* 2001;14(2):296–326. DOI:10.1128/CMR.14.2.296-326.2001
- Little TWA. Changes in our understanding of the epidemiology of leptospirosis. In: Ellis WA, Little TWA, editors. *The present state of Leptospirosis diagnosis and control.* Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publishers; 1986. p. 149–173.
- Major A, Schweighauser A, Francey T. Increasing incidence of canine leptospirosis in Switzerland. *Int J Environ Res Public Health.* 2014;11(7):7242–7260. DOI:10.3390/ijerph110707242
- Mwachui MA, Crump L, Hartskeerl R, Zinsstag J, Hattendorf J. Environmental and Behavioural Determinants of Leptospirosis Transmission: A Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis.* 2015;9(9):e0003843. DOI:10.1371/journal.pntd.0003843
- Nau LH, Emirhar D, Obiegala A, Mylius M, Runge M, Jacob J, et al. Leptospirose in Deutschland: Aktuelle Erkenntnisse zu Erregerspezies, Reservoirwirten und Erkrankungen bei Mensch und Tier. *Bundesgesundheitsblatt.* 2019;62(12):1510–1521. DOI:10.1007/s00103-019-03051-4
- Plummer M. rjags: Bayesian Graphical Models using MCMC. R package version 4-14. 2023a [cited 2024 Oct 21]. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=rjags>
- Plummer M. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models Using Gibbs Sampling. 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003). 2023b.
- Poepl W, Orola MJ, Herkner H, Müller M, Tobudic S, Faas A, et al. High prevalence of antibodies against *Leptospira* spp. in male Austrian adults: a cross-sectional survey, April to June 2009. *Euro Surveill.* 2013;18(25):20509. DOI:10.2807/1560-7917.es2013.18.25.20509
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. 2023 [cited 2024 Oct 21]. Available from: <https://www.R-project.org/>
- Radl C, Müller M, Revilla-Fernandez S, Karner-Zuser S, Martin A de, Schauer U, et al. Outbreak of leptospirosis among triathlon participants in Langau, Austria, 2010. *Wien Klin Wochenschr.* 2011;123(23–24):751–755. DOI:10.1007/s00508-011-0100-2
- Schmid MA. Prävalenz von Leptospirenantikörpern in bayerischen Rinderherden und von Leptospiren bei abortierten Rinderfeten [Dissertation]. München; 2005.
- Sohm C, Steiner J, Jöbstl J, Wittek T, Firth C, Steinparzer R, et al. A systematic review on leptospirosis in cattle: A European perspective. Vol. 17, *One Health.* 2023. DOI:10.1016/j.onehlt.2023.100608
- Sohm C, Willixhofer D, Fasching E, Waldner K, Deitzer N, Steiner J, et al. First isolation and genotyping of pathogenic *Leptospira* spp. from Austria. *Sci Rep.* 2024;14(1):4467. DOI:10.1038/s41598-024-53775-w
- Statistik Austria. Viehbestand und Viehhalter nach Bundesländern 2020, Basis VIS. Verbrauchergesundheits- Informationssystem BMSGPK; 2020. [cited 2025 May 15]. Available from: https://bab.gv.at/index.php?option=com_rsfiles&task=rsfiles.download&path=Gruener_Bericht/
- Statistik Austria. Viehbestand und Viehhalter nach Bundesländern 2021, Basis VIS. Verbrauchergesundheits- Informationssystem BMSGPK; 2021. [cited 2025 May 15]. Available from: https://bab.gv.at/index.php?option=com_rsfiles&task=rsfiles.download&path=Gruener_Bericht/2022/Tab_2022_2020204_Vieh_Bestaende_u_Halter_BL_Basis_VIS.xlsx&Itemid=477&lang=de
- Stevenson MA. Sample Size Estimation in Veterinary Epidemiologic Research. *Front Vet Sci.* 2021;7:539573. DOI:10.3389/fvets.2020.539573
- Straube M. Vorkommen von Leptospiren in Tierbeständen zoologischer Gärten. Giessen, Deutschland: VVB Lauferweiler Verlag; 2007.
- Taylor C, Brodbelt DC, Dobson B, Catchpole B, O'Neill DG, Stevens KB. Spatio-temporal distribution and agroecological factors associated with canine leptospirosis in Great Britain. *Prev Vet Med.* 2021;193:105407. DOI:10.1016/j.prevetmed.2021.105407
- Tekemen D, Franz M, Bier NS, Richter M, Nöckler K, Luge E, et al. Survival time of *Leptospira kirschneri* on strawberries. *PLoS One.* 2020;15(8):e0237466. DOI:10.1371/journal.pone.0237466
- Underwood WJ, Blauwiel R, Delano ML, Gillesby R, Mischler SA, Schoell A. Chapter 15 - Biology and Diseases of Ruminants (Sheep, Goats, and Cattle). In: Fox JG, Anderson LC, Otto G, Pritchett-Corning KR, Whary MT, editors. *Laboratory Animal Medicine.* 3rd ed. Elsevier Inc.; 2015 p. 623–694.
- Vincent AT, Schiettekatte O, Goarant C, Neela VK, Bernet E, Thibeaux R, et al. Revisiting the taxonomy and evolution of pathogenicity of the genus *Leptospira* through the prism of genomics. *PLoS Negl Trop Dis.* 2019;13(5):e0007270. DOI:10.1371/journal.pntd.0007270
- World Health Organization. Guidelines for the control of leptospirosis. Faine S, editor. Vol. 67. 1982.
- WOAH World Organisation for Animal Health. 3.1.12 Leptospirosis. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals. 2021. [cited 2024 Mar 20]. Available from: https://www.woah.org/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/3.01.12_LEPTO.pdf
- Yan J. Geepack: Yet Another Package for Generalized Estimating Equations. *R News.* 2002;2(3):12–14.
- Yan J, Fine JP. Estimating Equations for Association Structures. *Stat Med.* 2004;23:859–880.
- ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Klimaszenarien für das Bundesland Niederösterreich bis 2100. Wien: WEGC; 2016 Sep. [cited 2025 Jul 07]. Available from: https://www.noel.gv.at/noel/klima/factsheet_klimaszenarien-niederosterreich.pdf
- Zamir L, Baum M, Bardenstein S, Blum SE, Moran-Gilad J, Perry Markovich M, et al. The association between natural drinking water sources and the emergence of zoonotic leptospirosis among grazing beef cattle herds during a human outbreak. *One Health.* 2022;14:100372. DOI:10.1016/j.onehlt.2022.100372
- Zuur AF, Leno EN, Walker N, Saveliev AA, Smith GM. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.* Springer; 2009.

Please cite as:

- Fasching E, Kuchling S, Waldner K. Serologisches Leptospiren-Antikörper Screening bei Rindern aus Niederösterreich und Vorarlberg. *Wien Tierarztl Monat – Vet Med Austria.* 2026;113: Doc11. DOI:10.5680/wtm000066
- Copyright ©2026 Fasching et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>