

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der  
Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches  
Gesundheitswesen

Abteilung für Hygiene und Technologie von Lebensmitteln

(Leiter: o.Univ.-Prof. Dr. med. vet. Dr. h.c. Frans J.M. Smulders, Dipl.ECVPH)

**Charakterisierung der Tuberkulose und Paratuberkulose bei Wiederkäuern und  
Wildtieren unter Berücksichtigung von Managementmaßnahmen und deren Kosten-  
Nutzen-Verhältnis mit Schwerpunkt Österreich**

**Diplomarbeit**

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Alexander Gense

Wien, im August 2020

## **Betreuung und Begutachtung**

**Betreuer:** Ao.Univ.-Prof. Dr.med.vet. Peter Paulsen Dipl.ECVPH aus der Abteilung für Hygiene und Technologie im Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches Gesundheitswesen Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin Veterinärmedizinische Universität Wien

Priv.-Doz. Dr.troph. Beate Conrady aus der Abteilung für Öffentliches Veterinärwesen und Epidemiologie im Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches Gesundheitswesen Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin Veterinärmedizinische Universität Wien

**Zweitbegutachter:** Priv. Doz. Dr. Johannes Lorenz Khol, Dip. ECBHM aus der Abteilung Wiederkäuermedizin der Universitätsklinik für Wiederkäuer Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin Veterinärmedizinische Universität Wien

## Abkürzungsverzeichnis

|                |                                                                      |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|
| AGES           | Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH |
| AGIDT          | Agargel-Immundiffusionstest                                          |
| AIDS           | Acquired Immune Deficiency Syndrome                                  |
| AT             | Österreich                                                           |
| BGBI           | Bundesgesetzblatt                                                    |
| CED            | chronisch entzündliche Darmerkrankungen                              |
| DE             | Deutschland                                                          |
| DIVA           | Differentiating Infected from Vaccinated Animals                     |
| DNA            | Desoxyribonukleinsäure                                               |
| D-Wert         | dezimale Reduktionszeit                                              |
| EFSA           | Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit                       |
| EG             | Europäische Gemeinschaft                                             |
| ELISA          | Enzyme-linked Immunosorbent Assay                                    |
| EWG            | Europäische Wirtschaftsgemeinschaft                                  |
| HAT            | Hämagglutinationstest                                                |
| HIV            | Humanes Immundefizienz-Virus                                         |
| I.E.           | Internationale Einheiten                                             |
| idF            | in der geltenden Fassung                                             |
| IFN $\gamma$ T | Interferon-Gamma-Test                                                |
| IIFT           | Indirekter Immunfluoreszenztest                                      |
| KBR            | Komplementbindungsreaktion                                           |
| LMSVG          | Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz                 |
| Ln./Lnn.       | Lymphonodus/Lymphonodi                                               |
| M.             | <i>Mycobacterium</i>                                                 |
| MAIC           | <i>Mycobacterium avium</i> intracelluläre Komplex                    |
| MAP            | <i>Mycobacterium avium</i> subspecies <i>paratuberculosis</i>        |
| MCP 1          | monocyte chemotatic protein 1                                        |

|         |                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------|
| MTC     | <i>Mycobacterium tuberculosis</i> complex              |
| OIE     | World organisation for animal health                   |
| ParaTBC | Paratuberkulose                                        |
| PCR     | Polymerase-Kettenreaktion                              |
| REA     | Restriktions-Enzymanalyse                              |
| RIS     | Rechtsinformationssystem des Bundes                    |
| SFU     | Schlacht tier- und Fleischuntersuchung                 |
| ssp.    | <i>subspecies</i>                                      |
| Stf     | Stammfassung                                           |
| subsp.  | <i>subspecies</i>                                      |
| supf.   | superficial                                            |
| TBC     | Tuberkulose                                            |
| TSG-DVO | Tierseuchengesetz-Durchführungsverordnung              |
| UV      | Ultraviolett                                           |
| WHO     | World Health Organization, Weltgesundheitsorganisation |

## Inhaltsverzeichnis

|         |                                                                                                                                                                               |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1       | Einleitung und Fragestellung .....                                                                                                                                            | 1  |
| 2       | Material und Methoden .....                                                                                                                                                   | 2  |
| 2.1     | Literatursuche zur Charakterisierung und zum Management der biologischen Gefahr „Tuberkulose- bzw. Paratuberkuloseerreger“ .....                                              | 2  |
| 2.2     | Gezielte Literatursuche zur wirtschaftlichen Bedeutung der biologischen Gefahr „Tuberkulose- bzw. Paratuberkuloseerreger“ und zur Angemessenheit von Managementmaßnahmen..... | 4  |
| 2.3     | Räumliche und zeitliche Entwicklung der Rindertuberkulose und Paratuberkulose bei Rindern in Österreich .....                                                                 | 5  |
| 2.3.1   | Tuberkulose bei Rindern .....                                                                                                                                                 | 5  |
| 2.3.2   | Paratuberkulose in Österreich.....                                                                                                                                            | 12 |
| 2.4     | Europäische und österreichische rechtliche Grundlagen zur Intervention der Tuberkulose und Paratuberkulose .....                                                              | 19 |
| 2.4.1   | Tuberkulose .....                                                                                                                                                             | 19 |
| 2.4.2   | Paratuberkulose .....                                                                                                                                                         | 21 |
| 2.5     | Interventionsmaßnahmen.....                                                                                                                                                   | 26 |
| 2.5.1   | Rindertuberkulose .....                                                                                                                                                       | 26 |
| 2.5.2   | Paratuberkulose .....                                                                                                                                                         | 31 |
| 3       | Ergebnisse der allgemeinen Literaturrecherche.....                                                                                                                            | 34 |
| 3.1     | Krankheitsbilder der Tuberkulose und Paratuberkulose .....                                                                                                                    | 34 |
| 3.1.1   | Häufigkeit, Infektionsquellen und Manifestation der Erkrankung beim Menschen .....                                                                                            | 34 |
| 3.1.1.1 | Tuberkulose.....                                                                                                                                                              | 34 |
| 3.1.1.2 | Paratuberkulose .....                                                                                                                                                         | 36 |
| 3.1.2   | Häufigkeit, Infektionsquellen und Manifestation der Erkrankung bei Wiederkäuern .....                                                                                         | 41 |
| 3.1.2.1 | Rindertuberkulose .....                                                                                                                                                       | 41 |
| 3.1.2.2 | Rinderparatuberkulose (Johnesche Krankheit) .....                                                                                                                             | 46 |
| 3.2     | Diagnostik .....                                                                                                                                                              | 51 |
| 3.2.1   | Tuberkulose .....                                                                                                                                                             | 51 |
| 3.2.2   | Paratuberkulose .....                                                                                                                                                         | 56 |
| 4       | Ergebnisse der gezielten Literaturrecherche .....                                                                                                                             | 62 |
| 4.1     | Auswahl der verwendeten Literaturstellen .....                                                                                                                                | 62 |
| 4.2     | Rindertuberkulose .....                                                                                                                                                       | 69 |
| 4.3     | Rinderparatuberkulose .....                                                                                                                                                   | 82 |

|     |                                                                                            |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5   | Diskussion .....                                                                           | 91  |
| 5.1 | Bedeutung der Tuberkulose und Paratuberkulose für die Gesundheit von Mensch und Tier ..... | 91  |
| 5.2 | Epidemiologie und ökonomische Aspekte der Tuberkulose bei Tieren.....                      | 93  |
| 5.3 | Epidemiologie und ökonomische Aspekte der Paratuberkulose bei Tieren .....                 | 95  |
| 5.4 | Epidemiologische Aspekte und Kontrollmaßnahmen .....                                       | 96  |
| 5.5 | Kosten-Nutzen-Verhältnis von Kontrollmaßnahmen.....                                        | 99  |
| 6   | Zusammenfassung.....                                                                       | 101 |
| 7   | Literaturverzeichnis .....                                                                 | 103 |
| 8   | Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....                                                  | 142 |

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet.

Sämtliche Personenbezeichnungen gelten daher für beide Geschlechter.

Bei den Rechtsnormen wird, sofern nicht anders angegeben, auf die zur Zeit der Erstellung der Diplomarbeit gültige Fassung Bezug genommen.

## 1 Einleitung und Fragestellung

Die Gesunderhaltung der Nutztierbestände ist eine wesentliche Grundlage der Ernährungssicherung auf nationaler und globaler Ebene. Erkrankungen der Nutztiere können verschiedene Ursachen haben. Eine besondere Rolle nehmen aber Infektionserreger ein, da einerseits einige von ihnen leicht innerhalb von oder zwischen Tierbeständen übertragbar sind, andere wiederum auf Menschen übertragbar sind (Zoonosen bzw. Zoonoseerreger) und andererseits ein Eintrag von Infektionserregern von Wildtierpopulationen in Nutztierhaltungen möglich ist. Eine gezielte Überwachung solcher Krankheitserreger ist aus wirtschaftlicher und gesundheitspolitischer Sicht nötig und es gibt diesbezüglich internationale Übereinkünfte bzw. Empfehlungen sowie nationale Vorschriften.

Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung, Bewertung und Diskussion etablierter und potenzieller Interventionsmaßnahmen für zwei definierte Infektionskrankheiten, der Tuberkulose und der Paratuberkulose. Dabei wird der Schwerpunkt auf die Situation in den Rinder- und Wildwiederkäuerbeständen in Österreich gelegt. Beide Krankheiten haben eine wirtschaftliche Bedeutung, die Produktion von Lebensmitteln tierischer Herkunft betreffend. Während die Tuberkulose eine Zoonose darstellt, ist dies bei der Paratuberkulose nicht bewiesen.

Es sollen in dieser Diplomarbeit insbesondere folgende Fragen geklärt werden:

- a) Welche rechtlichen Vorgaben bzw. Empfehlungen sind hinsichtlich der Tuberkulose und Paratuberkulose zu berücksichtigen?
- b) Welche epidemiologischen Modelle zu Tuberkulose und Paratuberkulose gibt es für Nutztiere und wie ist die wirtschaftliche Bewertung dieser Krankheiten, insbesondere unter Berücksichtigung von Kosten und Nutzen von Bekämpfungsmaßnahmen?

Um den Kontext für die Bearbeitung dieser Fragen bereitzustellen, werden in einem ersten Schritt über eine allgemeine Literatursuche die Tuberkulose und Paratuberkulose bzw. deren Erreger hinsichtlich der Schadwirkung und der Diagnostik bei Tieren und ggf. Menschen charakterisiert und die rechtlichen Vorschriften zusammengefasst. Im zweiten Schritt wird eine gezielte Literaturrecherche zur Epidemiologie und Ökonomie der Tuberkulose und Paratuberkulose beim Menschen sowie beim Tier durchgeführt. Damit kann in der Diskussion bewertet werden, wie effizient und wirtschaftlich die gegenwärtig rechtlich festgelegten oder (ausgehend von epidemiologischen Modellen) empfohlenen Bekämpfungs- bzw. Managementmaßnahmen für die Tuberkulose und Paratuberkulose beim Nutztier sind.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Literatursuche zur Charakterisierung und zum Management der biologischen Gefahr „Tuberkulose- bzw. Paratuberkuloseerreger“

Um die Tuberkulose und Paratuberkulose bzw. deren Erreger zu charakterisieren, wurde im ersten Schritt eine allgemeine (nicht-systematische) Literatursuche durchgeführt. Die Recherche gliederte sich in eine Internet-basierte Suche, die Auswertung von Lehr- und Fachbüchern und ggf. lokale Medienrecherchen in Österreich.

Die Internet-basierte Suche erfolgte über Suchmaschinen für wissenschaftliche Publikationen, über die Rechtsinformationssysteme der EU (EUR-LEX) und der Republik Österreich (RIS) sowie über allgemeine Suchmaschinen.

Für die wissenschaftliche Literaturrecherche wurden folgende Suchbegriffe verwendet: Tuberkulose, Paratuberkulose, *Mykobakterium bovis*, *caprae*, *tuberculosis*, *M. bovis*, *M. caprae*, *M. tuberculosis*, *Mycobacterium Tuberculosis Complex*, MBTC, MTC, *Mycobacterium avium subspecies (ssp) paratuberculosis*, MAP bzw. *tuberculosis*, *paratuberculosis*, Österreich, Austria, Tirol, Tyrol, Vorarlberg. Es wurden folgende Suchmaschinen bzw. Datenbanken herangezogen: Google Scholar®, PubMed® Central, Nature® International Journal of Science, Oxford® Academic, Science direct®, Thieme Connect®, Annual Reviews®, The New England Journal of Medicine®, JEM® Journal of Experimental Medicine, CAB Direct®, Europe PMC®; Science Magazine®, American Society for Microbiology®, Embase®, Cochrane Library®, DIMDI® Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information, Free medical journals®.

Lokale Nachrichten über die Tuberkulose und Paratuberkulose wurden mittels der Suchmaschine, eigenem Index mit Webcrawler, Google®, DuckDuckGo®, Search.ch® und der Metasuchmaschine MetaGear® durchsucht. Über die Internetpräsenz der AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH) wurden die archivierten und aktuellen Zahlen sowie die Entwicklung der TBC (Tuberkulose) und ParaTBC (Paratuberkulose) in Österreich entnommen.

Zusätzlich wurde die aktuelle Lehrbuchliteratur zu den Krankheiten Tuberkulose und Paratuberkulose im Tierreich sowie zur Bedeutung der Krankheit im Lebensmittelsektor verwendet (Gruner 1992, Fischer und Stefan 1999, Dufor et al. 2004, Hofmann 2005, Dirksen et al. 2006, Dahme und Hafner-Marx 2007, McGavin et al. 2007; Selbitz 2007, Kumar et al.

2013, Bauer und Smulders 2015, Baumgärtner 2015, Baumgärtner und Gruber 2015). Lokale Informationen wurden von der Tiroler und Vorarlberger Jägerschaft erhalten.

## **2.2 Gezielte Literatursuche zur wirtschaftlichen Bedeutung der biologischen Gefahr „Tuberkulose- bzw. Paratuberkuloseerreger“ und zur Angemessenheit von Managementmaßnahmen**

Es wurde eine Literaturrecherche über die Epidemiologie und Ökonomie der Tuberkulose und Paratuberkulose beim Menschen sowie beim Tier in den drei Datenbanken PubMed, Scopus und ISI Web of Knowledge im September 2019 mit den folgenden Suchbegriffen „Stammsuchbegriffen“ durchgeführt: (("Bovine tuberculosis") / („Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis“) / („Mycobacterium bovis“) / („Mycobacterium caprae“) / („Mycobacterium paratuberculosis“) / („Paratuberculosis“) AND) mit den „Kombinationsbegriffen“: ("Case-control studies") OR ("control programme") OR („control programs“) OR ("Cost-effectiveness") OR („costs“) OR ("spread") OR ("surveillance") OR ("Economics") OR ("Epidemiological models") OR ("Eradication") OR ("Network model") OR („Simulation modelling").

Der Zeitraum wurde nicht definiert, sodass alle veröffentlichten Publikationen bis zum September 2019 berücksichtigt wurden. Die gefundenen Resultate wurden in eine Excel Tabelle übertragen und auf Duplikate geprüft. Duplikate wurden entfernt und die Abstracts der Publikationen nach den unten angeführten Ausschlusskriterien beurteilt. Die relevanten Artikel wurden zur Gänze gelesen und in den zitierten Literaturstellen wurde weitergesucht (sofern diese nicht ohnehin über den Suchstring erfasst worden waren). Als relevant wurden die Studien eingestuft, welche die epidemiologischen, ökonomischen und/ oder finanziellen Bewertungen von Tuberkulose und Paratuberkulose thematisierten. Folgende Kriterien galten für den Ausschluss der Publikationen:

- a. Fehlende Übereinstimmung der behandelten Tierkrankheiten TBC und ParaTBC bei Wiederkäuern.
- b. Themenschwerpunkt Humanpathologie.
- c. Keine Angaben zu wirtschaftlichen Aspekten und/ oder epidemiologischen Modellen.
- d. Publikationen nicht in englischer oder deutscher Sprache verfasst.

## 2.3 Räumliche und zeitliche Entwicklung der Rindertuberkulose und Paratuberkulose bei Rindern in Österreich

### 2.3.1 Tuberkulose bei Rindern

#### Vorkommen von *M. caprae* in Westösterreich

In Österreich und in den deutschen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg und auch in Italien, Spanien, Ukraine sowie Südosteuropa wird oft bzw. praktisch ausschließlich *M. caprae* nachgewiesen (Beobachtungszeitraum 01.01.1995 bis 31.12.2013 des Tierseuchennachrichtensystem des Friedrich-Löffler-Instituts). Weiter nördlich, wie z.B. im deutschen Bundesland Niedersachsen, in Irland und Großbritannien, ist *M. caprae* bislang nicht nachgewiesen. In diesen Gebieten wird überwiegend *M. bovis* isoliert (Prodinger et al. 2005; Schoepf et al. 2012; Moser et al. 2014), wobei in beiden Verbreitungsgebieten die jeweils andere Bakterienspezies durch Einfuhr infizierter Rinder auftreten kann. Die Grenzlinie für die regional unterschiedliche Verteilung der beiden Bakterienspezies verläuft in West-Ost Richtung (Abb. 1)

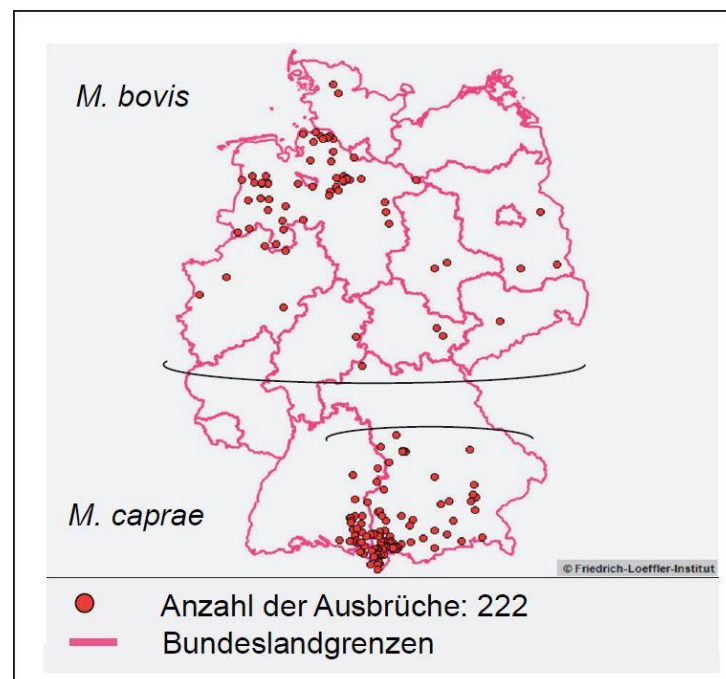


Abb. 1 Geografische Verteilung von *M. bovis* und *M. caprae*. Geografische Verteilung von Ausbrüchen der Rindertuberkulose in Deutschland vom 01.01.1995 bis 31.12.2013 (Tierseuchennachrichtensystem des Friedrich-Löffler-Instituts; Moser et al. 2014).

Zur Beschreibung der Epidemiologie von *M. caprae* sind molekularbiologische Untersuchungen nötig. Die Feintypisierung von *M. caprae* Isolaten kann mit der Spoligo-Typisierung (Kamerbeek et al. 1997; Schoepf et al. 2012) und den „mycobacterial interspersed repetitive unit-variable number of tandem repeat typing“ (MIRU-VNTR typing) Verfahren vorgenommen werden (Mazars et al. 2001; Supply et al. 2006; Schoepf et al. 2012). Domogalla et al. (2013) benannten drei Genotypen nach ihren Hauptverbreitungsgebieten in Lechtal-, Karwendel- und Allgäutyp (Österreich). Diese Genotypen unterscheiden sich in ihren gruppenspezifischen Deletionen im RD4 („region of difference four“). Diese Genomstruktur ist seit Jahren recht stabil. Im Gegensatz zu den zwei anderen Genotypen enthält der Allgäutyp die komplette RD4. Es lässt sich vermuten, dass sich die Typen Karwendel und Lechtal durch Passagen in verschiedenen Spezies aus dem Typ Allgäu entwickelt haben (Domogalla et al. 2013). Rettinger et al. (2015) unterstützen diese Hypothese. Domogalla et al. (2013) und Rettinger et al. (2015) deuten in ihren Arbeiten den Verlust von Genmaterial aus der RD4-Region als mögliche Anpassung der Erreger an bestimmte Wirtsspezies an. Die vorherrschenden Regionaltypen wurden jeweils beim Rotwild als auch bei Rindern isoliert, eine Übertragung bzw. Infektion zwischen den zwei Spezies kann als gesichert gelten. Die Infektionsrichtung und der Hauptwirt konnten jedoch nicht bestimmt werden (Domogalla et al. 2013). Neuere Untersuchungsergebnisse legen eine Infektion in beide Richtungen nahe (Rettinger et al. 2015). Im Bezirk Reutte in den Gebieten Lechtal wurden 2008 insgesamt 143 Proben vom Rotwild untersucht, davon waren neun Proben auf *M. caprae* positiv (6,29 %). Zusätzlich wurden die Isolate mittels beider oben genannter Typisierungsverfahren analysiert. Sechs von neun Isolaten waren auf allen 24 Loci identisch, drei Isolate waren nur in einem Locus unterschiedlich. Alle Isolate gehörten außerdem zu einem dominanten MIRU-VNTR-Muster, das als Typ „Lechtal“ bezeichnet wird. Nur eines der Variantenmuster wurde zuvor beobachtet. Diese Variante, genannt „Kaisers“, war in zwei Hirschen im Kaiserseidental südlich von Steeg, in einem geografisch in der Nähe von Kaisers gelegenen Ort, 2006 isoliert worden (Schoepf et al. 2012).

#### Anzahl der Nachweise von und Prävalenzdaten für *M. caprae* bei Rotwild in Westösterreich

In einigen Gebieten der Bundesländer Vorarlberg und Tirol ist es seit 2008 im Verlauf der Alpungs- und Weideperiode durch die gemeinsame Nutzung von Weideflächen durch Rotwild und Rind zu einer Übertragung von *M. caprae* von infiziertem Rotwild auf Rinder gekommen.

Zur Eruiierung der Situation werden daher jährlich in diesen speziellen Gebieten Sonderüberwachungs- und Sonderuntersuchungsgebiete gemäß der Rindertuberkulose-Verordnung BGBl. (Bundesgesetzblatt) II Nr. 279/2014 amtlich ausgewiesen. Mittels Tuberkulin- bzw. Simultantest werden die Rinder vor und zusätzlich nach der Alpungsperiode in diesen Gebieten auf Tuberkulose untersucht. Eine Anpassung der Untersuchungen und ggf. Gebietsanpassungen richten sich nach der jeweiligen Feststellung der epidemiologischen Situation in diesen Gebieten (AGES 2012b; Nigsch et al. 2018). Seit 2009 führt das Bundesland Vorarlberg ein landesweites Rotwild-Tuberkulose-Monitoring durch. Zudem wurde vier Jahre später ein Bekämpfungsgebiet im Bezirk Bludenz eingerichtet (AGES 2018a; Nigsch et al. 2018).

Im alpinen Raum in den Regionen des Allgäu an der deutsch-österreichischen Staatsgrenze wurden in den Jagdjahren 2009 bis inklusive 2012 278 Rotwildproben untersucht. Drei von diesen Proben waren positiv auf *M. caprae*. Dieses Gebiet grenzt an das Lechtal, wo in den vier Jagdjahren 2009–2012 48 aus 286 Rotwildproben positiv bestätigt wurden. Zudem wurden in den Regionen des östlichen Vorarlbergs an der Bundeslandgrenze zu Tirol in sieben von 108 untersuchten Proben *M. caprae* festgestellt. Diese Daten deuten auf ein konzentriertes Vorkommen der Tuberkulose bei Rindern in diesem Gebiet hin (Abb. 2; Chiari et al. 2014; Fink et al. 2015). Im Tiroler Seuchengebiet wurden 2012 60 und in Vorarlberg ein Stück Rotwild positiv auf *M. caprae* getestet (AGES 2013b). Einer der Gründe für eine lokale Häufung dieser Fälle könnte die Wildtierfütterung sein, welche zur Verhinderung der Auswanderung und zur Aufrechterhaltung eines hohen Rotwildbestandes eingesetzt wird. In diesen Hot-Spot-Zonen ist die Gesamtdichte der Tiere bei 5,6 Tieren/ km<sup>2</sup>. Als Referenzwerte für eine niedrige Dichte sind 0,5–2,5 bzw. 2–4 Tiere/ km<sup>2</sup> und für eine mittlere Dichte 9,7 Tiere/ km<sup>2</sup> zu betrachten. Jedoch steigt die Wilddichte bei den Fütterungsplätzen in den Wintermonaten bis auf 46,2 Tiere/ km<sup>2</sup> drastisch an (Statistik Austria, <http://www.statistik.at>; Chiari et al. 2014; Fink et al. 2015).

Die Abb. 2 zeigt die geschätzte Prävalenz aus den Jahren 2009 bis 2012 im alpinen Raum aus 22 verschiedenen Untersuchungszonen. Interessant ist auch, dass in der Region Bergamo/ Brescia in Italien, 200 km vom Hot-Spot Lechtal entfernt, ein positiver Fall von *M. caprae* bei 77 untersuchten Tieren festgestellt worden ist. Dieses Gebiet gilt als Region mit hoher Rotwildichte mit 16 Tieren/ km<sup>2</sup>. Italien führte allerdings in diesem Zeitraum kein Fütterungsprogramm für Rotwild durch. Der Genotyp von Brescia ist dennoch der gleiche wie aus dem Lechtal. Es wird deshalb vermutet, dass dieser Genotyp von Österreich nach Italien

importiert wurde (Chiari et al. 2014; Fink et al. 2015). Zusätzlich wurden 2013 in Tirol bei 34 und im Vorarlberg bei 19 Stück Rotwild *M. caprae* nachgewiesen (AGES 2014a). Zwei dieser Isolate, die ursprünglich aus Deutschland stammen, wurden in Karwendel, Karwendelgebirge (Österreich), entdeckt. Diese Isolate werden Karwendel Genotyp genannt (Fink et al. 2015).

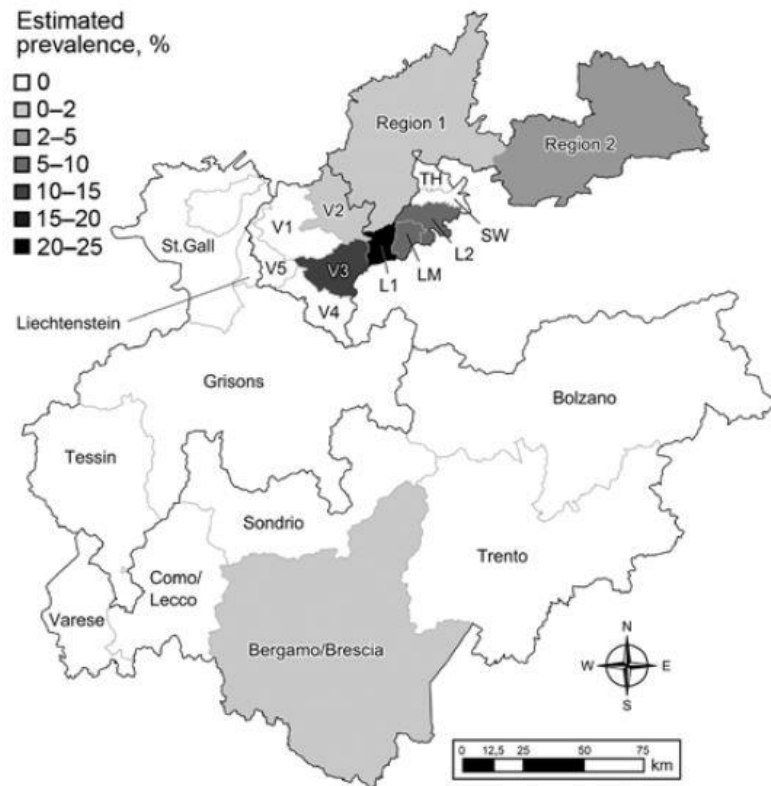


Abb. 2 Untersuchung der Prävalenz von TBC beim Rotwild im alpinen Raum von 2009 bis 2012. Untersuchungsgebiet im Alpenraum mit den 22 Probenahme-Regionen und der geschätzten Prävalenz von *M. caprae*. Prävalenzbereiche werden in sechs Intervalle eingeteilt. Österreich: Vorarlberg (V1-V5), und Tiroler Lechtal: Lechtal I (L1), Lechtal Mittel (LM), Lechtal II (L2), Schwarzwasser (SW) und Tannheimertal (TH). Deutschland: Bayern (Region 1 und Region 2). Schweiz: St. Gallen, Grisons, Tessin und Liechtenstein. Italien: Varese, Como/Lecco, Sondrio, Bergamo/Brescia, Trento, Bolzano (Fink et al. 2015).

Im Folgejahr 2014 diagnostizierte man bei 15 Stück Rotwild *M. caprae* (AGES 2015a). Auch 2015 fand man bei 29 Stück Rotwild, 27 Proben aus Tirol und zwei aus dem Vorarlberg, denselben Erreger (AGES 2016a). Im Jahr 2016 zählten Vorarlberg 62 und Tirol 18 positive Proben beim Rotwild (AGES 2017a).

Im Jahr 2011 wurde zum ersten Mal in Tirol ein entsprechendes Seuchengebiet im Bezirk Reutte in den Hegeringen Lechtal I, Lechtal Mitte, im Bezirk Landeck im Hegering Zams

definiert. In diesem Jahr wurden bei 47 Stück Rotwild *M. caprae* kulturell nachgewiesen (AGES 2018b; Nigsch et al. 2018). Im Rotwild-Tuberkulosegebiet bzw. *M. caprae*-Seuchengebiet wurden im Jagdjahr 2017 im Bezirk Reutte, Bundesland Tirol, insgesamt 239 Stück Rotwild beschaut und bei 13 Tieren (5,44 %) eine Infektion mit Tuberkulose festgestellt. Bestimmte Gebiete in den Bezirken Innsbruck-Land, Schwaz, Landeck, Kaufstein und Reutte gelten als „Screening“-Gebiete. In diesen Revieren wurden 363 Stück Rotwild untersucht. Bei sieben Tieren (1,93 %) wurde *M. caprae* festgesellt. Im Vorarlberger Bekämpfungsgebiet und im landesweiten Monitoring wurden insgesamt 829 Stück Rotwild begutachtet und bei 28 Tieren (3,38 %) eine Infektion mit *M. caprae* nachgewiesen. Die rechtliche Grundlage ist die Rotwild-Tuberkulose-Verordnung (AGES 2018a,b; Nigsch et al. 2018).

#### Anzahl der Nachweise von und Prävalenzdaten für *M. caprae* bei Hauswiederkäuern in Westösterreich

Für Hauswiederkäuer begann die Überwachung und Reglementierung der TBC bereits früher als beim Rotwild. Seit dem Jahr 1998 strebte Österreich vermehrt mit dem implementierten landesweiten staatlichen Bekämpfungsprogramm die amtliche Anerkennung eines Rindertuberkulosefreien Mitgliedstaates in der EU an. Daraufhin wurden nach den Anforderungen der EU im Jahr 1998 405.942 Rinder und 4.590 Ziegen aus 36.928 Betrieben getestet und kein Reagent festgestellt (Bundeskanzleramt Sektion VI 1999). 1999 wurden 331.533 Rinder und 3.981 Ziegen in 29.722 Betrieben getestet, dabei wurden 42 Rinder, davon 38 Rinder aus Tirol, positiv getestet (Bundeskanzleramt Sektion VI 2000). Österreich hat nach seiner Anerkennung der Rindertuberkulosefreiheit die flächendeckende Untersuchung mittels Intrakutantest für Wiederkäuer ab Mai 2000 eingestellt. Die weitere Überwachung der Krankheit und zur Erhaltung des Tuberkulosefreiheitstatus erfolgt im Zuge der Schlachttier- und Fleischuntersuchung (SFU) nach der Richtlinie GZ 39.624/9-IX/A/8/00 (AGES 2018b; Nigsch et al. 2018). Somit wurden im Jahr 2000 nur noch 2.732 Rinder und 47 Ziegen untersucht, wovon keines der Tiere ein positives Ergebnis aufwies (BMSG 2001). 2001 wurden 544 Rinder mittels Intrakutantest getestet und im Zuge der SFU wurden 601.205 Rinder, 115.270 Kälber und 4.716 Ziegen untersucht, von welchen 5.757 bakteriologische Proben eingesandt wurden. Keines der Tiere hatte einen positiven Befund (BMSG 2002). Im Jahr 2002 wurden mittels Intrakutantest 1.055 Rinder untersucht. In Tirol reagierte ein Rind und in Vorarlberg 19 Rinder positiv auf den Intrakutantest. Dies führte zu einer sofortigen

Quarantäne der Betriebe. In allen 20 Fällen wurde *M. caprae* festgestellt (BMGF 2003). 2003 wurde kein positiver TBC-Befund bei Rindern festgestellt, untersucht wurden 803 Rinder (BMGF 2004). Im Jahr 2004 wurde ebenfalls kein Fall von TBC diagnostiziert. Hierfür wurden drei Ziegen und 898 Rinder mittels Hauttests untersucht (BMFG 2005). In den Jahren 2005 und 2006 wurde bei 831 bzw. 548 getesteten Rindern ebenfalls kein Fall von TBC festgestellt (BMGFJ 2006; AGES 2007). 2007 wurde bei einem Rind *M. caprae* festgestellt und im gleichen Zeitraum wurde in Vorarlberg ein Rotwild mit *M. caprae*-Infektion bestätigt. Beide Proben wurden molekulargenetisch typisiert, es zeigte sich ein übereinstimmendes DNA (Desoxyribonukleinsäure)-Fingerprint-Muster (AGES 2008). 2008 wurde bei der SFU eine offene Lungentuberkulose bei einem Rind festgestellt. Die Untersuchung des Herkunftsbetriebes zeigte eine Vielzahl an Reagenten im Betrieb auf, daraufhin wurden der gesamte Betrieb gesperrt und die Rinder gekeult. Auf Anordnung des Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen wurde die Tuberkulinisierung für die Bezirke Landeck, Reutte, Innsbruck-Land und Imst für alle untersuchungspflichtigen Rinder angeordnet; dabei wurde *M. caprae* in weiteren Beständen nachgewiesen. Die Bilanz aus dem Jahr 2008 war 21 *M. caprae* positive Rinder aus 14 Beständen (AGES 2009b). Eine Infektion mit *M. caprae* wurde 2009 bei fünf Rindern aus zwei Beständen im Bundesland Tirol bestätigt (AGES 2010b). 2010 wurden aus acht Beständen acht Rinder positiv auf *M. caprae* getestet. Die Typisierung der Isolate zeigte eine Übereinstimmung der *M. caprae* Varianten aus diesem und den letzten Jahren (AGES 2011b).

Aufgrund der übereinstimmenden Daten der Isolate aus Hausrindern und Rotwild wurde die Untersuchung ausgeweitet. 2011 wurden daraufhin 7.865 Rinder einem Intrakutantest unterzogen. In drei Betrieben wurde MTBC molekularbiologisch bestätigt. Auch hier wurde eine Typisierung durchgeführt und ein identisches Isolat vom *M. caprae*, welches im Rotwild zirkuliert, festgestellt (AGES 2012b). In dem Folgejahr 2012 wurden in drei Betrieben bei insgesamt 25 Rindern *M. caprae* nachgewiesen (AGES 2013b). 41.299 Rinder wurden 2013 in den Tiroler und Vorarlberger Sonderuntersuchungs- und Sonderüberwachungsgebieten tuberkulisiert, dabei wurden in fünf Rinderbetrieben zehn Rinder positiv auf das *M. caprae* getestet. Zum ersten Mal wurde der Genotyp Karwendel im Rotwild und im Rinderbestand nachgewiesen (AGES 2014a,b). 2014 wurden elf Rinder aus zehn Betrieben positiv getestet (AGES 2015b), 2015 waren es fünf Rinder aus vier Betrieben (AGES 2016b). 2016 wurden bereits 37 Rinder aus 17 Betrieben positiv getestet (AGES 2017b). In den Sonderüberwachungs- und TBC-Sonderuntersuchungsgebieten in Vorarlberg

und Tirol wurden im Jahr 2017 insgesamt 17.699 Rinder in 1.558 Betrieben auf TBC untersucht. In acht Beständen (bzw. bei neun Rindern) wurde eine Infektion mit dem Pathogen *M. caprae* diagnostiziert. *M. bovis* wurde dagegen seit 1998 nicht mehr nachgewiesen (AGES 2018a). Die folgende Tab. 1 fasst die *M. caprae* Nachweise beim (Haus-)Rind und Rotwild in Österreich von 2006 bis inklusive 2017 zusammen.

*Tab. 1 Gemeldete M. caprae-Fälle beim (Haus-)Rind und Rotwild in AT; k.A. = keine Daten seitens der AGES veröffentlicht. (Bericht des Bereichs Verbraucher-Gesundheit BMGF 2006; Jahresbericht Veterinärmedizin AGES 2007; 2008; 2009; Veterinärjahresbericht AGES 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).*

|                             | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| pos. Fälle beim (Haus) Rind | 0    | 0    | 21   | 6    | 8    | 3    | 3    | 10   | 11   | 5    | 37   | 9    |
| pos. Fälle beim Rotwild     | k.A. | k.A. | 9    | k.A. | k.A. | 47   | 67   | 53   | 15   | 29   | 80   | 48   |

### 2.3.2 Paratuberkulose in Österreich

#### Nachweise bzw. Häufigkeit von Paratuberkulose in Westösterreich

Das Bundesministerium für Gesundheit und Frauen in Österreich hat schon früh die Bedeutung der Paratuberkulose in Rinderbeständen erkannt und Studien über die Prävalenz bei Rindern in Österreich in Auftrag gegeben (AGES<sup>1</sup>). Grund für die Erhebung der Daten war, dass in den 90iger Jahren zunehmend infizierte Schwarzbunte Rinder aus Deutschland nach Österreich importiert wurden. Die Anzahl von in Deutschland positiv auf Paratuberkulose gemeldeten Beständen stieg von 128 im Jahr 1983 auf 609 im Jahr 1993 an (Avid 1995; Gasteiner et al. 1999). Dies und Nachweise bei Ziegen in Slowenien (Prävalenz 3,5 %; Sodoma et al. 2017) zeigten, dass die Paratuberkulose bereits in den Nachbarländern Österreichs zu diesem Zeitpunkt vertreten war. Es handelte sich aber nicht um ein regionales (europäisches) Problem, so war z.B. die Prävalenz in Australien im zweistelligen Prozentbereich (Prävalenz 20 % im gesamten Rinderbestand bzw. 13 % im Milchviehbestand) (Stephens und Aukema 1989; Gasteiner et al. 1999). Zudem zeigt der „Island-Vorfall“ im Jahre 1933 die große Problematik der Diagnostik und der „leichten“ Einschleppung von gewissen Infektionskrankheiten. In diesem Jahr wurden 20 Karakulschafe aus Deutschland nach Island importiert. Angesichts der langen Inkubationszeit wurden die drei langsam verlaufenden Infektionskrankheiten Maedi/ Visna, Jaagsiekte (Lungenadenomatose) und die Paratuberkulose bei den Quarantäneuntersuchungen nicht erfasst. Island war bis zu diesem Zeitpunkt frei von Paratuberkulose, ein Nachweis von *MAP* gelang erst fünf Jahre später. In den Folgejahren wurden 440 Betriebe infiziert. Neben Schafen erkrankten Ziegen, Rinder und ein Rentier (Begg und Whittington 2010; Sodoma et al. 2017). Das Zitat von Gerd Benedictus (1985) „Die Paratuberkulose wird gekauft und dafür bezahlt.“ suggeriert, dass die Einschleppung sehr häufig über den Kauf klinisch unauffälliger, infizierter Tiere erfolgt.

Eine Prävalenzstudie in Österreich für den Zeitraum 1995 bis 1997 ergab eine Prävalenz von 1,99 % bezogen auf die untersuchten Tiere (219 von 11.028 Rindern) bzw. von 6,96 % der Betriebe (192 von 2757 Betrieben; Gasteiner et al. 1999). 168 Betriebe wiesen ein positives Tier, 21 Betriebe zwei positive Tiere und drei Betriebe drei positive Tiere auf. Insbesondere wurde die Rasse Schwarzbunt gefolgt von Braunvieh am häufigsten positiv auf

---

<sup>1</sup> AGES Presseinformation zu Vorbeugung der Rinder-Paratuberkulose

[https://www.ages.at/download/0/0/4000c3443cdb181219cc35ab8dcc5565dc46cbb6/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Bilder/TG-Paratuberkulose/AGES\\_Paratuberkulose\\_03.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/4000c3443cdb181219cc35ab8dcc5565dc46cbb6/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Bilder/TG-Paratuberkulose/AGES_Paratuberkulose_03.pdf) (Zugriff am 02.11.2019).

*MAP* getestet (Gasteiner et al. 1999). In einer späteren Studie (Dreier 2003) wurde die Prävalenz bei Rindern aus Schlachthöfen gemäß Stichprobenplan ermittelt. Hierfür wurden 756 Rinder in einem Zeitraum von 2002 bis 2003 aus ebenso vielen Betrieben (756 Betriebe) getestet. Die Prävalenz bei den Betrieben bzw. Rindern lag bei 19,05 %. Der Vergleich beider Studien zeigt einen Anstieg der Prävalenz bei Rindern von 6,96 % um 12,09 Prozentpunkte auf 19,05 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die Studie von Gasteiner et al. (1999) zwei verschiedene ELISAs benutzt wurden. Im ersten Test [Allied-ELISA (Allied Monitor Fayette USA) Sensitivität 88,2 % und Spezifität von 81,6 % (Gasteiner et al. 1999)] positive oder fragliche Ergebnisse wurden zusätzlich mit dem H-ELISA (Institut für Mikrobiologie, Tierärztliche Hochschule Hannover, Deutschland) untersucht, dessen Sensitivität 93,8 % und Spezifität 99,0 % beträgt (Jark et al. 1997; Baumgartner 2005). In der Studie von Dreier (2003) wurde der Svanovir<sup>TM</sup>-ELISA (Svanova Biotech Uppsala, Schweden) verwendet. Dieser ELISA ist eine Weiterentwicklung des verwendeten H-ELISA aus der ersten Untersuchung von Gasteiner et al. (1999) und bietet nach Jark et al. (1997) die identischen Werte für Sensitivität (93,8 %) und Spezifität (99,0 %). Dies bedeutet, dass in der ersten Studie eher eine unterschätzte Prävalenz widerspiegelt wird. Proben, die falsch negativ sind, wurden nicht im zweiten ELISA (H-ELISA) Test nachuntersucht. Dennoch können wegen der vergleichbaren Sensitivitätswerte von 88,2 % (Gasteiner et al. 1999) und 93,8 % (Dreier 2003) die Ergebnisse miteinander verglichen werden (Baumgartner 2005). Trotz des Anstieges der Prävalenz weist Österreich im internationalen Vergleich eine immer noch niedrige Prävalenz auf. Weber et al. (2000) fanden in Bayern eine Prävalenz von 28,8 % bei Rinderbetrieben. Hacker et al. (2004) wiesen mit dem Svanovir ELISA Test eine Prävalenz von 84,7 % in Milchviehherden in Mecklenburg-Vorpommern nach und in Dänemark konnten Jakobsen et al. (2000) eine Prävalenz von 47,0 % in Milchviehherden ermitteln. Österreich konnte als erstes europäisches Land verlässliche, dokumentierte und flächendeckende Daten über die Prävalenz und deren Entwicklung der Paratuberkulose in Rinderherden vorlegen und geeignete Interventionsmaßnahmen entwickeln (Khol et al. 2019).

### Überwachungsprogramme

Eine der Interventionsmaßnahmen stellt die Paratuberkulose-Verordnung dar. Diese trat 2006 in Kraft. Eine andere Interventionsmaßnahme ist das freiwillige *MAP* Überwachungs- und Bekämpfungsprogramm in Tirol, welches seit 2013 in Kraft ist. Beide Interventionsmaßnahmen werden im Kapitel 2.5 näher beschrieben. Die AGES Österreich dokumentiert seit dem In-

Kraft-Treten der Paratuberkulose-Verordnung die eingesandten klinischen Verdachtsfälle von Paratuberkulose der Wiederkäuer aus der gesamten Republik (AGES 2007a,b). Die Proben werden ins nationale Referenzlabor AGES – Institut für veterinärmedizinische Untersuchungen in Linz geschickt und dort analysiert. In den Veterinärjahresberichten der AGES können seit 2008 die eingesandten Verdachtsfälle, positive Laborergebnisse und positive Betriebe auch grafisch pro Bundesland nachgeschlagen werden. Anhand der Daten zeigt sich, dass die Bundesländer Steiermark, Tirol und Vorarlberg die meisten positiven Fälle der Paratuberkulose in den eingesandten Proben im Jahr aufweisen (Tab. 2). Dennoch ist ein Abwärtstrend in allen drei Kategorien, nämlich 1. eingesandte Verdachtsfälle, 2. positives Laborergebnis und 3. positive Betriebe, über die Jahre in den einzelnen Bundesländern zu erkennen (Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5). Wahrscheinlich tragen die Interventionsmaßnahmen maßgeblich zu einer signifikanten Verbesserung der Paratuberkulosesituation in Rinderbeständen in Österreich bei (AGES 2018a,b).

Tab. 2 Eingesandte Proben von Verdachtsfällen von Paratuberkulose von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in AT; eingesandte Verdachtsfälle (schwarz), positives Laborergebnis (rot), positive Betriebe (blau), k.A. = keine Angaben. (Bericht des Bereiches Verbraucher-Gesundheit BMGF 2006; Jahresbericht Veterinärmedizin AGES 2007; 2008; 2009; Veterinärjahresbericht AGES 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

| Eingesandte Verdachtsfälle von Paratuberkulose in AT |  |  | 2006 |      |      | 2007 |    |      | 2008 |    |    | 2009 |    |    | 2010 |    |    | 2011 |    |    |
|------------------------------------------------------|--|--|------|------|------|------|----|------|------|----|----|------|----|----|------|----|----|------|----|----|
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
| Burgenland                                           |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 0    | 0  | k.a. | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 2    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  |
| Kärnten                                              |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 6    | 2  | k.a. | 10   | 2  | 0  | 7    | 2  | 2  | 9    | 3  | 3  | 9    | 5  | 3  |
| Niederösterreich                                     |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 2    | 1  | k.a. | 1    | 0  | 0  | 5    | 1  | 1  | 2    | 1  | 1  | 1    | 0  | 0  |
| Oberösterreich                                       |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 10   | 5  | k.a. | 15   | 2  | 2  | 19   | 4  | 3  | 28   | 13 | 6  | 21   | 9  | 3  |
| Salzburg                                             |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 5    | 1  | k.a. | 2    | 2  | 2  | 6    | 4  | 2  | 4    | 0  | 0  | 5    | 0  | 0  |
| Steiermark                                           |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 64   | 29 | k.a. | 56   | 18 | 12 | 50   | 20 | 9  | 28   | 13 | 8  | 54   | 31 | 14 |
| Tirol                                                |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 9    | 3  | k.a. | 13   | 4  | 4  | 10   | 6  | 5  | 9    | 8  | 6  | 20   | 15 | 6  |
| Vorarlberg                                           |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 12   | 5  | k.a. | 52   | 10 | 7  | 15   | 2  | 2  | 9    | 3  | 3  | 11   | 5  | 5  |
| Wien                                                 |  |  | k.a. | k.a. | k.a. | 0    | 0  | k.a. | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  |
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
| Gesamt                                               |  |  | k.a. | 21   | 10   | 108  | 46 | 74   | 149  | 38 | 29 | 112  | 39 | 24 | 91   | 41 | 27 | 121  | 65 | 31 |
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
| Eingesandte Verdachtsfälle von Paratuberkulose in AT |  |  | 2012 |      |      | 2013 |    |      | 2014 |    |    | 2015 |    |    | 2016 |    |    | 2017 |    |    |
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
| Burgenland                                           |  |  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  |
| Kärnten                                              |  |  | 5    | 1    | 1    | 4    | 0  | 0    | 0    | 0  | 0  | 2    | 0  | 0  | 52   | 4  | 4  | 3    | 1  | 1  |
| Niederösterreich                                     |  |  | 2    | 1    | 1    | 3    | 2  | 1    | 2    | 0  | 0  | 35   | 6  | 4  | 7    | 1  | 1  | 2    | 1  | 1  |
| Oberösterreich                                       |  |  | 108  | 5    | 3    | 18   | 1  | 1    | 12   | 3  | 3  | 5    | 3  | 3  | 4    | 1  | 1  | 17   | 2  | 1  |
| Salzburg                                             |  |  | 2    | 0    | 0    | 5    | 1  | 1    | 1    | 0  | 0  | 8    | 2  | 2  | 40   | 4  | 2  | 5    | 1  | 1  |
| Steiermark                                           |  |  | 69   | 32   | 15   | 32   | 15 | 11   | 36   | 21 | 16 | 31   | 13 | 10 | 21   | 10 | 8  | 20   | 7  | 7  |
| Tirol                                                |  |  | 8    | 4    | 4    | 11   | 7  | 5    | 12   | 3  | 3  | 18   | 9  | 7  | 17   | 10 | 9  | 12   | 3  | 3  |
| Vorarlberg                                           |  |  | 9    | 8    | 7    | 6    | 2  | 2    | 5    | 1  | 1  | 12   | 6  | 5  | 24   | 15 | 4  | 8    | 1  | 1  |
| Wien                                                 |  |  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  |
|                                                      |  |  |      |      |      |      |    |      |      |    |    |      |    |    |      |    |    |      |    |    |
| Gesamt                                               |  |  | 203  | 51   | 31   | 79   | 28 | 21   | 68   | 28 | 23 | 111  | 39 | 31 | 165  | 45 | 29 | 67   | 16 | 15 |

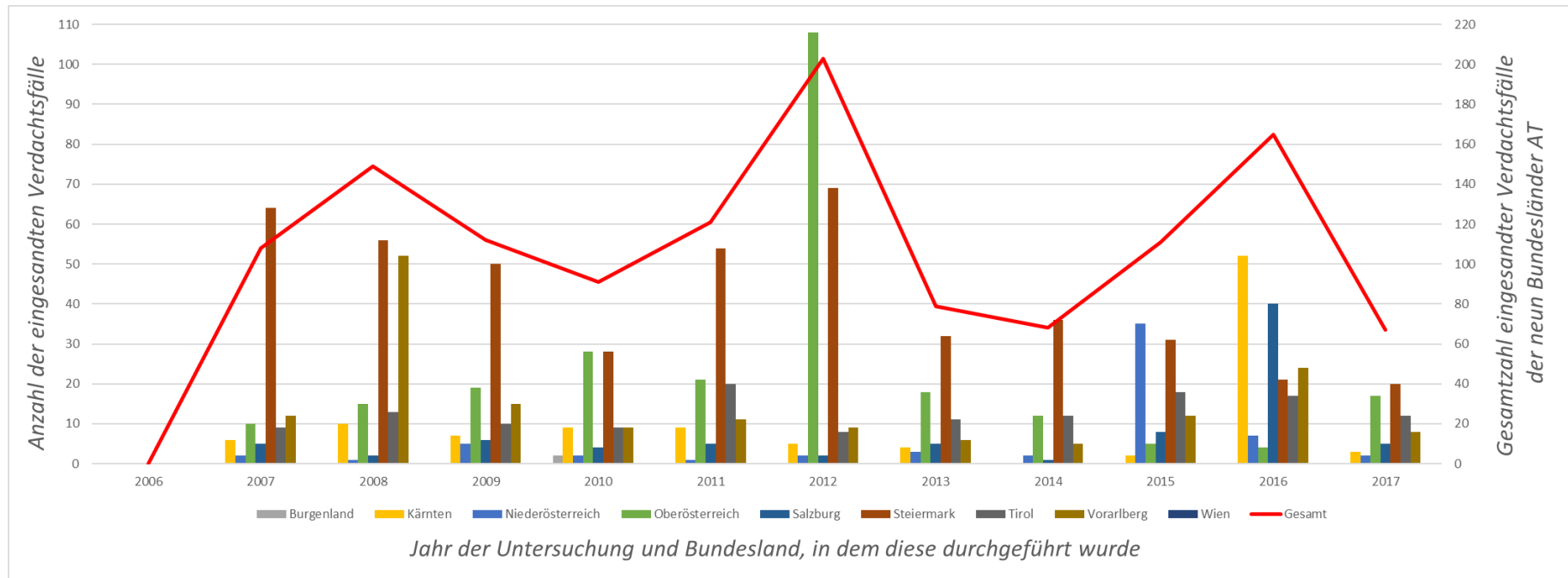


Abb. 3 Grafische Darstellung Zahl der eingesandten Verdachtsproben auf Paratuberkulose von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in Österreich. In der X-Achse sind die Jahre angegeben, die primäre Y-Achse gibt die Anzahl eingesandter Verdachtsfälle/ Proben an, wobei die Darstellung nach Bundesland geordnet als Säulen erfolgt, die Sekundärachse gibt die Gesamtprobenzahl aller Bundesländer als roten Linienzug an. (Bericht des Bereiches Verbraucher-Gesundheit BMGF 2006; Jahresbericht Veterinärmedizin AGES 2007; 2008; 2009; Veterinärjahresbericht AGES 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

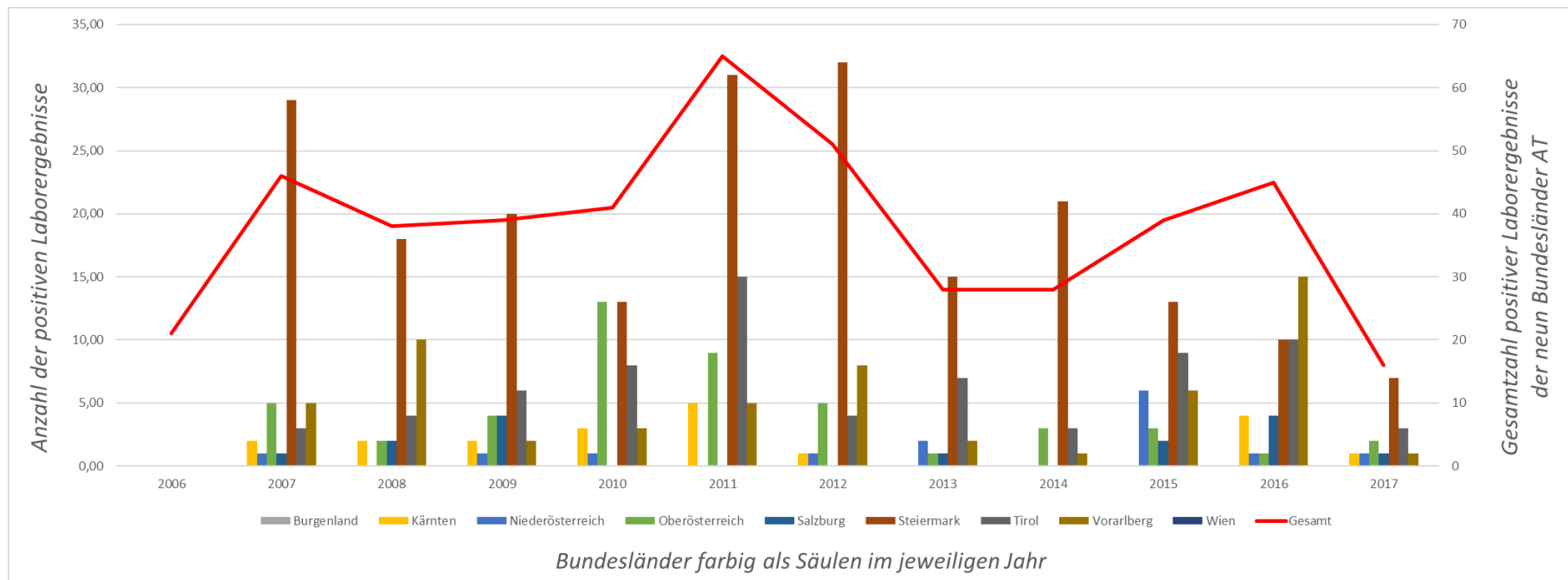


Abb. 4 Grafische Darstellung der positiven Laboregebnisse von Paratuberkulose von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in Österreich. In der X-Achse sind die Jahre angegeben, die primäre Y-Achse gibt die Anzahl positiver Laboregebnisse an, wobei die Darstellung nach Bundesland geordnet als Säulen erfolgt, und die Sekundärachse zeigt die Summe der positiven Laboregebnisse aller Bundesländer als roten Linienzug. (Bericht des Bereiches Verbraucher-Gesundheit BMGF 2006; Jahresbericht Veterinärmedizin AGES 2007; 2008; 2009; Veterinärjahresbericht AGES 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

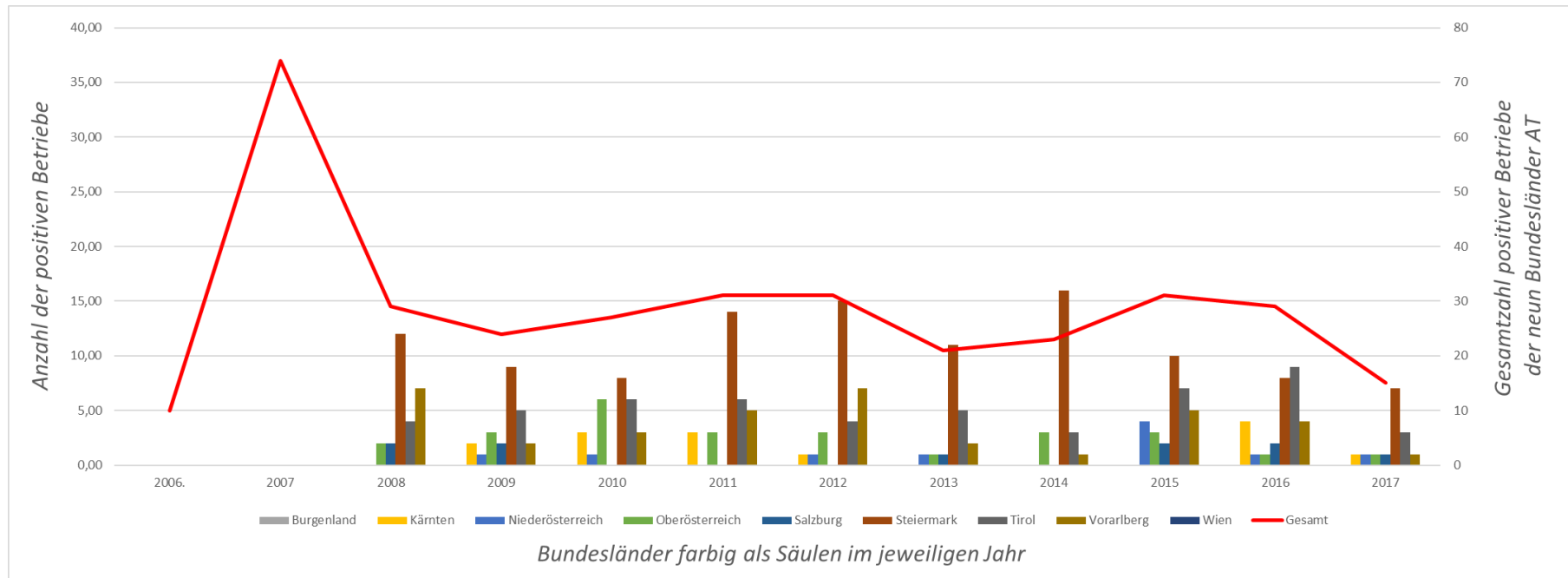


Abb. 5 Grafische Darstellung der Paratuberkulose-positiven Betriebe von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in Österreich. In der X-Achse sind die Jahre angegeben, die primäre Y-Achse gibt die Anzahl der positiven Betriebe an, wobei die Darstellung nach Bundesland geordnet als Säulen erfolgt, und die Sekundärachse zeigt die gesamten positiven Betriebe als roten Linienzug. (Bericht des Bereiches Verbraucher-Gesundheit BMGF 2006; Jahresbericht Veterinärmedizin AGES 2007; 2008; 2009; Veterinärjahresbericht AGES 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

### Paratuberkulose bei Wildtieren

Es gibt wenige Daten zum Vorkommen von *MAP* bei Wildtieren. Deutz (2004) beschreibt in seiner Studie den Paratuberkulosenachweis in Wildtierspezies in den Jahren 2002 und 2003 aus dem Bundesland Steiermark. In dieser Studie wurden unter anderem 358 Wildtierproben gesammelt und die Mesenteriallymphknoten kulturell sowie molekularbiologisch mittels PCR (Polymerase-Kettenreaktion) untersucht. In 23 % der Proben (82 Proben) wurden positive Ergebnisse erhalten. Der Nachweis von *MAP* gelang bei Rotwild in 24 von 70 Proben (34,29 %), bei Rehwild in 36 von 117 Proben (30,77 %), bei Gamswild in neun von 29 (31,03 %), bei Mufflon in vier von fünf (80 %), bei Damwild in zwei von zwei (100 %), bei Fuchs in vier von 103 (3,88 %), bei Dachs in Null von eins (0 %), bei Feldhase in Null von drei (0 %), bei Schneehase in eins von eins (100 %), bei Wildkaninchen in Null von eins (0 %), bei Mäusen in eins von 18 (5,56 %), bei Vögeln 12,8 % (Deutz 2004). Hauswiederkäuer können von Wildtieren mit Paratuberkulose infiziert werden. Beard et al. (2001c) gelangen eine *MAP*-Infektion von Kälbern mit *MAP*-Isolaten aus Wildkaninchen. Nach sechs Monaten zeigten die Kälber die typischen Darmveränderungen wie bei *MAP*-Isolaten aus Rindern. Die infizierten Wildtiere übertragen die Erreger nicht nur an andere Tiere gleicher Spezies, sondern sind zugleich auch Überträger für andere Tierarten (Beard et al. 2001c; Deutz 2004). Diese Übertragungsmöglichkeiten machen eine genaue Analyse und Aussage, wie weit sich die *MAP*-Erreger im Wildtierbestand ausgebreitet haben, sehr schwierig (Deutz 2004). Aufgrund der höheren Abschusszahlen bei Rotwild und Rehwild zeigt sich die Prävalenz von 34,29 % und 30,77 % als recht hoch. Für Gamswild, Mufflon, Damwild, Fuchs, Dachs, Feldhase, Schneehase, Wildkaninchen, Mäuse und Vögel waren die Stichproben klein, weshalb weitere Daten über den Erreger gesammelt werden sollten und ggf. auf Ebene der Wildtierbestände Interventionsmaßnahmen oder Monitoring-Programme etabliert werden sollten.

## 2.4 Europäische und österreichische rechtliche Grundlagen zur Intervention der Tuberkulose und Paratuberkulose

### 2.4.1 Tuberkulose

#### Lebensmittelhygienische Vorschriften

Im Jahr 2004 wurden durch die Verordnung (EG) Nr. 853/2004 spezifische Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs in der europäischen Union eingeführt, die beispielsweise die Pasteurisierung und damit den Umgang mit tierischen Lebensmitteln wie Milch regeln (Europäische Union 2004). Die Pasteurisierung ist ein sichereres Verfahren, um mögliche TBC-Erreger in der Milch bzw. bei einer Rekontamination abzutöten (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit, kurz: EFSA 2003).

Auf nationaler Ebene wurde ergänzend die sogenannte Rohmilchverordnung StF: BGBl. II Nr. 106/2006 i.d.g.F. etabliert, welche das Inverkehrbringen von Rohrahm und Rohmilch, die für den direkten menschlichen Verzehr vorgesehen sind, und die damit in Zusammenhang stehenden Kennzeichnungs- und Behandlungsvorschriften regelt (BMGF 2006).

Des Weiteren regelt das Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz - LMSG BGBl. I Nr. 13/2006 i.d.g.F.<sup>2</sup> die Anforderungen an Wasser, Lebensmittel für den menschlichen Gebrauch, kosmetischen Mitteln sowie Gebrauchsgegenständen und hat seine Gültigkeit auf allen Verarbeitungs-, Produktions- und Vertriebsstufen (Bundesgesetz 2006a).

#### Vorschriften für Tiere

Festzuhalten ist, dass die bovine Tuberkulose aufgrund ihrer Übertragbarkeit auf den Menschen eine der wichtigsten Zoonosen darstellt und deswegen als Tierseuche international anzeigepflichtig ist, die wichtigsten Vertreter der bovinen TBC sind *M. bovis* und *M. caprae* (Hofmann 2005; Trautwein 2006; Tierseuchengesetz i.d.g.F.<sup>3</sup>). Nach der Entscheidung der EU-Kommission vom 23. Juni 2003, 2003/467/EG ist Österreich seit 1999 anerkannt frei von Rindertuberkulose.

<sup>2</sup><https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004546> (Zugriff am 02.11.2019).

<sup>3</sup><https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10010172/TSG%2c%20Fassung%20vom%2014.05.2019.pdf> (Zugriff am 02.11.2019).

Jedoch ist zu beachten, dass laut Richtlinie des Rates vom 26. Juni 1964 zur Regelung viehseuchenrechtlicher Fragen beim innergemeinschaftlichen Handelsverkehr mit Rindern und Schweinen (64/432/EWG) ein Mitgliedstaat oder Teile eines Mitgliedstaates seinen Status der amtlich anerkannten TBC-Freiheit nicht verliert bzw. verlieren, wenn im Durchschnitt eines Jahres höchstens 0,1 % der Rinderbestände mit Tuberkulose infiziert sind, aber gleichzeitig mindestens 99,9 % aller Rinderbestände im Zeitraum von sechs aufeinanderfolgenden Jahren in jedem Jahr ihren amtlich anerkannten Status der Tuberkulosefreiheit behalten bzw. erlangen.

Darüber hinaus kann die europäische Kommission zu gegebenem Anlass, wie z.B. bei einer Änderung der Seuchenlage, beschließen, dass Mitgliedsstaaten oder Teilen davon der Status der TBC-Freiheit entzogen wird, bis die zu erfüllenden Auflagen des Beschlusses adäquat umgesetzt sind (EWG 1964).

Weitere wichtige nationale Rechtstexte sind unter anderem die Rinder-Tuberkulose-Verordnung [BGBl. II Nr. 279/2014](#) als Grundlage zur Verhinderung der Verbreitung und Einschleppung der Tuberkulose der Rinder, auf Grundlage der Richtlinie 64/432/EWG zur Regelung viehseuchenrechtlicher Fragen beim innergemeinschaftlichen Handelsverkehr mit Schweinen und Rindern, i.d.F. BGBl. II Nr., 279/2014. In Kraft trat diese Verordnung am 1. September 2008. Sie dient zur Erfassung aller potenziellen Tuberkulose-Pathogenen. Weiter regelt die Verordnung das weitere Vorgehen bei einem bestätigten Fall, bei Verdacht, bei möglichen Kontakt mit infizierten Tieren, die Verbringung, die Sperrung der Betriebe, das Erlöschen der Sperre und die Probenziehung (Europäische Wirtschaftsgemeinschaft, kurz: EWG 1964). Die Rotwild-TBC Verordnung [BGBl. II Nr. 181/2011](#) i.d.g.F. (BMG 2011) bietet die Grundlage, welche den Veterinärbehörden die Durchführung entsprechender Überwachungs- und Bekämpfungsmaßnahmen in definierten Risikogebieten, unter anderem Reduktion des Wildbestandes oder Kontrolle der Wildfütterung, ermöglicht (BMG 2011). Die Durchführungsbestimmungen über Verfahren und Mittel für die Ausübung der Desinfektionsmaßnahmen bei anzeigepflichtigen Tierseuchen wird in dem Desinfektionserlass-Tierseuchen (Desinfekt-Erl), GZ 39.505/6-III/A/4b/96 i.d.g.F. festgeschrieben (BMASGK 1996). Außerdem wird im Tierseuchengesetz StF: RGBl. Nr. 177/1909 i.d.g.F. die Tilgung und Abwehr von Tierseuchen aufgezeigt (Bundesrecht 1909). Die Tierseuchengesetz (TSG)-Durchführungsverordnung TSG-DVO RGBl 1909/178 i.d.g.F. BGBl 1959/5 stellt die gesetzliche Grundlage zur Durchführung von Tilgung und Abwehr von Tierseuchen dar (Bundesgesetz 1959).

### 2.4.2 Paratuberkulose

Die Paratuberkulose-Verordnung, BGBl. II Nr. 48/2006: Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen über ein Überwachungsprogramm zur Bekämpfung der klinischen Paratuberkulose bei Wiederkäuern, ist in Österreich am 3. April 2006 in Kraft getreten (AGES 2018). Grund für diese Maßnahme ist der rasante Anstieg der positiven Betriebe in den Jahren von 1977 bis 2004 von sieben auf 14 % (BMGFJ 2006). Diese Verordnung besagt, dass Wiederkäuer, welche Anzeichen einer klinischen Paratuberkuloseinfektion zeigen, unverzüglich der Bezirksverwaltungsbehörde anzuzeigen sind. Die entsprechenden Laboruntersuchungen von Kot und Blut leitet die Bezirksverwaltungsbehörde ein. Wird eine deutliche Abmagerung bei Tieren im Rahmen einer Schlachttieruntersuchung festgestellt, so ist eine bakteriologische Fleischuntersuchung inklusive einer Untersuchung der Darm- und Leberlymphknoten sowie von Darmteilen auf die Anwesenheit von *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* durchzuführen. Wird durch die Laboruntersuchung der klinische Verdacht bestätigt, muss eine tierschutzgerechte Tötung erfolgen. Ein positiver Befund bei der Fleischuntersuchung zieht die Untauglichkeit des Tieres bzw. des Fleisches nach sich (Khol et al. 2007; AGES 2018a,b).

Nach § 6 der Paratuberkulose-Verordnung (BGBl. II Nr. 48/2006) ist die Vorgehensweise bei der Feststellung von klinisch oder pathologisch-anatomisch positiven Fällen wie folgt:

1. Der Verdachtsfall muss mittels geeigneter Laborverfahren und Probenuntersuchungen von Blut, Kot, Lymphknoten oder Anteilen des Darms den Nachweis von *MAP* bestätigen. Erst nach der Bestätigung durch die adäquaten Untersuchungsmethoden liegt ein klinisch oder pathologisch-anatomisch positiver Fall von Paratuberkulose vor.
2. Von den im Verdacht von Paratuberkulose stehenden Tieren müssen Proben von den Lymphknoten der Leber und des Darms sowie von Darmteilen genommen und durch die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) zum Nachweis von für *MAP* spezifischen Nucleinsäuren untersucht werden. Dieser Nachweis ist an eine Methodenvorgabe durch das nationale Referenzlabor für Paratuberkulose gebunden (Anhang B der Paratuberkulose-Verordnung BGBl. II Nr. 48/2006).
3. Sind Tiere klinisch auffällig und stehen somit im Verdacht von Paratuberkulose, muss zunächst eine blutserologische Untersuchung durch den dementsprechenden Nachweis *MAP* spezifischer Antikörper durchgeführt werden, welche mittels Enzyme

Linked Immunosorbent Assay (ELISA) geschieht. Diese Untersuchung ist ebenfalls an die Methodenvorgabe durch das nationale Referenzlabor für Paratuberkulose gebunden (Anhang B der Paratuberkulose-Verordnung BGBl. II Nr. 48/2006). Fällt das Ergebnis negativ oder zweifelhaft aus, muss differenzialdiagnostisch eine Kotprobenuntersuchung mittels PCR zum Nachweis von *MAP* spezifischen Nucleinsäuren durchgeführt werden.

4. Die Untersuchungsergebnisse sind wie folgt zu bewerten:

- a. Das Tier ist als *MAP*-positiv einzustufen, wenn die Untersuchung des Probenmaterials auf *MAP* per PCR bei pathologisch-anatomisch verdächtigen Tieren positiv ausfällt (§ 6 Abs. 4.1).
- b. Ebenfalls eine *MAP*-positive Einstufung gilt bei einem *MAP*-positiven blutserologischen Untersuchungsergebnis bei klinisch verdächtigen Tieren (§ 6 Abs. 4.3).
- c. Sind die Untersuchungen des Probenmaterials auf *MAP* per PCR bei pathologisch-anatomisch verdächtigen Tieren hingegen negativ, so ist auch das Tier als *MAP*-negativ einzustufen (§ 6 Abs. 4.2).
- d. Dies gilt auch bei einem *MAP*-negativen blutserologischen Untersuchungsergebnis in Verbindung mit einer *MAP*-negativen Kotuntersuchung per PCR bei klinisch verdächtigen Tieren (§ 6 Abs. 4.4).
- e. Wenn bei klinisch verdächtigen Tieren das blutserologische Untersuchungsergebnis auf *MAP* negativ ist, aber die Kotuntersuchung auf *MAP* per PCR ein positives Ergebnis anzeigt, so ist das Tier als *MAP*-positiv einzustufen (§ 6 Abs. 4.5).
- f. Bei einem zweifelhaften Ergebnis nach einer blutserologischen Untersuchung auf *MAP* und einem *MAP*-positiven Untersuchungsergebnis des Kotes per PCR ergibt sich eine *MAP*-positive Einstufung des Tieres (§ 6 Abs. 4.6).
- g. Bei einem zweifelhaften Ergebnis nach einer blutserologischen Untersuchung auf *MAP* in Kombination mit einem *MAP*-negativen Untersuchungsergebnis des Kotes per PCR ist eine zweifelhafte Einstufung des Tieres bzgl. *MAP* gegeben (§ 6 Abs. 4.7).

- h. Eine erneute Blut- und Kotprobenentnahme des betreffenden Tieres ist bei einem zweifelhaften Befund frühestens nach drei Wochen gegeben. Diese Proben sind an die zuständige Untersuchungsstelle gemäß Absatz 5 einzuschicken (§ 6 Abs. 4.8).
- i. Folgt aus der erneuten Blut- und Kotuntersuchung bei zuvor als *MAP*-fraglich eingestuft Tieren bei beiden Proben ein *MAP*-negatives Ergebnis, ist das Tier als *MAP*-negativ einzustufen (§ 6 Abs. 4.9).

(Bundesgesetz 2006b).

Zusammenfassend gibt die Tab. 3 eine Übersicht über nationales und internationales Recht zur Bekämpfung der TBC und ParaTBC des Rindes.

Tab. 3 Vergleichende Übersicht über nationales und internationales Recht bei der Bekämpfung der TBC und ParaTBC des Rindes (Baumgärtner 2015; Klee 2006; Khol et al. 2019; Trautwein 2006; Rechtsinformationssystem des Bundes <https://www.ris.bka.gv.at/> [Zugriff am 22.10.2019]; Europäische Union <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=de> [Zugriff am 22.10.2019]).

| Erreger                                                             | Tuberkulose des MTC<br>( <i>Mycobacterium tuberculosis</i> complex)                                                                                                   | Paratuberkulose <i>M. avium</i><br><i>subspecies paratuberculosis</i>                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vorgehen bei positivem Fall                                         | Sperrung des Betriebes und Aussetzung der amtlichen Anerkennung der Tuberkulosefreiheit                                                                               | Auf Anordnung der Bezirksverwaltungsbehörde ist das Tier bzw. sind die Tiere binnen drei Werktagen tierschutzgerecht zu töten.                                        |
|                                                                     | Verdächtige Tiere so rasch wie möglich einer tierschutzgerechten, diagnostischen Tötung unterziehen                                                                   |                                                                                                                                                                       |
|                                                                     | Bei der SFU ist das gesamte Fleisch des betroffenen Tieres als genussuntauglich zu erklären und die Milch sowie Milcherzeugnisse fachgerecht zu entsorgen.            | Reinigung und Desinfektion sowie Hygiene- und Managementmaßnahmen sind zu ergreifen                                                                                   |
|                                                                     | Durchführung von weiteren TBC Untersuchungen des betroffenen Betriebes inkl. der Kontaktbetriebe, bis die TBC-Freiheit wieder erreicht oder bestätigt wird            | Bei der SFU ist das gesamte Fleisch des betroffenen Tieres als untauglich zu erklären                                                                                 |
|                                                                     |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                       |
| Europäische Rechtsgrundlagen bei der Bekämpfung von TBC und ParaTBC | Verordnung (EG) Nr. 835/2004 über spezifische Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs in der europäischen Union                                     | Verordnung (EG) Nr. 835/2004 über spezifische Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs in der europäischen Union                                     |
|                                                                     | Verordnung (EG) Nr. 854/2004 besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs | Verordnung (EG) Nr. 854/2004 besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs |

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | Richtlinie des Rates zur Regelung viehseuchenrechtlicher Fragen beim innergemeinschaftlichen Handelsverkehr mit Rindern und Schweinen (64/432 /EWG)                                     |                                                                       |
| Nationale Rechtsgrundlagen bei der Bekämpfung von TBC und ParaTBC (AT Bundesrecht) | Rinder-Tuberkulose-Verordnung BGBl. II Nr. 279/2014 Grundlage zur Verhinderung der Verbreitung und Einschleppung der Tuberkulose der Rinder                                             | Paratuberkulose Verordnung, BGBl. II Nr. 48/2006                      |
|                                                                                    | Rohmilchverordnung StF: BGBl. II Nr. 106/2006                                                                                                                                           | Rohmilchverordnung StF: BGBl. II Nr. 106/2006                         |
|                                                                                    | Abwehr und Tilgung von Tierseuchen (Tierseuchengesetz – TSG). StF: RGBL. Nr. 177/1909                                                                                                   |                                                                       |
|                                                                                    | Rotwild-TBC Verordnung BGBl. II Nr. 181/2011                                                                                                                                            |                                                                       |
|                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                                       |
| Nationale Rechtsgrundlagen bei der Bekämpfung von TBC und ParaTBC (AT Landesrecht) | Voralberg: Vorbeugung und Bekämpfung von Tuberkulose in Rotwildbeständen StF: LGBL.Nr. 88/2016                                                                                          | (Freiwilliges Programm des Tiroler Tiergesundheitsdienstes seit 2013) |
|                                                                                    | Tirol: Rotwild-Tbc-Bekämpfungsplan-Verordnung<br>Bekämpfungsplan zur Hintanhaltung der Weiterverbreitung und zur Tilgung der Tbc beim Rotwild im Tiroler Lechtal StF: LGBL. Nr. 68/2011 |                                                                       |

## 2.5 Interventionsmaßnahmen

### 2.5.1 Rindertuberkulose

Nigsch et al. (2018) beschreiben in ihrer Studie den 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog der Vorarlberger Jägerschaft zur Bekämpfung und Reduzierung der Übertragung der TBC von Rotwild auf Weidetiere. Dieser Maßnahmenkatalog für das Bundesland Vorarlberg wurde auf die besondere Topografie und Situation des silvatischen Zyklus der TBC im Rotwild maßgeschneidert ausgearbeitet. Zum ersten Mal in der Bekämpfung der TBC im Rotwild verfügt nun das Bundesland Vorarlberg über konkrete Interventionsmaßnahmen, die die Bereiche der Prävention, Überwachung, Kommunikation und Koordination abdecken (Nigsch 2016). Der heutige 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog entwickelte sich ursprünglich aus dem Maßnahmenkatalog Vorarlberg-Strategie 2011, welcher den ersten Interventionsplan für die Region Vorarlberg darstellt. Nach seiner Novellierung 2013 wurde aus der Vorarlberg-Strategie 2011 der 12 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog 2013. Nach einer weiteren Novellierung 2016 wurde der heute aktuelle Maßnahmenkatalog veröffentlicht. Diese Novellierungen spiegeln die Notwendigkeit für weitere Interventionsmaßnahmen aus neu gewonnenen Informationen über die TBC im Rotwild wider (Nigsch 2016).

In der Tab. 4 sind die aktuellen Interventionsmaßnahmen (Nigsch 2016; Nigsch et al. 2018) angeführt.

*Tab. 4 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog der Jägerschaft Vorarlberg (Nigsch et al. 2018; Maßnahmenkatalog 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog April 2016 <http://www.vjagd.at/13-punkte-tbc-vorbeugemaassnahmenkatalog/> [Zugriff am 22.10.2019]); der 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog der Jägerschaft Vorarlberg ist vom Amt der Vorarlberger Landesregierung 2016 im Original übernommen worden.*

| Kategorie  | Interventionsmaßnahmen                                                                                                                                                                                                    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prävention | 1. Vollbejagung der Rotwildbestände in TBC-Kern- und -Randgebieten. Im restlichen Landesgebiet Reduktion der Rotwildbestände zur Erhaltung eines gesunden Wildbestandes, insbesondere in Gebieten mit hoher Rotwildichte. |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Überwachung | 2. In TBC-Kern- und -Randgebieten und in TBC-Beobachtungsgebieten der Wildregionen 2.1 und 2.2 Aufhebung der Schonzeiten für alle Klassen des Rotwildes. Im restlichen Landesgebiet erforderlichenfalls behördliche Ausnahmen zur Erfüllung der Abschussvorgaben wie: Verkürzung der Schonzeiten, Abschussquotenvorschreibung für Kahlwild, Verkürzung der Schusszeiten für Hirsche der Klassen I und II, Optimierung der Grünvorlage des Rotwildes, Erteilung von Abschussaufträgen gemäß § 48 Abs. 3 des Jagdgesetzes, Einsatz von Abschussorganen. |
| Bekämpfung  | 3. In TBC-Kern- und -Randgebieten Einsatz von Schalldämpfergewehren als Maßnahme zur Minimierung von Störungen im Zuge der Reduktion des Rotwildbestandes. Im restlichen Landesgebiet Erteilung von Genehmigungen für den Einsatz von Schalldämpfergewehren an beantragende Jagdschutzorgane                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Überwachung | 4. Bei Notwendigkeit „diagnostische Entnahmen“ von Rotwild gemäß § 48 Abs. 2 des Jagdgesetzes zur Erfüllung des TBC-Stichprobenplanes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Prävention  | 5. Einhaltung einer landesweit fachgerechten Fütterungshygiene beim Rotwild und Weidehygiene beim Weidevieh:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Prävention  | 5a. In TBC-Kern- und -Randgebieten sind alle Fütterungen nach den Vorgaben des Bundesministeriums für Gesundheit („Desinfektions-Erlass“) zu desinfizieren. Fütterungsplätze sollten zur natürlichen Desinfektion durch UV (Ultraviolett) -Strahlung im Sommer mindestens einmal gemäht werden.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Prävention  | 5b. Wildfütterungen müssen im Bereich von Viehweiden in Absprache zwischen den Jagdverantwortlichen und der Hirschaft während der Weidezeit so eingezäunt werden, dass ein Kontakt des Weideviehs mit der Wildfütterungseinrichtung geringgehalten wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Prävention  | 5c. Rinder-Salzlecksteine und ausgelegtes Futter sollten für das Wild nicht zugänglich sein. Wild-Salzlecken sind so zu situieren, dass der Zugang von Weidevieh möglichst verhindert wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Überwachung | 6. Jährliche Anpassung des TBC-Stichprobenplanes für das landesweite Monitoring aufgrund der Ergebnisse des Vorjahres sowie der Ergebnisse der TBC-Untersuchungen bei Rindern.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Überwachung | 7. In TBC-Kern- und -Randgebieten ist jedes erlegte Stück Rotwild – ausgenommen Kälber – zu beproben. Gegebenenfalls erhöhte Stichprobenvorgaben für ausgewählte Gebiete zur Prävalenzschätzung. Für die Untersuchung sind entweder der gesamte Atmungstrakt von Kehlkopf bis Lunge inklusive der zugehörigen Lymphknoten oder das Haupt samt den Rachenlymphdrüsen vorzulegen                                                                                                                                                                        |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kommunikation/<br>Koordination | 8. Weiterführung der Arbeitsgruppe mit Vertretern von Landwirtschaft bzw. Grundeigentum, Jägerschaft, Jagd- und Veterinärbehörde sowie Bürgermeister der betroffenen Gemeinden in betroffenen Gebieten zur Information, Besprechung und Festlegung notwendiger Maßnahmen.                                                        |
| Kommunikation/<br>Koordination | 9. Bei Bedarf Einsetzen von Arbeitsgruppen auch in weiteren Wildregionen bzw. Teilregionen durch die Jagdbehörde zur fachlich-behördlichen Begleitung der Rotwild-Abschussvorgaben und erforderlicher Maßnahmenkombinationen aus Alpwirtschaft, Forst und Jagd.                                                                  |
| Kommunikation                  | 10. Gezielte fachlich aufbereitete Informationen der zuständigen Organisationen an die Alpbesitzer, das Alppersonal, die Jagdnutzungsberechtigten und die Jagdschutzorgane zur Wahrnehmung von TBC-Verdachtsfällen sowie über Verhaltens- bzw. Bewirtschaftungsempfehlungen zur Vermeidung der TBC-Übertragung bzw. Verbreitung. |
| Kommunikation                  | 11. Bei Bedarf gezielte Öffentlichkeitsarbeit der zuständigen Organisationen betreffend TBC (z.B. an Gemeinden).                                                                                                                                                                                                                 |
| Prävention                     | 12. Abstimmung der Besatzdichte und Weidedauer auf Alpen an die vorhandene Futterfläche. In Gebieten mit hoher Prävalenzrate sollte die Weideführung entsprechend angepasst werden.                                                                                                                                              |
| Kommunikation/<br>Koordination | 13. In TBC-Kern- und -Randgebieten sollten zur Unterstützung der jagdlichen Vorgaben bei Bedarf touristische Lenkungsmaßnahmen gesetzt werden.                                                                                                                                                                                   |

Da die TBC-Infektion und -Ausbreitung maßgeblich vom Rotwild auf das Rind ausgeht, sind weitere Interventionsmaßnahmen zur Reduktion der TBC-Prävalenz beim Rotwild anzustreben (Nigsch 2016). Als Beispiele für weitere Maßnahmen beschreiben die Autoren White (1993), Griffin et al. (1996), Hutchings und Harris (1997), Marangon (1998), Barlow (2000), Garnett (2002), Donnelly (2003), Scantelbury (2004), Gilbert (2005), Green und Cornell (2005), Collins (2006), Gopal (2006), Reilly (2007), Brooks-Pollock (2014), Bolaños (2017) und Colin (2018) in ihren Arbeiten eine flächendeckende Impfung aller betroffenen Tiere sowie Keulung der Vektortiere bzw. infizierten Tiere und/ oder möglich infizierten Tiere als weitreichende Intervention zur Bekämpfung der TBC. Des Weiteren forschen und entwickeln Chandran et al. (2019) ein DIVA (Differentiating Infected from Vaccinated Animals) Testverfahren und die dazugehörige Vaccine, welche zwischen geimpften und infizierten Rindern mittels einem Intrakutantest differenzieren. Zusätzlich sollten weitere interne Biosecurity-Maßnahmen und Instandhaltungen bei Gebäuden, Stallungen, Futtertrögen,

Lagerbereichen und Silagelagern etabliert werden, um ein Eindringen gefolgt von einer Übertragung von Vektortieren bzw. infizierten Tieren direkt oder indirekt zu verhindern (Benham und Broom 1989; Cheeseman 1989; White 1993; Morris 1994; Hutchings und Harris 1997; Griffin et. al. 2005; Reilly 2007; Rossi 2015; Colin 2018), zusätzlich auch die Sicherstellung der geschlossenen Lagerung von Mist, Gülle, landwirtschaftlichen Abfällen und Lebensmitteln, um eine Kontamination durch infizierte Schadinsekten oder andere Tiere zu vermeiden (Garnett 2002; Reilly 2007; Ramírez-Villaescusa 2010). Bei der externen Biosecurity können wesentliche Maßnahmen ergriffen werden, wie die Bewegungseinschränkung der Rinder zur Vermeidung größerer Wanderungen, Standort der Betriebe mit einer geringen Wild-TBC-Prävalenz, Vermeiden von gemeinsamer Nutzung von landwirtschaftlichen Nutzflächen bzw. Almflächen durch Tiere verschiedener Betriebe, das Separieren von infizierten, verdächtigen und nicht infizierten Tieren, die Kontaktvermeidung mit anderen Herden oder infizierten Wildtieren und deren Ausscheidungen auf Weideflächen sowie die Einrichtung von Pufferzonen von mindestens drei km Radius (Benham und Broom 1989; Barlow 1993; White 1993; Hutchings und Harris 1997; Phillips 2003; Scantelbury 2004; Reilly 2007; Ramírez-Villaescusa 2010; Johnston 2011; Brooks-Pollock 2014; Rossi 2015). Das Ausbringen von hofeigenem oder fremdem Mist und das Grasens der Herden auf den gleichen Flächen müssen zeitlich so versetzt sein, dass die Pathogene durch Witterungseinflüsse und die UV-Strahlung der Sonne abgetötet werden (Ramírez-Villaescusa 2010). Ergänzend beschreibt Boenchendorf (2016) zusätzlich in ihrer Arbeit die längst vergessene Einsatzmöglichkeit von Herdenschutzhunden mit einer möglichen Kombination aus Weidezäunen und Gattern, um ein Eindringen fremder Tiere in die Herde zu verhindern. Im Sektor des Herdenmanagements ist v.a. zwingend auf die Größe, die Zusammenstellung der Herden und den Zukauf von Tieren zu achten. Größere Herden können sich rasch gegenseitig vertikal und horizontal infizieren und zeigen eine größere Stressbelastung, weshalb die größeren Herden mit einer höheren TBC-Prävalenz in Verbindung stehen. Die Hergengrößen, Zusammensetzungen und Aufenthaltsflächen dieser Tiere und deren Risikopotential sich gegenseitig zu infizieren stehen individuell zueinander und ist für jede Herde gesondert zu betrachten. Mit einem guten Fütterungsmanagement, mit genügend Nahrung, Vitaminen, Mineralien und Supplementen, kann das Stresslevel reduziert und das Immunsystem der Tiere gleichzeitig gestärkt werden. Der Zukauf von Rindern aus anderen Herkunftsbetrieben und das gleichzeitige Einschleppen der Infektion kann auch mit einer vorherigen Diagnostik nicht gänzlich ausgeschlossen werden (Benham und Broom 1989; Griffin 1996; Marangon 1998; Scantelbury 2004; Gilbert 2005; Green und Cornell 2005; Gopal

2006; Ramírez-Villaescusa 2010; Rossi 2015). Eine Verbesserung der Diagnostik ist durch die weltweite Vereinheitlichung von etablierten Diagnostika, das intensive Schulen der Veterinärmedizinerinnen und Veterinärmediziner in diagnostischen Verfahren, die Weiterentwicklung der Sensitivität und Spezifität von etablierten Testmethoden sowie die Entwicklung von neuen früh-diagnostischen Tests anzustreben (Bolaños 2007; Brooks-Pollock 2014).

Anknüpfend an die Diagnostika sind weitere Schritte wie Monitoring- und Surveillanceprogramme nötig. Insbesondere sollen somit Tiere ab einem Alter von 24 Monaten, Herden mit tendenziell größeren Beständen und besonders exponierte Tiere regelmäßig einem Intrakutantest unterzogen werden. Tiere, die kurz vor der Verbringung im Inland stehen, sollen routinemäßig, z.B. mit dem MAPIA (multiantigen print immunoassay) oder dem Lateral-Flow-Immunoassays Rapid Test, ein 15 Minuten Screeningtest, getestet werden (Greenwald 2003; Palmer 2006; Brooks-Pollock 2014). Zudem muss beim Export oder Import von Rindern in das oder aus dem Heimatland immer ein negatives TBC-Ergebnis, welches bis 30 Tage nach Befundung gültig ist, vorgelegt werden (Gordon 2008). Als letzter Interventionsschritt ist die gezielte Untersuchung auf TBC-Anzeichen im Rahmen der Schlacht tier- und Fleischuntersuchung zu nennen (Rossi 2015).

## 2.5.2 Paratuberkulose

Bei der Bekämpfung der Paratuberkulose sind wesentliche Interventionsmaßnahmen identisch mit der der Tuberkulose, jedoch bestehen auch wichtige Unterschiede bei den Strategien der Herangehensweise (siehe Tab. 3). Diese Unterschiede sind insbesondere dadurch begründet, dass die Diagnostik der Paratuberkulose derzeit noch mit hohem Aufwand verbunden ist, wodurch die Paratuberkulose nur schwer eradikiert<sup>4</sup> werden kann. Daher sollte das primäre Ziel eine Reduktion der Paratuberkuloseinfektionen sein, um möglichst eine Kontrolle über die Ausbreitung zu haben. Eine vollständige Tilgung dieser Erkrankung kann als langfristiges Ziel angedacht werden (Deutz 2004; Khol et al. 2019). Gemeinsamkeiten finden sich unter anderem bei der internen Biosecurity wieder. Diese sind fütterungshygienische Maßnahmen (keine Bodenvorlage, sondern erhöhte Futtertröge, regelmäßige Entfernung der Faeces aus dem Futterbereich mit anschließender Kalkung), schnelle Trennung der Kälber von den Kühen nach der Abkalbung, räumlich getrennte Unterbringung der juvenilen von den adulten Tieren, Kolostrum-Fütterung von MAP-negativen Kühen bzw. Kolostrum-Austauscher, Verbot des Verkaufes von Milch MAP-positiver Tiere, Instandhaltung von Gebäuden und technischen Geräten sowie die Vermeidung von Einschleppung der Pathogenen über Schädner und Wildtiere (Groenendaal 2002; Deutz 2004; Khol et al. 2007 und 2019; Benedictus 2008; Deutz und Spargser 2009; Ferrouillet 2009; Fecteau 2010; Pillars 2011; Dore 2012; Lindheim 2014; Whittington 2019). Impfungen können zusätzlich eine bessere Immunabwehr bieten und die Erregerausscheidung reduzieren. Jedoch sind Kreuzreaktionen mit dem TBC Intrakutantest möglich und müssten in weiteren Diagnostika auf das Vorhandensein von TBC eindeutig unterscheidbar sein (Reddacliff 2006; Klee 2007; Bastida 2011; Whittington 2019). Außerdem ist die Unterscheidung von geimpften und bereits infizierten Rindern nötig. Die Autoren Chaubey et al. (2019) entwickeln aktuell ein vielversprechendes ELISA Testverfahren, welches eine Unterscheidung zwischen geimpften und infizierten Rindern ermöglicht. Beim Herdenmanagement ist v.a. auf zertifizierte MAP-freie Betriebe zu achten. Aus diesen Betrieben soll ausnahmslos der Zukauf von Tieren erfolgen. Die sicherste Variante wäre eine hohe eigene Remontierungsrate, um einen Zukauf zu vermeiden (Deutz 1995; Cetinkaya 1997; Groenendaal 2002; Weber 2004, 2006; Klee 2007; Ferrouillet 2009; Nielsen 2011; Pillars 2011; Lindheim 2014; Whittington 2019). Positive Tiere

---

<sup>4</sup> Anm.: Eradikation (lat. *eradicare*) mit Wurzel ausreißen, ausradieren, ausrotten, auch Keimeliminierung, Medizin: die vollständige Eliminierung des Pathogens.

unterliegen hingegen einem Verbringungs- bzw. auch einem Exportverbot (Kennedy 2010; Momotani 2012; Moravkova 2012; Sorge 2013).

Weiterhin hat sich die „Testung und Keulung“-Methode bewährt. Rinder mit einem positiven und fraglich positiven Befund sowie infizierte Tiere, wie beispielweise Schadhager, sollen unverzüglich gemerzt oder geschlachtet werden, mit anschließender Reinigung und Desinfektion der Stallungen (Sternberg et al. 2002, 2007; Dorshorst 2006; Klee 2007; Lu 2008; Kudahl 2011; Smith 2017; Whittington 2019). Aufgrund der hohen Tenazität von *MAP* muss eine Kontamination von Weideflächen vermieden werden. Daher sollen der Mist und die Gülle nur auf Mähweiden und Äcker ausgebracht werden. Zusätzlich kann eine Kalkung des kontaminierten Bodens und damit eine pH-Erhöhung erfolgen. Die *MAP*-Erreger verlieren dadurch schneller ihre Infektiosität. Des Weiteren sollen juvenile Tiere nicht auf Weiden grasen, auf denen im selben Jahr oder im Jahr davor bereits Kühe oder andere Wiederkäuer waren. Die gemeinsame Nutzung von Weiden durch verschiedene Betriebe ist wie bei der Tuberkulose aufgrund des Infektionsrisikos minimal zu halten oder gänzlich zu unterlassen (Lovell 1944; Jorgensen 1977; Deutz 1995; Johnson-Ifearegulu 1999; Schloß 2000; Whittington 2004; Klee 2007; Deutz und Spargser 2009; Eppeleton 2014). Im Bereich der Diagnostik ist der Fokus auf die Früherkennung im Bestand zu setzen. Bei einem positiven Ergebnis ist dann jedes einzelne Tier zu untersuchen. Die Rinderbestände sollen regelmäßig serologisch sowie kulturell auf das Vorhandensein von *MAP* untersucht werden. Bei serologisch positiven Tieren und deren Nachkommen wird mittels bakteriologischer und/ oder PCR Untersuchung von Faeces das Ergebnis verifiziert (Klee 2007; Donat 2012; Khol et al. 2019). Insbesondere die Schulung der Jägerschaft zur besseren Erkennung von pathologischen Veränderungen und die Sicherstellung von Probenmaterial von kranken und verdächtigen Tieren und deren Organen sind als weitere Interventionsmaßnahme zu etablieren. Zudem können Jäger den Jagddruck so anpassen, dass eine Lenkung der Wildwiederkäuer eintritt und die landwirtschaftlichen Flächen der Landwirte gemieden werden (Deutz 2004).

Als Besonderheit etablierte der Tiroler Tiergesundheitsdienst in enger Zusammenarbeit mit der ansässigen Veterinärverwaltung 2013 ein Programm über die Überwachung und Bekämpfung der Paratuberkulose in Tirol. Das Programm ist auf freiwilliger Basis, jedoch mit Unterzeichnung einer Verpflichtungserklärung bei Inanspruchnahme der Leistungen. Grundlage für dieses Projekt ist eine in zweijährigen Intervallen vorgenommene Erhebung des *MAP*-Herdenstatus mittels Sockentupfern inklusive eines kombinierten Testverfahrens aus PCR und kulturellem Erregernachweis (Khol et al. 2019). Betriebe, welche ein positives

Testergebnis haben, können im Anschluss Kotproben von Einzeltieren untersuchen lassen. Ab diesem Moment muss sich der Landwirt entscheiden, ob er am freiwilligen Projekt teilnehmen möchte oder nicht. Bei Teilnahme wird eine Verpflichtungserklärung unterzeichnet. An allen Tieren muss ab dem 24. Lebensmonat für einen Zeitraum von drei Jahren eine jährliche Einzeltierkotuntersuchung durchgeführt werden. Rinder, die positiv getestet wurden, aber klinisch gesund sind, müssen in einem bestimmten Intervall, abhängig von der Prävalenz im Betrieb, geschlachtet werden. Zusätzlich wird empfohlen, Kälber von *MAP*-Ausscheidern aus der Zucht auszuschließen, Hygienemaßnahmen bestmöglich umzusetzen und den Zukauf von Tieren nur aus *MAP*-unverdächtigen Betrieben zu tätigen (Khol et al. 2019). Ein Betrieb bekommt den Status „unverdächtig“, wenn drei Jahre lang immer ein negatives Ergebnis auf *MAP* in der Koteinzeltieruntersuchung vorliegt. Zudem erhalten die Betriebe, die zwei Mal negativ auf *MAP*, auf Basis der Sockentupferuntersuchung, getestet wurden, ebenfalls den Status „*MAP*-unverdächtig“ (Khol et al. 2019).

Für die Tierhalter sind sämtliche Untersuchungen kostenlos. Die Finanzierung wird vom Tiroler Tierseuchenfonds und dem Tiroler Tiergesundheitsdienst getragen. Bei fristgerechter Merzung (Schlachtung) wird eine zusätzliche Merzungsbeihilfe ausbezahlt. Bei amtstierärztlicher Anordnung zur Merzung (Tötung und Entsorgung) eines Rindes wird die Merzungsentschädigung gemäß Paratuberkulose-Verordnung bewilligt (Khol et al. 2019).

Unter nationalen und internationalen Aspekten ordnete die OIE<sup>5</sup> (World organisation for animal health, Welttiergesundheitsorganisation) aufgrund der Bedeutung der Paratuberkulose für die ökonomische Produktivität, für die öffentliche (Human-)Gesundheit, für Handelsbeschränkungen, für Tierwohl und für Tiergesundheit die Paratuberkulose in die „OIE-Listed diseases, infections and infestations in force in 2019“ in der Kategorie „Multiple species diseases, infections and infestations“ ein (Deutz 2004; Whittington et al. 2019).

---

<sup>5</sup> <http://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/oie-listed-diseases-2019/> (Zugriff am 22.10.2020)  
<http://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/the-world-animal-health-information-system/old-classification-of-diseases-notifiable-to-the-oie-list-b/> (Zugriff am 02.02.2020).

### 3 Ergebnisse der allgemeinen Literaturrecherche

#### 3.1 Krankheitsbilder der Tuberkulose und Paratuberkulose

##### 3.1.1 Häufigkeit, Infektionsquellen und Manifestation der Erkrankung beim Menschen

###### 3.1.1.1 Tuberkulose

###### Erreger, Meldepflicht und Verbreitung

Im Bereich der öffentlichen Gesundheit nehmen *M. tuberculosis*, *M. bovis* und *M. caprae*, welche sich unter anderem zusammengefasst im *Mycobacterium-tuberculosis-Komplex* (MTC) befinden, eine zentrale Stellung mit zoonotischem Potential ein. Die Tuberkulose des Menschen ist international anzeigepflichtig, insbesondere beim nachweislichen Vorliegen von *M. bovis* und *M. caprae* (Hofmann 2005; Trautwein 2006), was – vorausgesetzt, dass die Diagnosemethoden zuverlässig sind und dass das Meldesystem funktioniert – zu belastbaren Daten führen sollte. Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurden im Jahr 2015 rund 9,6 Millionen Neuinfektionen und 1,5 Millionen Todesfälle beim Menschen gemeldet. Es wird geschätzt, dass *M. bovis* in etwa 10-15 % der Fälle in Entwicklungsländern und in 1-2 % der Fälle in Industrieländern der ursächliche Erreger der menschlichen Tuberkulose ist. Im deutschsprachigen Raum beträgt die Inzidenz 6,2-6,6 Fälle/ 100.000 Einwohner. Im Jahr 2017 wurden in Österreich 570, in Deutschland 5.486 und in der Schweiz 555 Fälle von humaner Tuberkulose gemeldet (WHO 2019).

###### Infektionswege und -quellen

Anfang des 20. Jahrhunderts zählte in Europa der Verzehr von Rohmilchprodukten und Rohmilch sowie der Kontakt mit Rindern zu den bedeutendsten Übertragungswegen der Tuberkulose. Die Pasteurisierung der Milch und die Bekämpfung der Rindertuberkulose in den Nutztierbeständen führten dazu, dass dieser Übertragungsweg heute kaum mehr eine Rolle spielt (Messelhäußler und Alber 2014). Alimentär aufgenommene Erreger manifestieren sich oft extrapulmonal und betreffen insbesondere bei Kindern die Knochen, das Lymphsystem und das Gehirn (Messelhäußler und Alber 2014).

Der aerogene Übertragungsweg von Mensch zu Mensch wird heute als der Hauptinfektionsweg von Tuberkulose angesehen (Bolaños et al. 2017). Das klassische Erkrankungsbild präsentiert sich in Form der Lungentuberkulose. Die Erkrankungsform hat besondere Bedeutung bei Patienten mit vorbestehender Lungenerkrankung und/ oder Immunschwäche, z.B. HIV (Humanes Immundefizienz-Virus)- und AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) -Patienten (Bolaños et al. 2017).

Aufgrund der langen Inkubationszeit ist insbesondere bei alimentären Infektionen ein Ausforschen der Infektionsquelle nicht immer möglich. Der Kontakt mit Tieren kann einen Risikofaktor darstellen. Beispielsweise erkrankte ein Kind aus Dornbirn (Vorarlberg) 2018 an Tuberkulose. Als Infektionsquelle wurden Rinder aus dem eigenen Familienbetrieb bestätigt, die positiv auf Tuberkulose getestet wurden und Ausscheider waren<sup>6</sup>. Die Tuberkulose hat auch heute noch das Potenzial, in Mitteleuropa Krankheitsausbrüche zu verursachen: Im April 2018 erkrankten sechs Schülerinnen und Schüler sowie eine Lehrerin einer Münchner Schule an Tuberkulose, wobei vier von den sechs Schülerinnen bzw. Schülern infektiös waren und somit andere Personen infizieren konnten<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> <https://www.vol.at/bestaetigt-kind-aus-dornbirn-an-tbc-erkrankt/5718770>  
(Zugriff am 12.09.2019);

<https://epaper.vn.at/lokal/vorarlberg/2018/03/22/kind-an-tbc-erkrankt.vn>  
(Zugriff am 12.09.2019).

<sup>7</sup> <https://www.welt.de/politik/deutschland/article175438797/Infektion-Sieben-Faelle-von-Tuberkulose-an-Muenchner-Schule.html> (Zugriff am 12.09.2019).

### 3.1.1.2 Paratuberkulose

#### Erreger und Pathologie von Morbus Crohn und Colitis ulcerosa

In der Humanmedizin werden zu den chronisch entzündlichen Darmerkrankungen (kurz CED) die Colitis ulcerosa, der Morbus Crohn und die nicht klassifizierbare chronische Colitis gezählt (Keller und Nützenadel 2002). Colitis ulcerosa und Morbus Crohn teilen die klinische Symptomatik (Durchfälle, Bauchkrämpfe und Appetitlosigkeit), jedoch unterscheiden sie sich in Lokalisation und Tiefe der Entzündung. Zur Differenzierung werden v.a. der makroskopische Befund, das Befallsmuster und die Histologie herangezogen. Falls keine exakte Zuordnung möglich ist, wird allgemein von einer Colitis indeterminata gesprochen (Herrlinger und Stange 2004; Füllgrabe 2009).

Das klassische Krankheitsbild von Morbus Crohn oder Colitis ulcerosa ist eine regionale Ileitis (Crohn et al. 1932). Nach heutiger Auffassung ist Morbus Crohn eine Manifestation in allen Bereichen des Magendarmtraktes (Füllgrabe 2009; Von Tirpitz et al. 2004), die sich mit einer typischen Symptomentrias in Gewichtsverlust (80 %), Bauchschmerzen (84 %) und chronischer Diarrhoe (79 %) äußert. Weitere Leitsymptome können Aktivitätsverlust, Anorexie, Aphten im Mund, Augenentzündungen oder Cheilitis sein. Zusätzlich können Arthritiden oder unspezifische Arthralgien, rezidivierende Fieberschübe (44 % der betroffenen Menschen), Hautveränderungen, wie z.B. Erythema nodosum, oder isolierte perianale Beschwerden auftreten (Keller und Nützenadel 2002). Unter Berücksichtigung aller Symptome kann festgestellt werden, dass Morbus Crohn entlang des gesamten Verdauungstrakts auftreten kann, d.h. vom Mund bis hin zum Anus. Zahlreiche extraintestinale Komplikationen und Fistelbildungen charakterisieren diese chronische Entzündung (Fiocchi 1998).

#### Mögliche Rolle von MAP bei Morbus Crohn

Bereits im letzten Jahrhundert wurde aufgrund der Analogie der Paratuberkulose bzw. Johneschen Krankheit der Rinder ein Zusammenhang mit der humanen Erkrankung Morbus Crohn, einer chronisch entzündlichen Darmerkrankung, vermutet und seitdem kontrovers diskutiert (Dalziel 2019; Füllgrabe 2009).

Es gibt einige Hinweise auf eine Assoziation von *MAP* mit Morbus Crohn. So konnten *MAP* aus dem Darm von Patienten mit Morbus Crohn isoliert werden. Diese Isolate wurden als Stammtyp II identifiziert, welcher insbesondere bei Rindern zu finden ist. Die Stammtypen I und III hingegen sind bei Schafen wiederzufinden (Collins et al. 1990; De Juan et al. 2006; Füllgrabe 2009; Pavlik et al. 1999). Die Präsenz von *MAP* bei der Mehrheit der Morbus Crohn-Patienten bedeutet aber nicht unbedingt, dass diese Bakterien die Erkrankung verursachen. Es könnte auch als Folge einer chronischen Entzündung inklusive einer erhöhten Darmpermeabilität die Infektion mit *MAP* leichter angehen (Schrauder et al. 2003).

Epidemiologische Befunde sprechen gegen *MAP* als primären Verursacher von Morbus Crohn. Es wäre davon auszugehen, dass Menschen oder Personengruppen in Regionen mit *MAP*-durchseuchten Tierpopulationen diesem wandlungsfähigen und robusten Bakterium (Hermon-Tylor und El-Zaatari 2004) besonders ausgesetzt sind und dass deshalb die Erkrankungshäufigkeit höher ist. In Schweden wird praktisch keine Paratuberkulose im Tierbestand diagnostiziert (Füllgrabe 2009; Sternberg et al. 2002, 2005; Sternberg und Viske 2003). Jedoch sind die Prävalenz und Inzidenz von Morbus Crohn beim Menschen in Schweden vergleichbar mit jenen in Ländern mit hoher Paratuberkulose-Prävalenz (Hruska et al. 2005). Diese Argumentation wird von den Publikationen von Cherney und Collins (1996) sowie Chiba et al. (1998) unterstützt, in welchen die Autoren beschreiben, dass Morbus Crohn in allen Bevölkerungsgruppen und Ländern vorkomme. Auch äußert sich die erhöhte Exposition von Landwirten beim Umgang mit Paratuberkulose infizierten Tieren (Cherney und Collins 1996) nicht in einem Anstieg der Häufigkeit von Colitis ulcerosa und Morbus Crohn-Fällen (Jones et al. 2000, 2006). Im Gegenteil scheinen urbane Bevölkerungsgruppen häufiger an Morbus Crohn zu erkranken (Mahmud und Weir 2001).

Sollte dem Erreger doch eine größere Rolle bei der Entstehung von Morbus Crohn zugesprochen werden, ist die hohe Tenazität von *MAP* in der Umwelt zu beachten. Die Tenazität in kontaminierter Gülle/ Kot, Boden, Wasser oder Schlamm ist im Kapitel 3.1.2.2 Paratuberkulose beim Rind (Johnesche Krankheit) näher beschrieben. *MAP* kann auf direktem oder indirektem Wege über das Tier, v.a. durch fäkale Kontaminationen, über Lebensmittel pflanzlicher oder tierischer Herkunft oder über kontaminiertes Wasser und Umwelt übertragen werden. Durch die hohe Tenazität kann der Erreger jahrelang im Wasser und im Erdboden überleben. Diese Überlebensstrategie ermöglichen dem *MAP* ein Zirkulieren in der Umwelt (Abb. 6; Collins et al. 2001; Larsen et al. 1956).

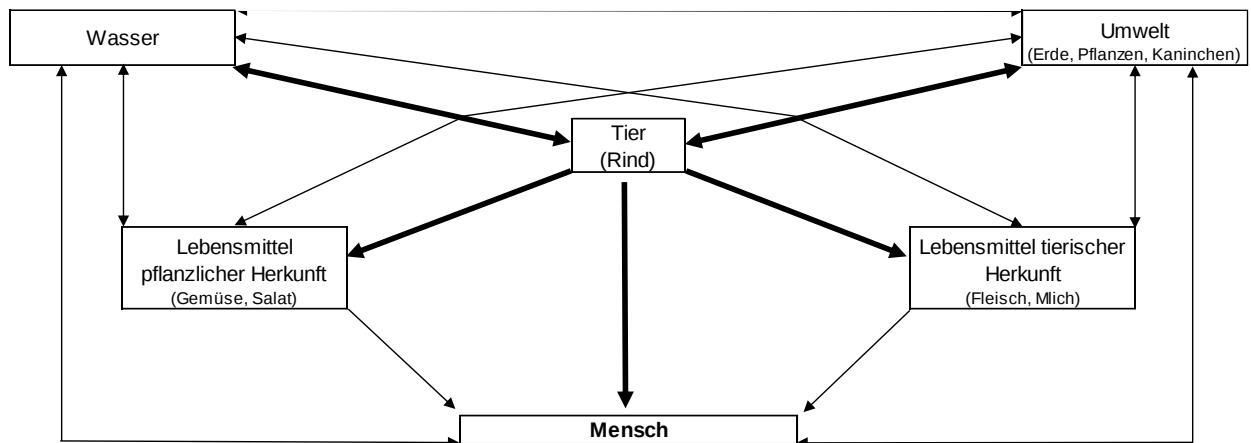


Abb. 6 Übertragungs- und Verbreitungsmöglichkeiten von MAP in der Umwelt, adaptiert nach Hammer (2003). Die Rechtecke stellen den Vektor bzw. das mit MAP infizierte Habitat dar. Die Pfeile zeigen, in welche Richtung sich die Infektion ausbreiten kann. Die Dicke der Pfeile repräsentiert die Wahrscheinlichkeit einer Infektion bzw. Kontamination.

### Vorkommen und Tenazität von MAP in Lebensmitteln

MAP kann in Lebensmitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft nachgewiesen werden. In Milch und Milcherzeugnissen erwies sich die Erregerbelastung bei der Studie von Sweeney et al. (1992) als recht gering und es wurde die fäkale Sekundärkontamination als wesentliche Eintragsquelle angenommen (Sweeney et al. 1992). Einmal infizierte Tiere scheiden den Erreger intermittierend aus (Whitlock et al. 1986). Es muss daher nicht jedes Gemelk eines Tieres kontaminiert sein.

Die Erhitzung ist ein Routineverfahren bei der Herstellung von Trinkmilch. Das Pasteurisierungsverfahren wurde auf Grundlage der Inaktivierung von *M. tuberculosis* und *M. bovis* festgelegt (Hammer 2003). MAP ist aber deutlich thermotoleranter (Sung und Collins 1998). Bei der Kurzzeitpasteurisierung (72-75 °C, 15-30 Sekunden) überleben MAP-Erreger, falls die initiale Bakteriendichte von  $10^1$  Zellen/ ml übersteigt (Hammer et al. 2002). Dass MAP-Erreger die Pasteurisierung von Milch überleben können, jedoch um einige LOG-Stufen reduziert werden, bestätigten Studien von Hammer et al. (1998), ILSIE (2004), Paolicchi et al. (2005) und Ayele et al. (2005). Auch im Handel befindliche Milchpackungen können MAP enthalten, wie Millar et al. (2005) und Grant et al. (2002a) in England und Ellingson et al. (2005) in den USA zeigten.

Eine Inaktivierung von *MAP* bedarf einer höheren Temperatur und Zeit als bei der Kurzzeitpasteurisierung üblich. Grant et al. (2005) erzielten eine vollständige Inaktivierung von *MAP* bei 78,5 °C für 15-25 Sekunden. Die antibakterielle Wirksamkeit hängt aber auch von Art und Grad der Homogenisierung der Milch ab. So können bei 75,5 °C und einer Hitzeeinwirkung von 25 Sekunden bei nicht homogenisierter Milch *MAP*-Erreger nachgewiesen werden. Eine sichere Inaktivierung erfolgt bei Temperaturen von über 84 °C und längeren Hitzeeinwirkzeiten (Grant et al. 2005). Dieses Verfahren mit höheren Temperaturen zählt nicht mehr zur klassischen Pasteurisierung, sondern wird in die Kategorie der Hochpasteurisierung in den Bereich der ultrahocherhitzten Milch eingeordnet (EWG 1992).

*MAP* können in halbfestem Schnittkäse und Hartkäse 28–45 Tage überleben (Sung und Collins 2000; Spahr und Schaftroth 2001). Es muss daher davon ausgegangen werden, dass insbesondere in kontaminiertem Rohmilchkäse *MAP* eine entsprechend hohe Überlebensdauer aufweisen kann (Ikonomopoulos et al. 2005; Stephan et al. 2006). Bei Untersuchungen von Käse aus dem Einzelhandel konnte der Erreger molekularbiologisch, aber auch kulturell nachgewiesen werden (Ikonomopoulos et al. 2005; Stephan et al. 2006). Zusätzlich wurden aus sieben Ländern 51 Milchpulverprodukte für Kleinkinder untersucht (Hruska et al. 2005). Molekularbiologisch konnten mit der Nachweismethode „*MAP* spezifische Zielsequenz“ F57 18 (35,3 %) und mit dem Nachweis der Insertionssequenz 900 (IS900) 25 (49,0 %) Proben als positiv auf den *MAP*-Erreger diagnostiziert werden. Zusätzlich war eine Probe kulturell positiv. Diese Ergebnisse sind jedoch kritisch zu betrachten, da der Nachweis nicht reproduziert werden konnte (Hruska et al. 2005). In der Studie von Akineden et al. (2006) wurden 59 Säuglingsfertiernahrungsmittel aus deutschen Milchtrockenerzeugnissen ausgewertet. Vier der Proben waren molekularbiologisch auf *MAP* positiv (Akineden et al. 2006). Für Milch und Milchprodukte wurden im Vergleich zu anderen Lebensmitteln die meisten Daten erhoben. Diese Datenlage bedeutet jedoch nicht notwendigerweise, dass Milch und Milcherzeugnisse die wichtigsten Vektoren für eine *MAP*-Infektion beim Menschen sind (Füllgrabe 2009).

Auch in Fleisch und in Fleischerzeugnissen wurden *MAP* nachgewiesen. Sowohl eine primäre Kontamination durch hämatogene Streuung als auch eine sekundäre Kontamination bei der Schlachtung sind möglich. In einer Studie aus den USA waren nach der Schlachtung bei 0,7 % der Mastrinder (n=350) und 11,1 % der Kühe (n=189) *MAP* in fleischassoziierten Lymphknoten (*Lymphonodus (Ln.) popliteus* und *Ln. cervicalis supf.*) und der Leber kulturell nachweisbar (Rossiter und Henning 2001). Auch in anderen Organen und Geweben von

Rindern konnte der Erreger nachgewiesen werden (Larsen et al. 1981; Hines et al. 1987; Gwozdz et al. 2000; Pavlik et al. 2000; Ayele et al. 2004; Tasara et al. 2006).

Wasser kann ein Vehikel für *MAP* sein (Mayberry und Hitchens 1978; Chiodini et al. 1984). Oberflächenwasser kann einerseits durch die Ausscheidungen von infizierten Tieren kontaminiert werden und andererseits kann die Aufnahme solcher Wässer zu einer Infektion führen. Ein Nachweis aus Wasser von Einzugsgebieten für die Trinkwasseraufbereitung wurde von den Autoren Pickup et al. (2005a,b; 2006), Rowe et al. (2005) und Whan et al. (2005) beschrieben. Das *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* kann bis zu 252 Tage in Stauseewasser überleben, im Sediment sogar über 84 Tage (Whittington et al. 2005). Zudem ermöglicht seine Resistenz gegenüber Chlor eine Überlebensfähigkeit selbst in aufbereitetem Trinkwasser (Whan et al. 2001).

Der Erreger konnte auf verschiedenen pflanzlichen Lebensmitteln, z.B. Radieschen, Salat und Tomaten, nachgewiesen werden. Einer der Gründe ist die Verwendung von infiziertem Rinderdung als Dünger (Pavlik et al. 2002). Da *MAP* einen Wirt benötigt, um sich zu vermehren (Hammer et al. 2000; El-Zaatari et al. 2001; Collins 2003), kann nach dem Eintritt in die Umwelt oder die Lebensmittelkette ein Verdünnungseffekt eintreten, sodass von einer Reduzierung der Exposition mit einer geringen Zellzahl auszugehen ist (Hammer 2003).

### 3.1.2 Häufigkeit, Infektionsquellen und Manifestation der Erkrankung bei Wiederkäuern

#### 3.1.2.1 Rindertuberkulose

##### Charakterisierung des Erregers

Die Vertreter der Rindertuberkulose sind *M. tuberculosis*, *M. bovis* und *M. caprae*, wobei die zwei letztgenannten Mykobakterien die Haupterreger sind (Ameni et al. 2011; AGES Merkblatt<sup>8</sup>). Zu den obligatorischen Pathogenarten, die zum *Mycobacterium-tuberculosis*-Komplex zählen, gehören zusätzlich *M. microti*, *M. africanum*, *M. canetti*, *M. orygis*, *M. suricattae*, *M. mungi*, *M. leprae*, *M. pinnipedii* und *Dassie bacillus* (AGES 2018b). Die potentiell pathogenen Arten sind unter anderem der *M. avium intracellulare*-Komplex (MAIC) (*M. avium*-subspecies *avium*, *M. avium hominissuis*, *M. avium paratuberculosis*, *M. avium silvaticum*, *M. indicus pranii* und *M. colombiense*), *M. marinum*, *M. scrofulaceum*, *M. fortuitum*, *M. xenopi* und *M. kansasii*. Die saprophytischen Mykobakterien sind durch *M. terrae*, *M. goodii*, *M. smegmatis* und *M. phlei* vertreten, die auch als nicht-tuberkulös, atypisch oder als Umweltmykobakterien bezeichnet werden (Bolaños et al. 2017).

Bei den Mykobakterien handelt es sich um 1,5-4 µm lange sowie 0,2-0,6 µm dicke, nicht versporende Stäbchen, welche unbeweglich, Gram-positiv, säurefest und gegen verschiedene Antibiotika resistent sind. *M. bovis* ist daher ein sehr widerstandsfähiges Bakterium (Dirksen et al. 2006). Es zeichnet sich durch seine säure- und wasserfesten Eigenschaften aus und kann im Abwasser bis zu 15 Monate überleben (Dirksen et al. 2002). In Rindern ist das Bakterium besonders häufig im Trachealschleim zwischen 30-40 Tagen nach Infektion nachweisbar. Mikroskopisch lässt es sich in Makrophagen mittels Ziehl-Neelsen-Färbung darstellen (Trautwein 2006).

---

<sup>8</sup> AGES Merkblatt Rindertuberkulose:

[https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/zoonosen/Zoonose\\_74600\\_0201\\_2012\\_16.1\\_Merkblatt\\_Tuberkulose\\_beim\\_Rind.pdf?63xzp9](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/zoonosen/Zoonose_74600_0201_2012_16.1_Merkblatt_Tuberkulose_beim_Rind.pdf?63xzp9) (Zugriff am 02.11.2019).

### Epidemiologie der Tuberkulose des Rindes

Laut Trautwein (2006) ist die Tuberkulose bei Milchviehherden stärker verbreitet als bei Mastviehherden. Das ist durch die Übertragung und Verbreitung des Bakteriums über die Milch zu erklären. Das *M. bovis* ist in der Milch enthalten und wird erst durch das Erhitzen auf mindestens 65 °C abgetötet (EFSA 2003). Die Mykobakterien sind neben der Milch insbesondere in Speichel, Bronchialschleim, aber auch in Kot, Harn, Vaginalschleim und Sperma zu finden. Hierdurch ist eine Infektion direkt oder mittelbar durch Herdengenossen möglich (Trautwein 2006). Pathognomone Kennzeichen von Tuberkulose stellen granulomatöse Entzündungen mit knötchenförmigen Veränderungen an der Eintrittsstelle und den Lymphknoten dar, wobei sich die Krankheit auf alle Organe auswirken kann (Dirksen et al. 2002). Tuberkulose wird auch als Perl- oder Schwindsucht, pearl disease, grapes, Skrofulose, Franzosenkrankheit, pommelière und consumption bezeichnet. Eine aerogene Übertragung ist der häufigste Infektionsweg. Diese Übertragung erfolgt über Tröpfcheninfektion oder Inhalation von keimbehafteten Staubpartikeln. Seltener ist eine genitale bzw. galaktogene Infektion (Trautwein 2006). In entwickelten Ländern kann eine Infektion durch Milch; z.B. durch Verschütten oder Verfüttern, oder der Kontakt mit infiziertem Kot und Urin im Stall zur Infektion führen, wobei das Risiko als gering eingeschätzt wird (Hardie und Watson 1992; Morris et al. 1994). Ein erhöhtes tuberkulöses Infektionsrisiko liegt bei Aufenthalt in überbesetzten, schlecht belüfteten Ställen vor und wird durch zu geringen Auslauf in frischer Luft, Ernährungsmangel oder durch eine bereits vorliegende Schwächung des Tieres begünstigt. Bei adulten Tieren ist in ca. 90 % und bei juvenilen Tieren in ca. 40 % der Fälle der primäre Herd in der Lunge. Unvollständige Primärkomplexe sind nicht auszuschließen. Der primäre Herd ist makroskopisch vorwiegend an gut ventilerten Lungenbezirken zu finden, subpleural am dorsalen Rand der Hauptlappen (Dahme und Hafner-Marx 2007).

Beim Vorliegen einer phthistischen<sup>9</sup> Lunge oder einer sogenannten „offenen“ Tuberkulose (d.h. tuberkulöse Geschwüre in Lunge und Atemwegen) ist das Infektions- und Ansteckungsrisiko weitaus höher als bei geschlossenen granulomatösen Entzündungsherden. Zu den Risikofaktoren zählen unter anderem i) die allgemeine Haltungsweise des Tieres, ii) die Besatzdichte, iii) der Tierverkehr, iv) die Produktionsrichtung des Betriebs und v) das

---

<sup>9</sup> Anm.: D.h. an Tuberkulose erkrankt. Phthisis ist die allg. Bez. für Parenchymschwund. I.e.S. die progrediente, nekrotisierende und fibrosierende Organtuberkulose (i.w.S. die „Schwindsucht“ überhaupt). <https://www.duden.de/rechtschreibung/Phthise> (Zugriff am 22.10.2019).

Lebensalter des einzelnen Tieres. Besonders die Stallhaltung und das Lebensalter der Tiere haben einen bedeutenden Einfluss auf den Expositionsgrad und die Infektionsrate (Klee 2006). Durch das höhere Alter sind die Tiere eine längere Zeit dem infizierten Kot und v.a. dem hauptsächlichlichen Übertragungsweg des Pathogens, dem Schlucken von infiziertem Exsudat aus der Atemluft, ausgesetzt (Cassidy et al. 1998; Neill et al. 1988). In der Stallluft sind unter anderem die Tuberkuloseerreger im Staub und in der Luft in hoher Konzentration enthalten. Durch einen geringeren Austausch der Luft bleibt die hohe Konzentration der Erreger im Inneren des Stalls enthalten (Haheisy 1995; Evangelista et al. 1996; Hancox 1999; Perez et al. 2002; Collins 2006). Vor allem die Autoren Reilly und Courtenay (2007) sowie Tschopp et al. (2009) liefern Belege für den Zusammenhang von Stallluft mit TBC-Infektionen bei Wiederkäuern.

Der Verlauf der Tuberkulose beim Rind kann in vier Hauptphasen unterteilt werden (Abb. 7):

1. Phase: Die Erst-Infektionsperiode teilt sich in zwei Unterphasen auf. Durch den Primärkomplex kann es entweder zur i) Ausheilung der Erkrankung durch Vernarbung bzw. Verkalkung oder zu einer eventuellen Reinfektion kommen (dies tritt jedoch selten auf), während die ii) Frühgeneralisation eine Miliartuberkulose bzw. eine schubweise protrahierte Generalisation beinhaltet. Zudem kann es zu einer Abkapselung des Primärkomplexes kommen, die unterschiedlich lange dauern kann.
2. Phase: Diese Phase leitet postprimäre Prozesse ein, welche sich durch Exazerbation oder Superinfektionen auszeichnen. In dieser Phase ist die Erkrankung bereits chronisch.
3. Phase: Die Niederbruchphase ist durch eine Spätgeneralisation gekennzeichnet, welche durch externe Belastungsbedingungen begünstigt und verstärkt wird.

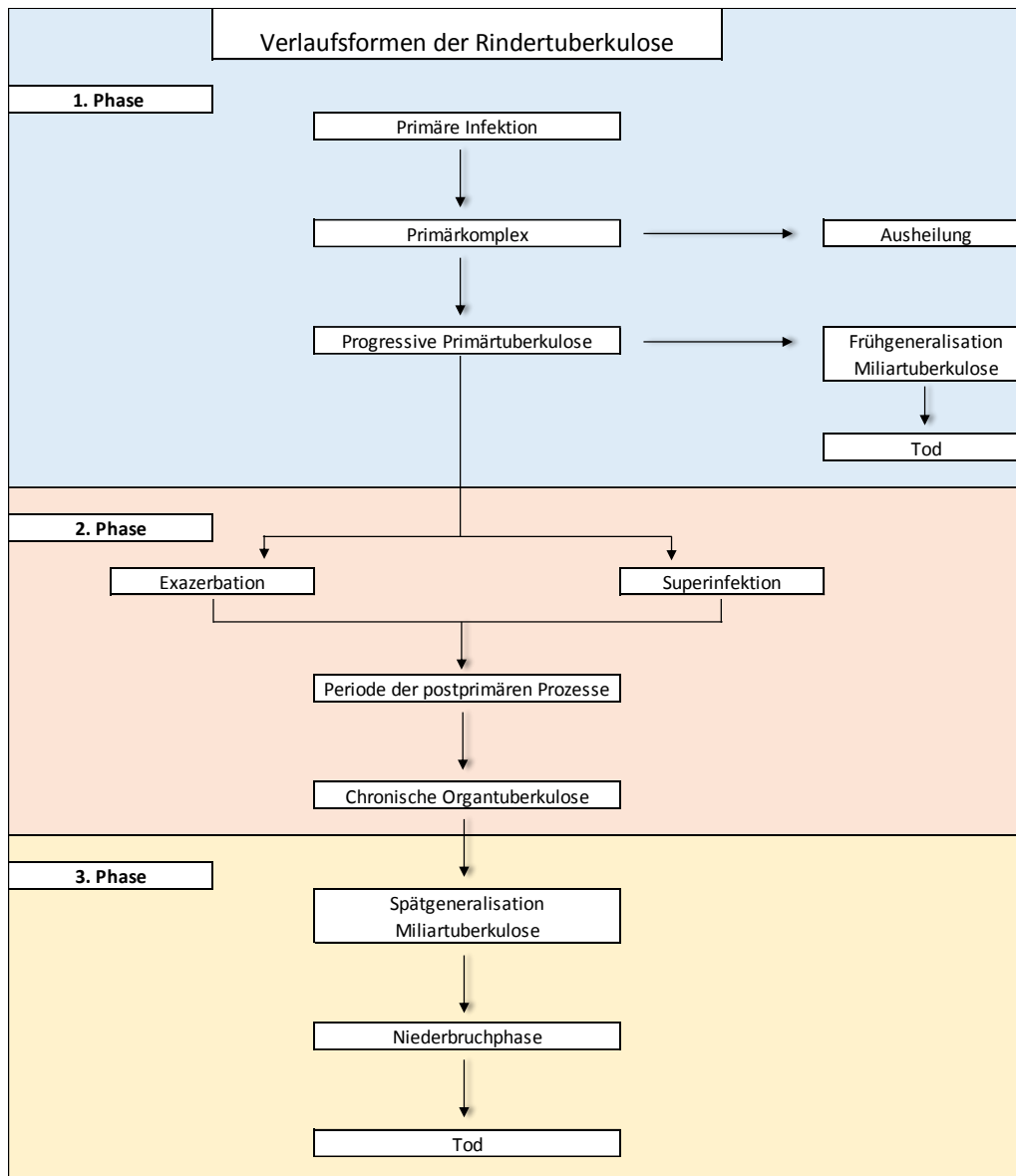


Abb. 7 Verlaufsformen der Rindertuberkulose. Die Abbildung beschreibt die drei Verlaufsformen mit den einsetzenden Phasen, die in 1. blau, 2. rot und 3. gelb unterlegt sind. Die rechteckigen Kästen beschreiben einen Zustand bzw. eine Aktion, die Pfeile zeigen eine mögliche Richtung des Krankheitsverlaufes (Trautwein 2006; Baumgärtner 2015, S. 175).

An dieser Stelle ist ebenfalls zu erwähnen, dass die Reinfektion mit Tuberkulosebakterien über tuberkulöse Haus- und Wildtiere oder über in der Umwelt (Wälder und Gewässer) befindliche Mykobakterien sowie durch unkontrollierten Zukauf infizierter Tiere möglich ist, wobei laut Trautwein (2006) das Reinfektionsrisiko durch die oben genannten Faktoren als gering eingestuft wird. In diesem Zusammenhang kommt insbesondere infizierten Schweinen, als Vektor für Rinder, eine Sonderstellung zu. In der Vergangenheit war das *M.*

*bovis* vorrangig bei Schweinen zu finden (Schulz 1976). Die tuberkulösen Prozesse sind in der Regel auf die Erstinfektionsperiode begrenzt. Hauptsächlich findet man diesen Erreger in der Darmschleimhaut und den Tonsillen wieder (Matthias 1980). Aus den Untersuchungen von Schulz (1976), Schliesser (1970), Fischer (1999), Komijn (1999), Offermann (1999), Hartung (2008, 2009) sowie Sirimalaisuwan (2004) lässt sich ableiten, dass bei Schweinen hauptsächlich die MAIC-Infektionen (*M. avium* ssp. *hominissuis*, *M. avium* ssp. *avium* und seltener *M. intracellulare*) nachgewiesen wurden (Schulz 1976; Schliesser 1985; Fischer 1999; Komijn et al. 1999; Offermann et al. 1999; Sirimalaisuwan 2004; Hartung 2008, 2009).

Rinder können entsprechend ihrer Reaktionslage nach zwei Formen bzw. zwei Ausprägungen der Tuberkulose bekommen. Man spricht je nach Ausprägung der Krankheit vorwiegend von einer proliferativen bzw. produktiven oder exsudativen granulomatösen Entzündung (Dahme und Hafner-Marx 2007). In Tab. 5 sind die wichtigsten Symptome und klinische Erscheinungen der Rindertuberkulose im Vergleich zur Rinderparatuberkulose aufgeführt.

### 3.1.2.2 Rinderparatuberkulose (Johnesche Krankheit)

#### Wirtsspektrum

Eine Infektion mit *MAP* ist bei Haus- und Wildtieren sowie beim Menschen vorzufinden. An Paratuberkulose erkranken nur Wiederkäuer (Hoffmann 2005), aber ein Nachweis von *MAP* bei anderen Säugetier- und Vogelarten ist möglich, wie z.B. beim braunen Hermelin (*Mustela erminea*), bei der Krähe (*Corvus corone*), dem Fuchs (*Vulpes vulpes*), der Saatkrähe (*Corvus frugilegus*), der Ratte (*Rattus norvegicus*), der Dohle (*Corvus monedula*), der Maus (*Apodemus sylvaticus*), dem Dachs (*Meles meles*), dem Feldhasen (*Lepus europaeus*) (Beard et al. 2001a), dem Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) (Beard et al. 2001b), der Spitzmaus (*Crocidura suaveolens*), der Feldmaus (*Microtus arvalis*), dem Wildschwein (*Sus scrofa*), dem Bär (*Ursidae*) (Kopečna et al. 2005), bei verwilderten Katzen (*Felis silvestris*) (Palmer et al. 2005) und dem Gürteltier (*Dasypoda*) sowie dem Opossum (*Didelphis*) (Manning et al. 2005). Zudem können sich Affen (*Macaca arctoides*) mit *MAP* infizieren und den Erreger im Kot ausscheiden (McClure et al. 1987). Paratuberkulose wird durch das *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (*MAP*) ausgelöst (Hofmann 2005). *MAP* ist ein Gram-positives, säurefestes, obligates intrazelluläres kurzes, 0,5–1,5 µm, Stäbchen, welches in seinem Stoffwechsel von Mycobactin abhängig ist. Durch diese Abhängigkeit ist der Erreger nicht in der Lage sich in der Umwelt zu vermehren (Lambrecht und Collins 1992; Klee 2006).

#### Verlaufsform der Paratuberkulose beim Nutztier

Die subklinische Verlaufsform zeigt sich in einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber anderen Erregern, Leistungsminderung, geringerer Fertilität und lebensschwachen Kälbern (Baumgärtner 2015; Hofmann 2005; Klee 2006). Die Inkubationszeit von Paratuberkulose ist i.d.R. zwei bis drei Jahre, selten bis zu 10 Jahre, und manifestiert sich vorwiegend im Dünndarm (Klee 2006). Diese Manifestation zeichnet sich durch eine spezifische Enteritis und einen chronischen Verlauf aus, welcher sich durch starke Abmagerung, Dehydratation, therapieresistenten und schaumigen Durchfall mit Gasblasenbildung zeigt, wobei in der Frühphase das allgemeine Verhalten unauffällig und die Fresslust erhalten sind.

Die Paratuberkulose, welche auch Johnes's disease, Entérite paratuberculeuse oder Johnesche Krankheit genannt wird, gilt derzeit als unheilbar und findet immer einen tödlichen

Ausgang (Hofmann 2005). Bei der klinischen Paratuberkulose handelt es sich in Österreich um eine anzeigepflichtige Krankheit (BMGF 2019). Das *MAP* stellt sich als säureresistentes Kurzstäbchen dar, welches früher mittels morphologischer und kultureller Charakteristika nachgewiesen wurde. Mittlerweile findet die Identifikation durch die Sequenzierung einer als spezifisch angesehenen DNS-Insertionssequenz (IS900) statt. Dieses Bakterium liegt in seiner Stäbchenform im Kot, Darmschleimhaut und –gewebe nesterartig zusammen. Mittels einer Ziehl-Neelsen-Färbung kann der Erreger mikroskopisch dargestellt werden (Hofmann 2005; Klee 2006).

Der Infektionszyklus bei der Paratuberkulose beim Rind ist weitgehend erforscht (Baumgärtner 2015). Die Infektion findet höchstwahrscheinlich im ersten Lebensmonat des neugeborenen Kalbes mit der Milch oder durch das Aufnehmen von infiziertem Kot statt (Baumgärtner 2015; Füllgrabe 2009). Vor dem zweiten bis zum fünften Lebensjahr wird die klinische Erkrankung jedoch nicht beobachtet. Nach oraler Aufnahme wird das *MAP* entweder eliminiert (Arsenault et al. 2014; McAloon 2019) oder über die M-Zellen (Microfold-Zellen), v.a. in der Ileum-Darmschleimhaut, aufgenommen und über die Peyer´schen Platten an die Makrophagen übergeben, wo die Bakterien persistieren. In den Makrophagen zeigt sich als wichtigster Virulenzfaktor eine Resistenz gegenüber den Makrophagenlysosomen. Anschließend vermehrt sich das *MAP* in den Makrophagen.

Diese Immunzellen schütten chemotaktische Chemokine, wie das monocyte chemotatic protein 1 „MCP 1“, aus und locken so weitere Lymphozyten und Makrophagen an. Nach der Lyse der infizierten Makrophagen wird das *MAP* von anderen infiltrierenden Makrophagen aufgenommen. Es kommt zu einer diffusen, granulomatösen Enteritis mit hochgradiger Infiltration und Verbreiterung der *Tela submucosa* und *Lamina propria* des Ileums mit massenhaften Ansammlungen von Makrophagen und wenigen Plasmazellen sowie Lymphozyten (Baumgärtner 2015). In der patho-anatomischen Untersuchung des betroffenen Darmabschnitts stellt sich das Darmgewebe makroskopisch als hirnwindungsartig dar (Baumgärtner 2015). Durch diesen pathologischen Prozess kommt es im späteren Stadium zur chronischen Diarrhoe und Malabsorption (Köhler et al. 2003).

Besonders anfällig in der Rinderpopulation scheinen die Rassen Jersey, Shorthorn, Charolais, Deutsche Schwarzbunte und Holstein-Friesian zu sein (Hofmann 2005). In Österreich geht man von einer Prävalenz von 6-7 % (Klee 2006) in den Rinderbeständen aus, in den Niederlanden von mindestens 20 % (Klee 2006) bis 53 % (Van Schaik et al. 2003). Laut

Klee (2006) sollen Umweltfaktoren, wie niedriger pH-Wert und ein hoher Eisengehalt des Bodens, eine hohe Krankheitshäufigkeit begünstigen. Eine intensive Rinderhaltung scheint mit einem erhöhten Infektionsrisiko einherzugehen. Eine hohe Infektionswahrscheinlichkeit ist ebenfalls durch den Zukauf subklinisch infizierter Tiere gegeben (Hoffmann 2005). Nach Schätzungen wird davon ausgegangen, dass für jedes infizierte Neugeborene ca. 25 subklinische Neugeborene zu rechnen seien. Man spricht daher metaphorisch auch vom „Eisberg Phänomen“ (Whitlock und Buerget 1996; Connor 2019).

### Übertragungswege und Tenazität

Eine Übertragung findet über den fäkal-oralen, intrauterinen und eventuell über den galaktogenen Weg statt. Dadurch ist die postnatale Infektion durch eine orale Erregeraufnahme besonders in infizierter Umgebung zu berücksichtigen, v.a., weil *MAP* sehr widerstandsfähig und überlebensfähig ist (Klee 2006). *MAP* überlebt in verschiedenen Medien unterschiedlich lange. Die Tenazität liegt in Rinderkot bei 246 Tagen (Lovell et al. 1944), in Leitungswasser bei 17 Monaten (Larsen et al. 1956), in Schweine- und Rindergülle bei 5 °C bei 252 Tagen, in Rindergülle bei 15 °C bei 98 Tagen (Jorgensen 1977), in Wasser mit einem pH-Wert von 5,3 bei ca. 8–9 Monaten, im trockenen Boden bei 8 Wochen/ 30 % Überlebensrate und in feuchtem Boden bei 8 Wochen/ 100 % Überlebensrate (Collins et al. 2001), bei trockenen und schattigen Weiden bei 55 Wochen (Whittington et al. 2004), in Schlamm mit einem pH-Wert von 12,5 bei 72 Stunden (Flynn et al. 2005), in Stauwasser bei 36 Wochen (Whittington et al. 2005) und in Rindergülle bei 56 Tagen (Grewal et al. 2006). Nicht unerheblich ist auch die hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Säuren und Laugen. Zur Desinfektion von *MAP* bzw. Mykobakterien eignen sich Phenol, Formaldehyd, Alkohole, chlorabspaltende Mittel, quartäre Ammoniumverbindungen und Aldehyde (Selbitz 2007).

### Einflüsse des Tieres und der Haltung auf das Infektionsgeschehen

Kälber in den ersten Lebensmonaten scheinen besonders anfällig für Paratuberkulose zu sein. Einer der Gründe könnte das Zusammenspiel von kolostralen Antikörpern aus dem Darmlumen sein, die anscheinend den Prozess der Infektion eher fördern als hemmen (Hofmann 2005; Klee 2006). Auch eine immunologische Lücke oder die hohe Permeabilität des Darmes in den ersten Lebensstunden, welches für die Aufnahme des kolostralen Inhaltes

vorhanden ist, könnten Gründe für die hohe Anfälligkeit beim jungen Kalb sein (Leonhard-Marek 2015).

Lebensalter, Immunstatus und Resistenzlage des Tieres haben Einfluss auf den Infektionsverlauf. Auffällig ist, dass meist die Tiere erkranken, welche sich in Situationen einer erhöhten Belastung befinden, v.a. nach der Kalbung. Auch Trächtigkeit, Laktation, Transport, Futterwechsel sowie eine einseitige oder Mangelernährung können Bedingungen für die Manifestation einer Paratuberkulose darstellen (Hofmann 2005; Klee 2006; Füllgrabe 2009).

Mögliche erste Maßnahmen für eine Reduzierung der Prävalenz bei Rindern bzw. Kälbern in gleichen Ställen bzw. Betrieben sind getrenntes Abkalben und Entfernung des Neugeborenen von der Mutterkuh innerhalb von zwei Stunden, um den Kontakt von infizierten oder möglich infizierten Tieren zu vermeiden. Ein selektives Sammeln von nicht infizierten und hygienisch gewonnenem Kolostrum, Kälberfütterung mit pasteurisierter Milch oder Milchaustauscher verringert das Risiko einer Infektion mit *MAP* in den ersten Lebenswochen (Collins et al. 2010). Die Maßnahme der Keulung von stark ELISA positiven Tieren und die Teilnahme an nationalen Kontrollprogrammen richten sich vornehmlich an adulte Rinder zur Reduzierung bzw. Merzung und Monitoring von infizierten Tieren (Collins et al. 2010; Donat 2016).

Die Tab. 5 gibt die wesentlichsten Symptome und klinische Erscheinungen der Paratuberkulose im Vergleich zur Tuberkulose bei Rindern wieder.

Tab. 5 Klinische Erscheinungsformen der Rindertuberkulose und Paratuberkulose bei Wiederkäuern (Baumgärtner 2015; Klee 2006; Trautwein 2006; Rechtsinformationssystem des Bundes <https://www.ris.bka.gv.at/> [Zugriff am 22.10.2019]; Europäische Union <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=de> [Zugriff am 22.10.2019]).

|                                    | <b>Tuberkulose des MTC</b>                                                                                           | <b>Paratuberkulose (<i>M. avium subspecies paratuberculosis</i>)</b>                                      |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Symptome und klinische Erscheinung | Meistens erst in der chronischen und Generalisationsphase<br><br>Fieber, Fressunlust, Apathie, Anämie mit Abmagerung | bei unverminderter Fresslust bzw. ungestörter Futteraufnahme chronische, hochgradige Abmagerung/ Kachexie |
|                                    |                                                                                                                      |                                                                                                           |
|                                    | <u>Häufige TBC- Erscheinungen:</u>                                                                                   | therapieresistente und unstillbare Diarrhoe                                                               |
|                                    | Lungentuberkulose: Husten mit schleimigem Auswurf                                                                    |                                                                                                           |
|                                    |                                                                                                                      | Kehlgangödem                                                                                              |
|                                    | TBC der oberen Luftwege: schleimig-eitriger Auswurf, Geschwürbildung                                                 | Schaumige Gasblasen im Kot<br>Leistungsminderung                                                          |
|                                    | TBC der Verdauungsorgane: Geschwüre an Gaumen, Zunge, Rachen, Darm; Durchfall, Koliken                               | verminderte Fertilität<br>lebensschwache Kälber                                                           |
|                                    |                                                                                                                      |                                                                                                           |
|                                    | <u>Seltene TBC-Erscheinungen:</u>                                                                                    |                                                                                                           |
|                                    | TBC des ZNS                                                                                                          |                                                                                                           |
|                                    | Pleura- und Perikardtuberkulose                                                                                      |                                                                                                           |
|                                    | Nieren-TBC: Proteinurie                                                                                              |                                                                                                           |
|                                    | TBC an Genitalien                                                                                                    |                                                                                                           |
|                                    | Euter-TBC: Knötchenbildung in der Mamma, Veränderung der Milchkonsistenz                                             |                                                                                                           |
|                                    | Augen-TBC                                                                                                            |                                                                                                           |
|                                    | TBC der Knochen                                                                                                      |                                                                                                           |
|                                    | TBC der Haut und Unterhaut                                                                                           |                                                                                                           |

## 3.2 Diagnostik

### 3.2.1 Tuberkulose

#### Übersicht zu den Nachweismethoden

Zur Diagnose von Tuberkulose stehen bakteriologische, allergische, serologische, pathologisch-anatomische und molekularbiologische Testverfahren zur Verfügung. Die klinische Entwicklung der Tuberkulose ist schleichend und ist durch einen langsamen Rückgang des Ernährungszustandes, eine chronische Lungenerkrankung, intermittierende Fieberschübe sowie durch eine Beteiligung von Körperlymphknoten gekennzeichnet (Trautwein 2006).

Tuberkulose liegt vor, wenn ein positiver bakteriologischer Nachweis gegeben ist, z.B. von *M. bovis* in Milch, Trachealschleim, Kot, Fisteleiter, Vaginalausfluss, Punktaten erkrankter Körperlymphknoten, Genitalorganen oder Gelenken. Bei einem begründeten Verdacht sollte eine Wiederholungsuntersuchung angestrebt werden, falls das Ergebnis der Erstuntersuchung negativ war. Hierzu können als Nachweismethoden eine Fluoreszenzmikroskopie, eine Ziehl-Neelsen-Färbung, eine Kultivierung auf Spezialnährböden sowie der Tierversuch mit Kaninchen und Meerschweinchen herangezogen werden (Hofmann 2005; Trautwein 2006). Früher wurden die beiden zuletzt genannten Methoden zur Differenzierung von unspezifischen Tuberkulinreaktionen und Neuinfektionen in tuberkulosefreien Rinderbeständen genutzt. Differenziert wurden klassische Mykobakterien, wie *M. tuberculosis*, *M. avium* und *M. bovis*. Heute werden die Erreger weitestgehend durch molekularbiologische Nachweismethoden differenziert (Hofmann 2005; Trautwein 2006). Die gegen Mykobakterien gerichtete Immunantwort des Individuums zeigt sich v.a. in der vermittelten Immunreaktion von Makrophagen und Lymphozyten. Als bewährte diagnostische Mittel der Rindertuberkulose gelten der Interferon-Gamma-Test (IFN $\gamma$ T) und die intrakutane Tuberkulinprobe (Hofmann 2005; Trautwein 2006). Serologische Nachweismethoden von Antikörpern gegen das *M. bovis* mittels Hämagglutinationstest (HAT), Komplementbindungsreaktion (KBR), Koalin-Agglutinationstest und Indirekter Immunfluoreszenztest (IIFT) sind deutlich weniger sensitiv als die lang bewährte intrakutane Tuberkulinprobe. Bei chronischer Organtuberkulose neigen HAT, KBR, Koalin-Agglutinationstest und IIFT als Nachweismethoden oft zu einem negativ angezeigten Befund. Daher sind die zuletzt genannten Diagnosemethoden aufgrund der

mangelnden Spezifität die Abklärung fraglicher Befunde oder zur Erkennung falschpositiver Tuberkulinreaktionen nicht geeignet (Hofmann 2005; Trautwein 2006).

### Die Tuberkulinprobe

Die wichtigste Nachweismethode von Tuberkulose am lebenden Tier ist die intrakutane Tuberkulinprobe. Aus den Tuberkelbakterien extrahierte lösliche Substanzen, das sogenannte Tuberkulin, lösen eine Überempfindlichkeit aus. Vorwiegend wird dabei eine zellulär gesteuerte Immunreaktion mit den Mykobakterien infizierten Organismus hervorgerufen. Diese Reaktion wird auch als allergische Reaktion des verzögerten Typs bezeichnet. Bei einem positiven Ergebnis zeichnet sich eine Ansammlung von Makrophagen und T-Lymphozyten an der Injektionsstelle ab. Des Weiteren findet im Bereich der Injektionsstelle eine Sezernierung von Histamin-ähnlichen Substanzen und Zytokinen statt. In einem Zeitraum von 24 bis 48 Stunden entwickelt sich eine Entzündung mit Rötung, Schwellung, Druckempfindlichkeit und Gewebeinduration. Unter Umständen können die regionalen Lymphknoten mitbeteiligt sein. Bei der Diagnostik stehen der Intrakutan-Simultantest, also eine gleichzeitige Applikation von Geflügel- und Rindertuberkulin, und der Intrakutan-Monotest zur Verfügung (Trautwein 2006). In der Tab. 7 werden die wichtigsten *ante mortem* und *post mortem* Methoden zur Diagnose der Rindertuberkulose zusammengefasst und im Vergleich zur Rinderparatuberkulose gegenübergestellt (EWG 1964; Trautwein 2006).

Bei der Durchführung des Intrakutan-Simultantest sind nur Tuberkuline verwendbar, die auf der Basis des Arzneimittelgesetzes (BGBI. Nr. 185/1983) zugelassen sind. Die Tuberkulinprobe wird durch eine Injektion von Tuberkulin in die Cutis des Rindes durchgeführt. Die Applikationsstellen befinden sich seitlich im Übergang zwischen dem ersten und zweiten Halsdrittel. Für das Rindertuberkulin ist 0,1 ml in einer Dosierung von mindestens 2.000 I.E. (Internationale Einheiten) bzw. für das Geflügeltuberkulin 2.000 I.E. zu injizieren. Geflügel- und Rindertuberkulin werden simultan appliziert, wobei sich die Applikationsstelle für das Geflügeltuberkulin auf der gegenüberliegenden Halsseite befindet. Eine Ausnahme bildet das Jungtier, bei welchem beide Tuberkuline an identischen Injektionsstellen im Mittelpunkt des zweiten Drittels beider Halsseiten injiziert werden (EWG 1964; Trautwein 2006). Laut der Metastudie von de la Rua-Domenech et al. (2006) beträgt die Sensitivität des Intrakutan-Simultantests 52-100 % und die Spezivität 78,8-100 %.

Vor der Applikation werden zur Wiedererkennung die Haare mittels Scherenschlag entfernt und die Stelle wird gereinigt. Anschließend wird an der geschorenen Stelle eine Hautfalte mittels Zeigefinger und Daumen aufgezogen und mit einem Kutimeter bzw. Greifzirkel die Dicke der Hautfalte gemessen. Die Hautfaltendicke ist zu dokumentieren. Anschließend wird die Haut mit einer sterilen kurzen Kanüle tangential angestochen und 0,1 ml Tuberkulin appliziert. Bei richtiger Injektion ist während der Applikation ein spürbarer, starker Widerstand zu erkennen. An der Applikationsstelle muss unverzüglich eine derbe, kleine, etwa linsengroße Quaddel entstehen. Es ist so zu applizieren, dass die Tuberkulindosis intrakutan deponiert ist. Die Dicke der Hautfalte ist an den Injektionsstellen nach 72 h (+/- 4 h) zu messen und zu dokumentieren (EWG 1964; Trautwein 2006).

Als Ergebnisse können bei der diagnostischen Auswertung von amtlichen Intrakutanproben (Simultantest) negative, zweifelhafte oder positive Reaktionen eintreten (EWG 1964; Trautwein 2006):

Negative Reaktionen liegen vor, wenn klinisch keine Veränderungen, wie z.B. ausgedehnte oder verbreitete Ödeme, Schorf, seröse Ausschwitzungen, Entzündung oder Schmerzempfindlichkeit der Lymphknoten oder der Lymphgefäße in der Umgebung der Applikationsstelle festzustellen sind sowie die Hautoberfläche eine negative Reaktion auf das Rindertuberkulin hat oder eine positive oder zweifelhafte Reaktion mit einer Verdickung der Hautfalte hervorruft, welche kleiner oder gleich groß ist wie die positive oder zweifelhafte Reaktion des Tuberkulins des Geflügels (EWG 1964; Hofmann 2005; Trautwein 2006). Falls keine klinischen Veränderungen am Tier diagnostiziert sind und das Tuberkulin des Rindes eine positive oder zweifelhafte Reaktion hervorruft und die Dicke der Hautfalte um 1-4 mm breiter als bei der Injektionsstelle des Geflügeltuberkulins ist, liegt eine zweifelhafte Reaktion vor (EWG 1964; Trautwein 2006). Die positive Reaktion zeigt sich durch eine festzustellende klinische Veränderung an der Applikationsstelle des Rindertuberkulins oder durch eine Reaktion des Rindertuberkulins, bei welcher die Dicke der Hautfalte um mehr als 4 mm breiter ist als bei der Tuberkulinreaktion vom Geflügel (EWG 1964; Trautwein 2006).

Die Durchführung des Intrakutan-Monotests ist analog zum Simultantest mit Ausnahme der Verabreichungsbestimmungen des Geflügeltuberkulins durchzuführen. Auch hierbei können bei der Auswertung von amtlichen Intrakutan-Monotests negative, zweifelhafte oder positive Reaktionen eintreten (EWG 1964):

Die negative Reaktion zeichnet sich durch das Vorliegen einer begrenzten Anschwellung der Hautfaltendicke aus, die nicht mehr als 2 mm beträgt und klinisch keine Veränderungen wie beispielsweise ausgedehnte oder verbreitete Ödeme, Schorf, seröse Ausschwitzungen, Entzündung oder Schmerzempfindlichkeit der Lymphknoten oder der Lymphgefäße in umliegender Umgebung der Applikationsstelle aufzeigen (EWG 1964; Trautwein 2006). Ist die Zunahme der Hautfaltendicke 2-4 mm und sind keine klinischen Veränderungen zu diagnostizieren, liegt eine zweifelhafte Reaktion vor. Die positive Reaktion zeigt sich durch eine festzustellende klinische Veränderung oder durch eine Zunahme der Hautfaltendicke an der Injektionsstelle um mehr als 4 mm. Die Tests dürfen erst nach frühestens 42 Tagen wiederholt werden (EWG 1964). Der Intrakutan-Monotest weist eine Sensitivität von 63,2-100 % und eine Spezifität von 75,5-99 % auf (de la Rua-Domenech et al. 2006).

#### Molekularbiologische Nachweismethoden

Die Differenzierung und traditionelle Kultivierung von Mykobakterien können unter Umständen drei bis vier Monate erfordern. Daher wurde der molekularbiologische Nachweis entwickelt. Dieser bietet einen Nachweis von *M. bovis* innerhalb von 48 Stunden in Milch, Organen oder Blut. Mittels der hochsensitiven (Sensitivität 73 %) und hochspezifischen (Spezifität 100 %) Polymerase-Kettenreaktion (PCR) lassen sich auch Erreger in einer sehr geringen Anzahl detektieren und weiter in ihrer Art differenzieren (Trautwein 2006; Köhler et al. 2010). Weitere Differenzierungen können mittels der Restriktions-Enzymanalyse (REA) innerhalb der Art *M. bovis* auf der Ebene der Subtypen vorgenommen werden (Trautwein 2006). Diese Typisierung ist von epidemiologischer Bedeutung, da diese zur weiteren Aufklärung der Übertragungswege von boviner Tuberkulose von Wildtieren, wie Reh-, Dam-, Rotwild und Dachs auf Rinder oder von Rind zu Rind, beitragen kann (Trautwein 2006).

#### Klinische Diagnostik und Differenzialdiagnosen

Im Gegensatz zu den klinischen Befunden, die am lebenden Patienten erhoben werden, lassen sich postmortale, pathologisch-anatomische Veränderungen meist eindeutiger einem Tuberkulosestadium zurechnen. In Zweifelsfällen können weitere Analysen, wie die bakteriologische und histologische Untersuchung, bei der Aufklärung helfen (Trautwein 2006).

Bei einem Tuberkuloseverdacht sind differenzialdiagnostisch folgende Krankheiten zu berücksichtigen: Aktinobazillose, Aktinomykose, anderweitige infektiöse Lymphangitiden, Pneumomycosen, Nocardiose, Mesotheliose der Serosen, Vulvakarzinom, Lumpy-skin-Krankheit (Hautknotenkrankheit) und Mykobakteriosen. Unter dem Letztgenannten sind Infektionen mit ubiquitären Mykobakterien zusammengefasst, welche in Wasser, Sägemehl oder im Erdboden vorkommen. Diese können eine positive Reaktion der Intrakutanprobe mittels bovinen Tuberkulins dauerhaft oder vorübergehend beeinflussen. Zu diesen Keimen zählen *M. fortuitum*, *M. intracellulare*, *M. scrofulaceum*, *M. kansasii*, *M. aquae*, *M. smegmatis* und *M. cooki*. Das *M. aquae* gilt als Erreger der Dermatitis nodosa sowie der tuberkuloiden Entzündung von Skrotal- und Zitzenhaut. Aus den granulomatös veränderten Lymphknoten wurden das *M. fortuitum* und das *M. intracellulare* und bei Mastitiden das *M. smegmatis* und *M. fortuitum* isoliert (Trautwein 2006).

### 3.2.2 Paratuberkulose

#### Übersicht zur Diagnostik

Zur Diagnostik der Paratuberkulose stehen bakteriologische, serologische und patho-anatomische Nachweisverfahren zur Verfügung. Die Entwicklung der Paratuberkulose ist schleichend. Bei klinischen Verdachtsfällen in Beständen mit unbekanntem Infektionsstatus können drei verschiedene Gruppen diagnostischer Testverfahren zur Diagnose der Paratuberkulose herangezogen werden (Hofmann 2005; Klee 2006):

1. Der direkte Erregernachweis mittels kultureller Untersuchung der Lymphknoten (v.a. Ileozäkallymphknoten) Kot, PCR oder Kotmikroskopie.
2. Der zellgebundene Nachweis mittels Immunreaktion auf den Lymphozyten- und Interferonimmunstimulationstest, welcher sich durch eine intravenöse oder intrakutane Applikation von Johnin auszeichnet.
3. Der Nachweis über humorale Antikörper, zu denen AGIDT (Agargel-Immundiffusionstest), KBR und verschiedene ELISA zu zählen sind. Zusätzlich können histo-pathologische Veränderungen am Darm wichtige Hinweise auf Paratuberkulose liefern.

Die Auswahl und der Einsatz von diagnostischen Mitteln werden durch wesentliche Kriterien, wie diagnostische Aussagekraft, Dauer, Kosten und Verfügbarkeit, individuell ermittelt. Nicht jedem Untersuchungsinstitut stehen alle Tests der Kategorien zur Verfügung. Eine vorherige Absprache und Erkundigung sind daher zu empfehlen. Zur diagnostischen Validität der einzelnen Nachweisverfahren besteht eine umfangreiche Literatur (Hofmann 2005; Klee 2006).

#### Probleme bei der Bestimmung des aktuellen Infektionsstatus

Mit den aktuell verfügbaren Testsystemen lässt sich der *MAP*-Infektionsstatus des Rindes nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt mit Sicherheit feststellen. Daher beschränken sich viele Anstrengungen auf den Vergleich von mehreren Ergebnissen aus diversen Tests. Die Resultate bieten jedoch nur einen sehr begrenzten Aussagewert. Ein wesentliches Problem ist, dass bei der kulturellen Kotuntersuchung mehrere Monate inkubiert werden muss, bevor

ein Ergebnis vorliegt. Dieses Testverfahren gilt jedoch weiterhin als Goldstandard, der den wahren Status der Tiere widerspiegelt. Hingegen liegen die Ergebnisse aller anderen Nachweismethoden schon nach wenigen Tagen vor (Hofmann 2005; Klee 2006).

Die Paratuberkulose ist eine Erkrankung mit verschiedenen Immunitätslagen. Bei jüngeren Rindern tritt beispielsweise eher eine zellvermittelte Reaktion als positiver Intrakutantest auf, bei Rindern im fortgeschrittenen Stadium der Paratuberkulose zeigt sich hingegen eine humorale Reaktion (Hofmann 2005; Klee 2006). Bei einer Herdenuntersuchung wird deutlich, dass fast alle Kombinationen von theoretisch möglichen Testergebnissen auch tatsächlich eintreten können. Als Konsequenz aus diesen Fakten resultiert die Empfehlung, dass nach Möglichkeit Nachweismethoden aller drei genannten Kategorien einzuleiten sind, z.B. ELISA im Blutserum (Sensitivität 45-65 %, Spezifität 98,9-99 %) oder IFN $\gamma$ T (Sensitivität 13-18 %, Spezifität 88-95 %), ein Intrakutantest (Sensitivität 18,2 %, Spezifität 98 %) sowie eine kulturelle Kotuntersuchung (Sensitivität 30-50 %, Spezifität 100 %) bzw. eine PCR-basierte Untersuchung auf eine Präsenz des Pathogens im Kot (Sensitivität 4-76 %, Spezifität 99,7 %), und schon beim Vorliegen eines positiven Ergebnisses die Diagnose Paratuberkulose dadurch als vorläufig gesichert anzusehen ist (Whitlock et al. 2000; Hofmann 2005; Klee 2006; Wells et al. 2006; Nielsen und Toft 2008; Trangadia et al. 2014). Mit diesen disjunktiven Positivitätskriterien wird die diagnostische Sensitivität bei einer Kombination der Nachweismethoden erhöht. Besteht weiterhin ein Zweifelsfall, wird empfohlen, das Rind zu schlachten bzw. besser noch zu töten und zur Sektion weiterzuleiten. Die veränderten Darmteile, insbesondere der Ileoazakallymphknoten sowie das Ileum, sollten zur bakteriologischen und patho-histologischen Untersuchung eingesandt werden (Hofmann 2005; Klee 2006).

Unter Berücksichtigung des klinischen Bildes und der Ergebnisse der verwendeten Tests können die infizierten Tiere in vier Kategorien eingeteilt werden (Tab. 6; Hofmann 2005; Klee 2006). Zu beachten ist, dass sich die klinisch manifeste Krankheit durch eine relative einheitliche Symptomatik wie Abmagerung und Durchfall auszeichnet, diese Symptomatik aber auch andere Ursachen haben kann: Fasziole, Amyloidnephrose, chronische Salmonellose, chronischer Kupfermangel und idiopathische eosinophile Enteritis sind immer differenzialdiagnostisch zu berücksichtigen. Diese Krankheiten schließen sich nicht gegenseitig aus, sodass sie auch gemeinsam im Rinderbestand vorkommen können (Klee 2006). Daher ist die gemeinsame Bewertung des klinischen Bildes und der Laborbefunde nötig.

Tab. 6 Kategorien des klinischen Verlaufes der Rinderparatuberkulose. Vier Kategorien des klinischen Erscheinungsbildes, deren epidemiologische Bedeutung und die Nachweismethode der Rinderparatuberkulose (Hofmann 2005; Klee 2006; AGES<sup>10</sup>).

| Kategorie | Charakteristik                                         | Epidemiologische Bedeutung                                                    | Testreaktionen                        |
|-----------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| I         | „Stumme/Stille“ Infektion (v.a. Kälber und Jungrinder) | Geringe, intermittierende Erregerausscheidung                                 | Kaum erfassbar                        |
| II        | Subklinische Infektion (gehäuft adulte Tiere)          | Gering- bis mittelgradige, intermittierende Erregerausscheidung               | Unregelmäßig positive Ergebnisse      |
| III       | Klinische Erkrankung                                   | Hochgradige Erregerausscheidung                                               | Hoher Anteil positiver Testergebnisse |
| IV        | Fortgeschrittene klinische Erkrankung                  | Höchstgradige Erregerausscheidung sog. „Super-Ausscheider bzw. Super-Shedder“ | Regelmäßig positiv                    |

<sup>10</sup> AGES: Bedeutung und die Nachweismethoden der Rinderparatuberkulose [https://www.ages.at/download/0/0/7b979f0e60a37415d4f24af64321954a0b315c85/fileadmin/AGES2015/The men/Krankheitserreger\\_Bilder/TG-Paratuberkulose/Informationen\\_zur\\_Paratuberkulose\\_03.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/7b979f0e60a37415d4f24af64321954a0b315c85/fileadmin/AGES2015/The men/Krankheitserreger_Bilder/TG-Paratuberkulose/Informationen_zur_Paratuberkulose_03.pdf) (Zugriff am 11.09.2019).

### Paratuberkulosedagnostik in Rinderbeständen

Die Detektion möglichst aller infizierten Rinder im Bestand bildet die Basis für die Entwicklung einer Bekämpfungsstrategie und ist daher unerlässlich (Klee 2006). Die klinischen Erkrankungsfälle spiegeln dabei nur einen Bruchteil des Infektionsgeschehens im Bestand wider. Solange Unklarheit über den wahren Status herrscht, sollte auch hier jede positive Diagnostik, wie z.B. ein ELISA oder PCR-Test, als Hinweis auf eine Infektion gewertet werden. Denn nur ca. 50–60 % der tatsächlich infizierten Rinder werden mit der einmaligen serologischen Untersuchung detektiert. Hierbei ist zu beachten, ob im Bestand stabile Kategorien von Tieren mit verschiedener epidemiologischer Relevanz vorhanden sind, z.B. Tiere mit einer Immunität nach einer überstandenen Infektion sowie schwache und passagere Ausscheider (Klee 2006). Z.B. liegt bei Kühen, die im ersten Monat nach ihrer ersten Abkalbung getestet werden, die größte Wahrscheinlichkeit für einen positiven Befund vor und sinkt dann ab (Jakobsen 2000).

In expandierenden Betrieben stellt sich die Frage nach dem Infektionsstatus von zugekauften Rindern. Diese Ungewissheit hat eine erhebliche wirtschaftliche und praktische Bedeutung. In manchen Importländern werden Bescheinigungen über eine serologisch negative Reaktion nicht mehr anerkannt. Grund dafür ist, wie oben bereits dargestellt, dass humorale Antikörper erst relativ spät im Verlauf eines Infektionsgeschehens auftreten. Daher ist der Kenntnisstand des Infektionsstatus der gesamten Tiere in den Herkunftsbetrieben zuverlässiger (Klee 2006). Die Abklärung des Infektionsstatus eines Bestandes zum Zwecke der Zertifizierung ohne Paratuberkulose-Anamnese erfolgt, wenn in einem zum ersten Male untersuchten Rinderbestand alle adulten Rinder in allen der drei vorher genannten Diagnostikkategorien ausschließlich negative Resultate geliefert haben. Dann ist mit einer hinreichenden Sicherheit davon auszugehen, dass der Rinderbestand bzw. Rinderbetrieb Paratuberkulosefreiheit genießt. Diese ist für Zuchtbetriebe von besonderer Bedeutung.

Strengere Maßstäbe gelten bei infizierten Zuchtbetrieben für die Anerkennung der Paratuberkulosefreiheit nach Sanierung. Ein mögliches Vorgehen beschreibt Klee (2006): Im halbjährigen Abstand müssen bei vier Untersuchungen aller Rinder im betroffenen Bestand ausnahmslos negative Befunde vorliegen. Zusätzlich ist eine jährliche Nachuntersuchung vorgeschrieben, die über zwei weitere Jahre anfällt. Versand und Entnahme der Proben werden durch einen Amtstierarzt durchgeführt (Klee 2006).

Bei einer Ermittlung vornehmlich aller infizierten Bestände eines bestimmten Gebietes ist die flächendeckende Untersuchung mittels Tankmilchserologie (Nielsen et al. 2000) oder besser mit Umgebungskotproben unverzichtbar (Klee 2006; Khol et al. 2019). Diese Bestandsaufnahme dient als Basis für weitere Tierseuchenbekämpfungsstrategien (Klee 2006).

In der Tab. 7 sind die wichtigsten *ante mortem* und *post mortem* Diagnoseverfahren für die Rinderparatuberkulose im Vergleich mit jenen für die Rindertuberkulose zusammengefasst und gegenübergestellt.

Tab. 7 Vergleichende Übersicht der ante mortem und post mortem Diagnostik der Rindertuberkulose und Paratuberkulose bei Wiederkäuern (EWG 1964; EWG 2003; Klee 2006; Trautwein 2006; Baumgärtner 2015; BMGF 2019).

|                               | <b>Tuberkulose des MTC</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Paratuberkulose (<i>M. avium</i> subspecies <i>paratuberculosis</i>)</b>                                                                         |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>ante mortem</i> Diagnostik | Intrakutane Tuberkulinprobe, Interferon-immunstimulationstest                                                                                                                                                                                                                             | PCR zum Nachweis von <i>MAP</i> spezifischer Nucleinsäuren im Kot                                                                                   |
|                               | Kultureller Nachweis aus der Milch, Trachealschleimhaut, Kot, Fisteleiter, Vaginalausfluss, Punktaten erkrankter Lymphknoten, Genitalorganen oder Gelenken                                                                                                                                | ELISA Nachweis über <i>MAP</i> spezifischer Antikörper                                                                                              |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kultureller Nachweis aus dem Kot                                                                                                                    |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                     |
| <i>post mortem</i> Diagnostik | pathologische-anatomische Veränderungen und Läsionen der Lymphknoten <i>Lymphonodi (Lnn.) retropharyngeales, mediastinales, tracheobronchales, mandibulares, mammarii/scrotales, Lnn. mesenterici</i> , Ileozäkallymphknoten und der Lunge, der Leber, des Darmes, der Niere und der Milz | Kachexie                                                                                                                                            |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | deutliche Ödematisierung und Hyperplasie der Mesenteriallymphknoten                                                                                 |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | beim Rind pathologisch-anatomische Veränderung im Bereich der Darmschleimhaut, hirnwindungsartige Faltenbildung                                     |
|                               | PCR zum Nachweis von TBC spezifischer Nucleinsäuren in den oben genannten Lymphknoten, Organen und im Kot                                                                                                                                                                                 | Ascites                                                                                                                                             |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kehlgangsödem                                                                                                                                       |
|                               | Kultureller Nachweis aus den Lymphknoten                                                                                                                                                                                                                                                  | PCR zum Nachweis von <i>MAP</i> -spezifischen Nucleinsäuren in Darmlymphknoten inbs. der Ileozäkallymphknoten bzw. Darmteile, Kot, Leberlymphknoten |
|                               | Kultureller Nachweis aus der Milch, Trachealschleimhaut, Kot, Fisteleiter, Vaginalausfluss, Punktaten erkrankter Lymphknoten, Genitalorganen oder Gelenken                                                                                                                                | Kultureller Nachweis aus den betroffenen Darmlymphknoten, Darmteilen und Kot                                                                        |

## 4 Ergebnisse der gezielten Literaturrecherche

### 4.1 Auswahl der verwendeten Literaturstellen

Bei der gezielten Recherche in den medizinischen Datenbanken von PubMed, Scopus und ISI Web of Knowledge wurden 11.289 Publikationen mittels der Suchbegriffe bei der Primärsuche gefunden. Dabei wurden 8.553 Duplikate entfernt und die Abstracts der übrigen 2.736 Artikel auf die relevanten Schwerpunktthemen (epidemiologischen, ökonomischen und/ oder finanziellen Bewertungen von Tuberkulose und Paratuberkulose) begutachtet (siehe Kapitel 2.2). 24 Publikationen wurden als relevant bewertet und einer Sekundärsuche unterzogen. In den Literaturverzeichnissen der 24 Publikationen wurden weitere zwölf Artikel gefunden und auf ihre Relevanz geprüft. Von diesen zwölf Artikeln wurden nur sechs berücksichtigt. Insgesamt wurden 30 Studien im Volltext geprüft, in die vorliegende Arbeit einbezogen und in Bezug auf die Epidemiologie und Wirtschaftlichkeit ausgewertet, um Empfehlungen für potenzielle Interventionsmaßnahmen für österreichische Rinder- und Wildwiederkäuerbestände abzuleiten. Die Wirtschaftlichkeit wurde in zwei Kategorien unterteilt: „Einfluss auf Leistungsdaten“, die sich mit einer Zu- oder Abnahme von Leistungsdaten wie Milch- oder Fleischausbeute ohne Berücksichtigung der Kosten der Interventionsmaßnahmen beschäftigt, und „Cost/ Benefit Ratio“<sup>11</sup>, die sich mit der Zu- oder Abnahme von Leistungsdaten unter Berücksichtigung der Kosten von Interventionsmaßnahmen auseinandersetzt.

Die Arbeitsschritte der Recherche sind in der Abb. 8 als Flussdiagramm/ Flowchart dargestellt. Die Ergebnisse zu den einzelnen Pathogenen dieser Recherche sind im Kapitel 4.2 und 4.3 zusammengefasst.

---

<sup>11</sup> Anm.: Die Begrifflichkeiten Cost/ Benefit Ratio und Kosten-Nutzen-Analyse werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

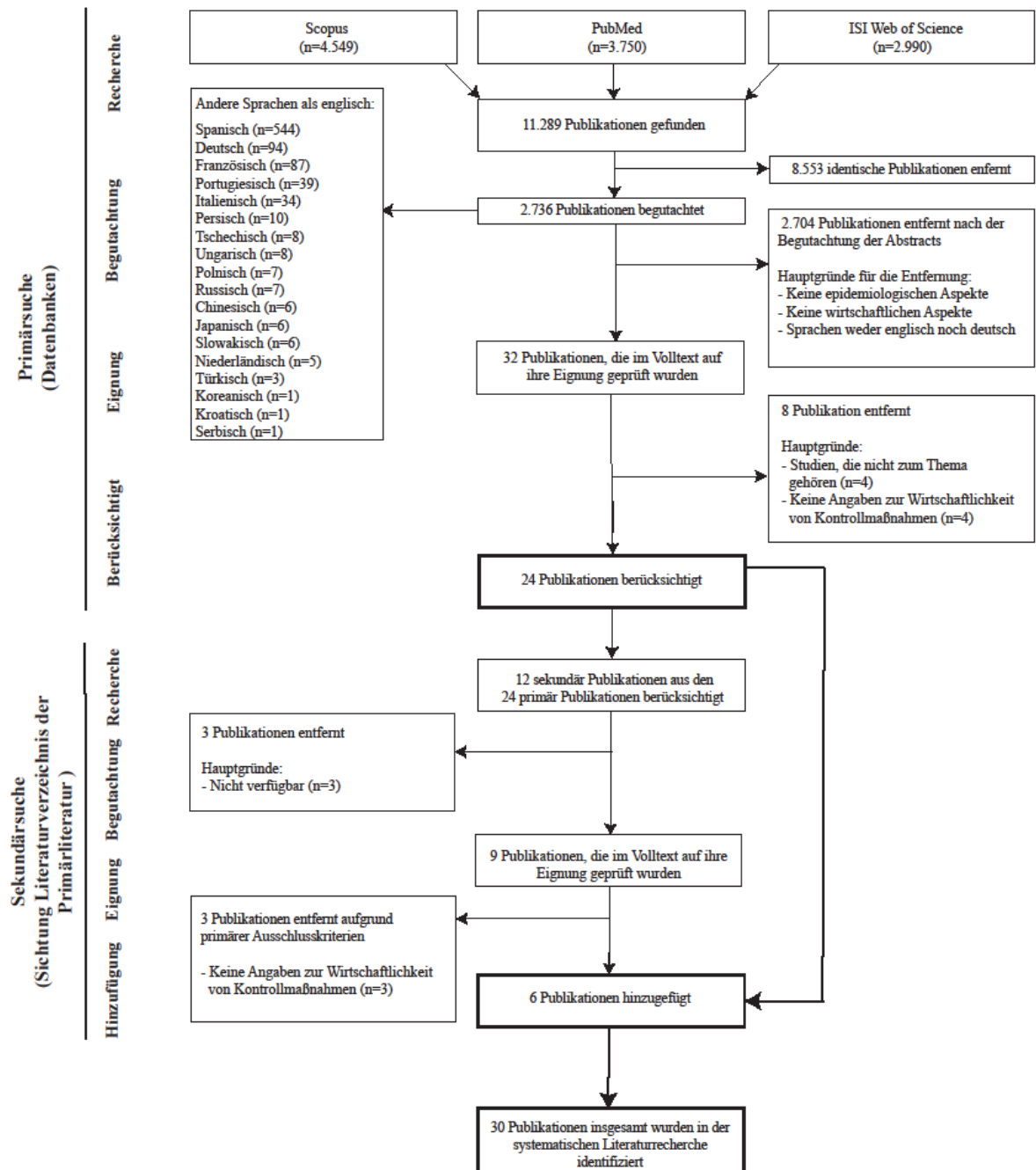


Abb. 8 Flussdiagramm/ Flowchart der Arbeitsschritte der gezielten Literaturrecherche in den medizinischen Datenbanken von PubMed, Scopus und ISI Web of Science.

Die Mehrheit der Artikel (n=19; 63 %) behandelt die Epidemiologie von Tuberkulose und Paratuberkulose bei Rindern und elf Studien (37 %) befassen sich mit den wirtschaftlichen Aspekten, wovon neun (30 %) dem Schwerpunktthema Cost/ Benefit Analyse und zwei Artikel (7 %) dem Bereich „Einfluss auf Leistungsdaten“ zuzuordnen sind.

Mehr als die Hälfte der Veröffentlichungen zu den drei Schwerpunktthemen stammen aus drei Ländern: Großbritannien mit sieben (23 %), die USA mit fünf (17 %) und Neuseeland mit drei (10 %) Publikationen; die Anzahl der Veröffentlichungen aus anderen Ländern ist der Abb. 9 zu entnehmen. Die Abb. 10 gibt eine Übersicht nach Erreger und Land.

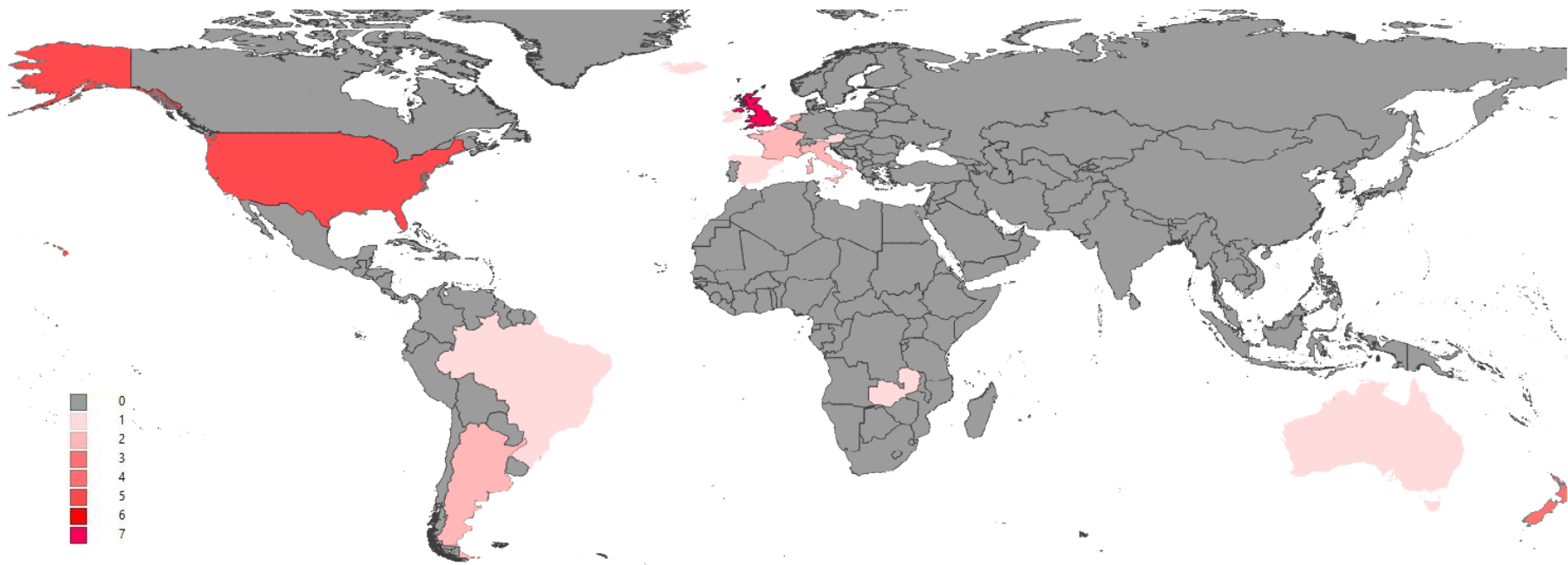


Abb. 9 Berücksichtigte Publikationen (1996-2019) nach Land in der Weltkarte. Der Rotton gibt die Anzahl der Veröffentlichungen zu den Schwerpunktthemen an, in grau keine Angaben bzw. keine Veröffentlichungen.

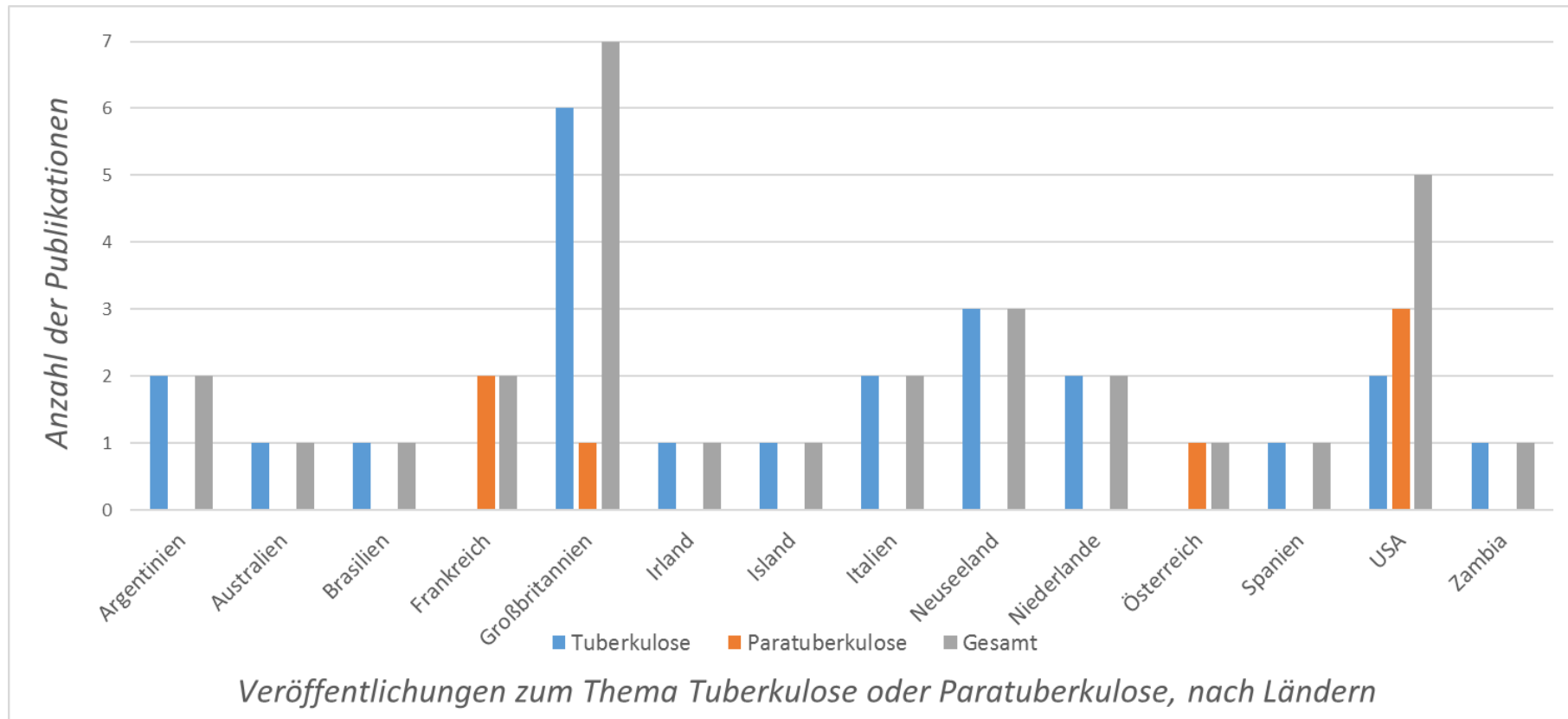


Abb. 10 Anzahl der Publikationen (1996-2019) nach Ländern, differenziert dargestellt nach Tuberkulose (blau), Paratuberkulose (orange) und Gesamtanzahl (grau).

Die hier ausgewählten Veröffentlichungen erschienen im Zeitraum 1996 bis September 2019. Bei der Darstellung der Häufigkeit nach Erscheinungszeitraum (Abb. 11) zeigt sich, dass pro Jahr keine bzw. wenige (0-2) relevante Veröffentlichungen erschienen sind.

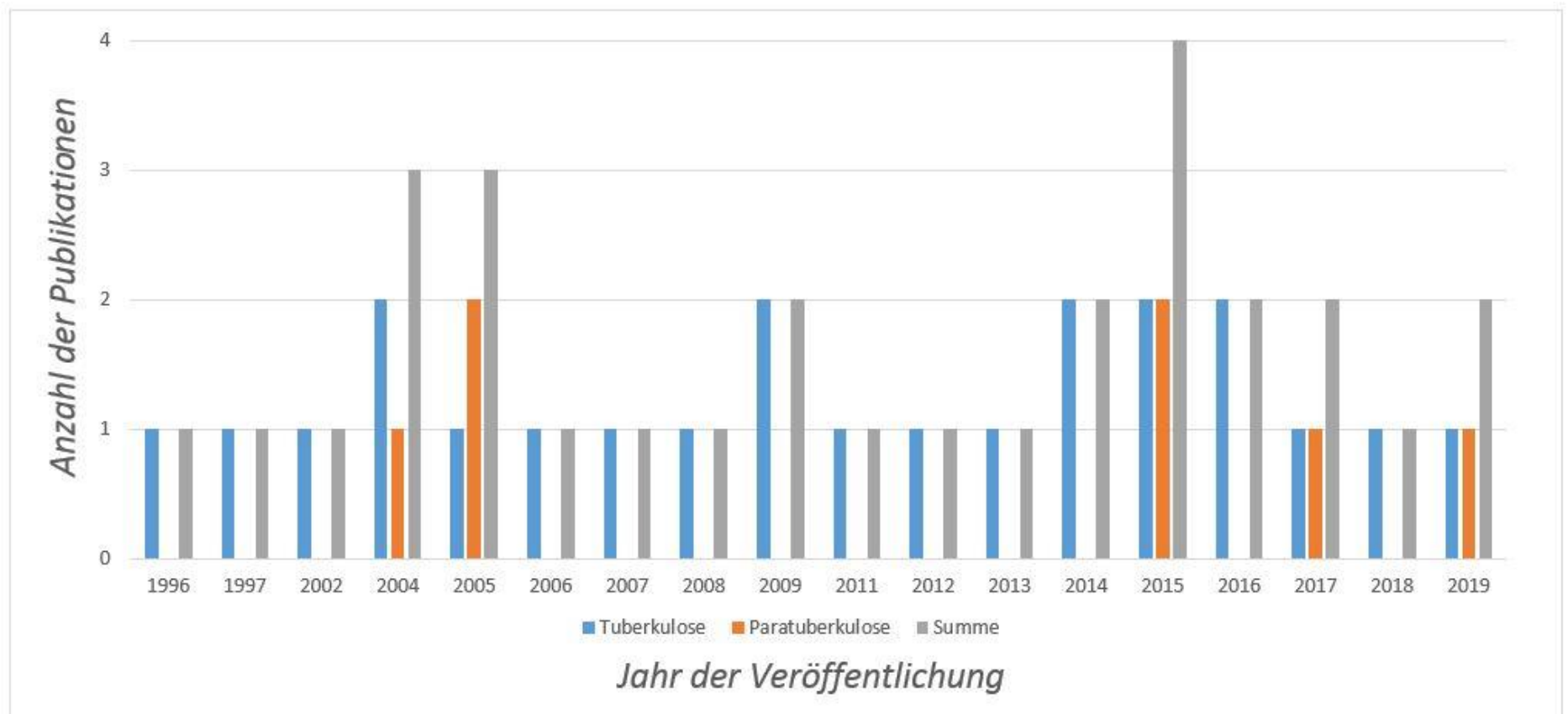


Abb. 11 Anzahl der Publikationen nach Erscheinungsjahr, differenziert nach Tuberkulose (blau), Paratuberkulose (orange) und Gesamtanzahl (grau).

## 4.2 Rindertuberkulose

Von den 23 Publikationen zur Tuberkulose der Rinder behandeln 16 (70 %) die Cost/ Benefit Analyse und sieben (30 %) die Epidemiologie.

Die ökonomischen Bewertungen der Cost/ Benefit Studien (n=16) sind retrospektiv (n=10; 62,5 %) und als theoretische Ausbreitungs- und Bekämpfungsmodelle (n=6; 37,5 %) erstellt. Die epidemiologischen Studien (n=7) sind retrospektiv (n=4; 57 %) und als theoretische Ausbreitungs- und Bekämpfungsmodelle (n=3; 43 %) konzipiert.

Großbritannien stellt mit sechs (ca. 26 %), gefolgt von Neuseeland mit drei (ca. 13 %), Publikationen die meisten Veröffentlichungen. Die Anzahl der Veröffentlichungen aus anderen Ländern ist der Abb. 12 zu entnehmen. Abb. 13 gibt eine Übersicht nach Erreger und Land.

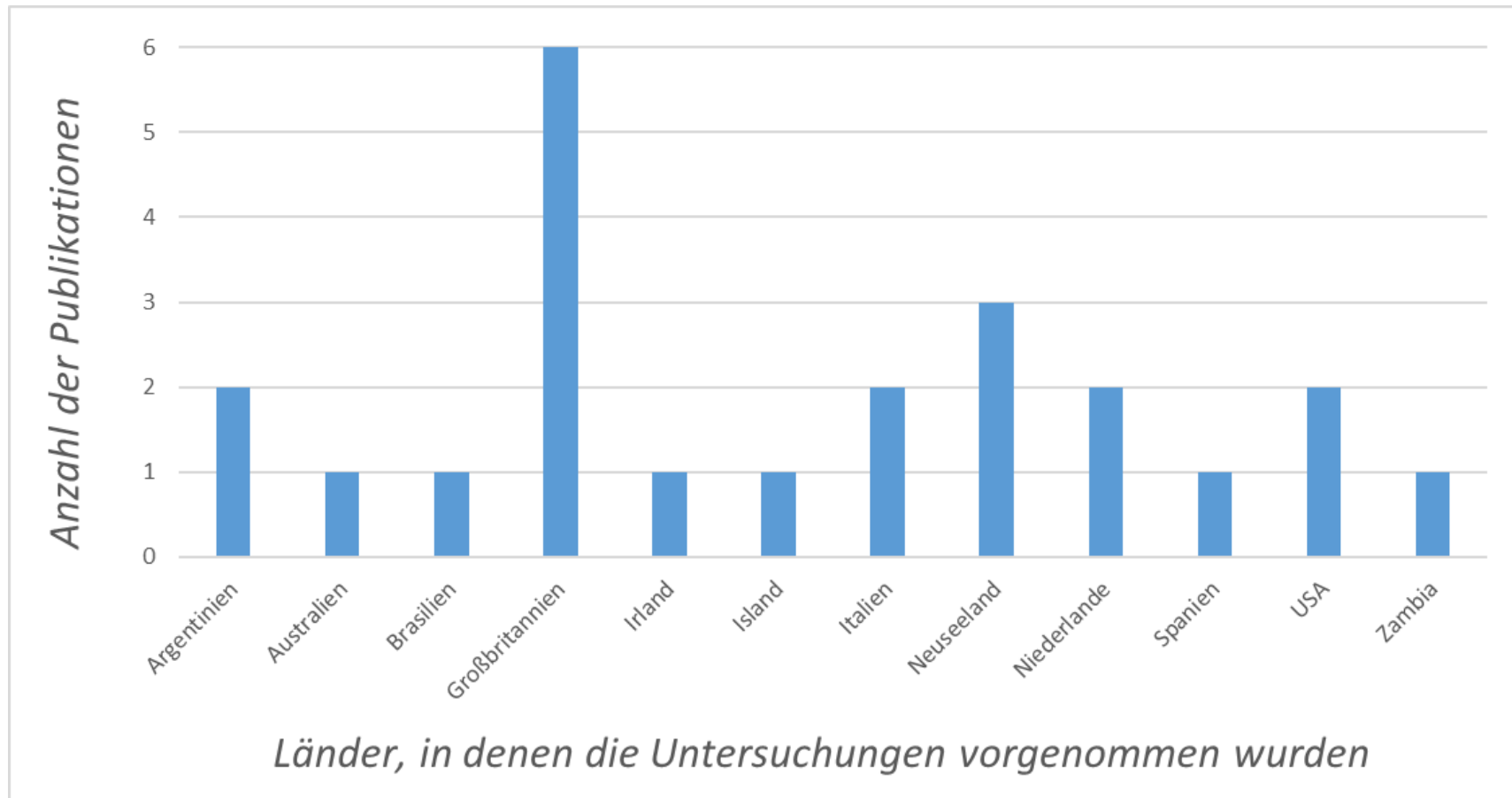


Abb. 12 Anzahl der berücksichtigten Publikationen (1996-2019) zum Thema Tuberkulose der Rinder nach Land.

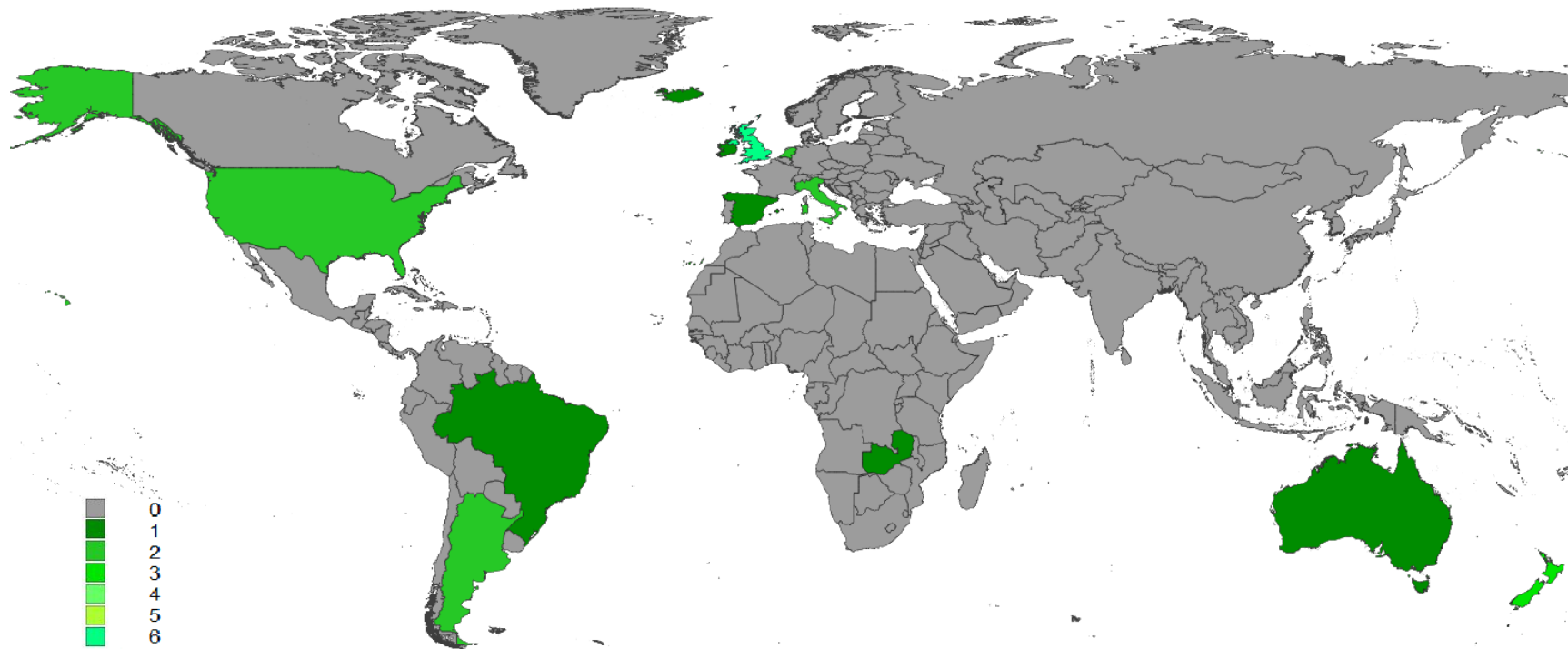


Abb. 13 Anzahl der berücksichtigten Publikationen (1996-2019) nach Land in der Weltkarte. In Grünstufen die Anzahl der veröffentlichten Arbeiten zum Schwerpunktthema Tuberkulose bei Rindern, in grau keine Angaben bzw. keine Veröffentlichungen.

Die hier ausgewählten Veröffentlichungen erschienen im Zeitraum 1996 bis September 2019, mit 0-2 Veröffentlichungen/ Jahr (Abb. 14)

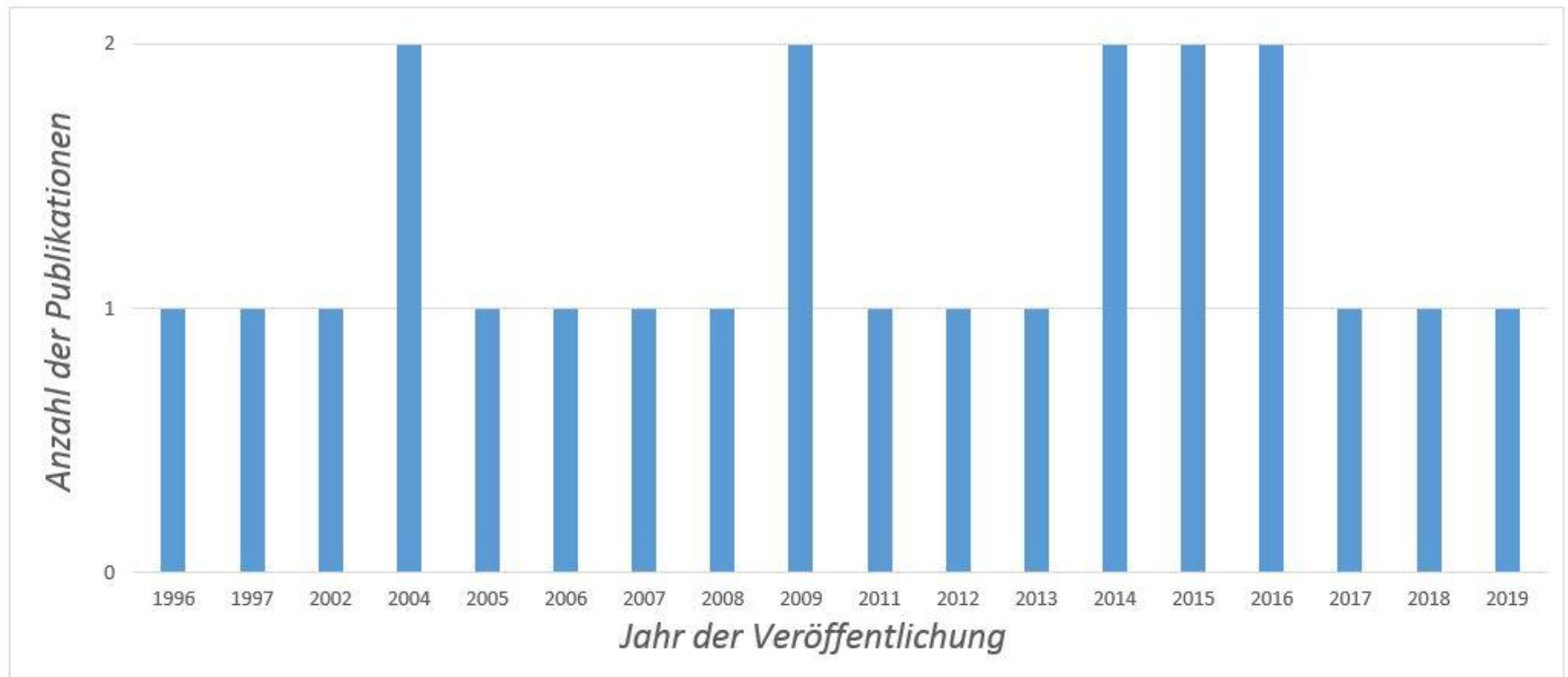


Abb. 14 Anzahl der berücksichtigten Publikationen zum Thema Tuberkulose der Rinder nach Veröffentlichungsjahr.

Im Folgenden sind die Kernaussagen der Autoren in den berücksichtigten Publikationen zum Thema Tuberkulose bei Rindern in Kürze zusammengefasst. Die Studien sind nach kontinentaler Verteilung und den Schwerpunkten geordnet wiedergegeben.

#### Europa, epidemiologische Aspekte:

Brooks-Pollock et al. (2014) erstellten ein dynamisches Übertragungs- und Ausbreitungsmodell der Tuberkulose in Großbritannien mit Bezug auf die daraus resultierenden Herausforderungen der Interventionsmaßnahmen. Sie stellten fest, dass mehrere Infektionswege wie Verbringung, innerherdliche Infektion und Dachse-Wildreservoir existieren, wobei alle Übertragungswege gleichermaßen wichtig seien. Die Autoren sind der Ansicht, dass die Interventionsmaßnahmen immer an mehreren Fronten durchgeführt werden sollten, um eine effektive Reduktion der Tuberkulose zu erreichen.

Colin et al. (2018) beschreiben in ihrer Studie ein Modell über die Ausbreitung und Übertragung von Tuberkulose bei Rindern. Sie kommen zu dem Schluss, dass Bestände, die frei von Tuberkulose seien, i.d.R. von Zukäufen aus anderen Herkunftsbetrieben und den Umweltreservoirien wie Dachse infiziert werden würden. Daraus würden sich Interventionsmaßnahmen wie z.B. interne und externe Biosecurity-Maßnahmen ergeben, die zum Teil zu einer erheblichen Reduktion der Inzidenz führen können. Die Autoren betonen die Wichtigkeit des Wildtierreservoirs und deren Bekämpfung als maßgebliches Ziel zur Reduktion der Tuberkulose. Die Intraherdenprävalenz solle weiterhin mit der „test-and-cull“-Methode durchgeführt werden, um sukzessiv alle Rinder mit TBC zu entfernen.

Prentice et al. (2019) stellten sich in ihrer Studie die Frage, welche Faktoren dem Erfolg von Bekämpfungsmaßnahmen förderlich oder hinderlich seien. Sie stellten fest, dass eine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie von vielen Faktoren abhängig sei. Dabei wurden der Zeitpunkt, die Dauer und Intensität der Bekämpfung sowie das Gebiet als Hauptfaktoren beschrieben. Die Autoren zeigen deutlich, dass eine unzureichende Bekämpfung, z.B. bei der Dauer und Intensität, zu einer massiven Tierbewegung und Keimverschleppung führe. Die Autoren stellten in ihren Modellen fest, dass eine Keulungsrate von 70 % bei Wildwiederkäuern über vier Jahre die effizientesten Ergebnisse bei der Reduktion der TBC-Prävalenz brachte. Jedoch weisen sie gleichzeitig darauf hin, dass eine zu intensive Bejagung der Erhaltungswirte zum Zusammenbruch der Population und infolgedessen zu einer Ausrottung der Gattung führen könne. Die Autoren empfehlen daher, eine individuelle Bekämpfungsstrategie für jede

geografische Position und Tierpopulation unter Berücksichtigung der Risikoabwägung zu entwerfen.

#### Europa, Cost/ Benefit Aspekte:

Bernués et al. (1996) analysieren in ihrer Studie das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei den nationalen Bekämpfungsprogrammen gegen die TBC und die Brucellose bei Rindern in den spanischen Berggebieten. Dabei kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Bekämpfungsprogramme in ihrer Wirtschaftlichkeit unterschiedlich ausfallen. Die Bekämpfung gegen die Rinder-Brucellose habe eine deutlich positive Cost/ Benefit Ratio, bei der TBC-Bekämpfung hingegen würden die Kosten den wirtschaftlichen Nutzen übersteigen. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass nur die Tiergesundheit und -Produktion als Faktoren der Wirtschaftlichkeit in ihrer Studie berücksichtigt wurden. Aspekte der öffentlichen Gesundheit der Menschen wurden in ihrer Arbeit nicht mit aufgenommen. Die Autoren rechnen demnach mit einer positiven Cost/ Benefit Ratio bei Berücksichtigung der Kosten für das öffentliche Gesundheitswesen.

Van Asseldonk et al. (2005) befassen sich in ihrer Studie mit der stochastischen Effizienz von TBC-Diagnostik in den etablierten Überwachungs- und Bekämpfungsprogrammen in den Niederlanden. In ihrer Arbeit kommen sie zu dem Schluss, dass eine Risikoanalyse der einzelnen Gebiete zur Erhebung der TBC-Prävalenz und eines möglichen Wildreservoirs als primärer Schritt anzusehen sei. In vielen Gebieten wird die TBC von Rind zu Rind bzw. durch Tierverbringungen verbreitet. Auf Grundlage dieser Daten sollen individuelle risikobasierte Maßnahmen entwickelt und durchgeführt werden. Zudem sollen diese maßgeschneiderten Risikoanalysen eine Entscheidungshilfe für weitere Interventionen der Regierungen darstellen. Den wirtschaftlichen Nutzen der Maßnahmen schätzen die Autoren als positiv ein, da weitere Kosten im Gesundheitswesen der Menschen verhindert werden können. Diese Kosten wurden jedoch in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Fischer et al. (2004) evaluieren in ihrer Studie die etablierten Überwachungsmethoden in den Niederlanden auf ihre Effizienz und ggf. weitere Integration von Untersuchungsverfahren. Grund für die Evaluierung war, dass die derzeit etablierten Überwachungen auf die Schlachtier- und Fleischuntersuchung in den Schlachthöfen begrenzt seien. Es sei möglich, dass sich die Infektion 52 bis 260 Wochen lang ausbreiten könne, bevor sie in den Herden entdeckt würde. In diesem Zeitraum würde sich die Infektion geografisch durch Tierbewegungen und den Kontakt von Tier zu Tier ausbreiten. Damit wären in der

Ausbreitungszeit mehr als 0,1 % der Herden infiziert, was den OTF Status (official BTB-free, offiziell frei von Boviner Tuberkulose) gefährden würde. Die Autoren empfehlen daher weitere routinemäßige Untersuchungen, wie ELISA, Tankmilchproben und Bluttests, Interferon-Gamma-Test, bei der Bekämpfung und Frühdetektion der Tuberkulose zu integrieren.

Bennett (2009) analysiert in seiner Arbeit das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei der TBC-Diagnostik vor der Verbringung der Tiere. Dabei hat der Autor mit mehreren Landwirten die Kosten und die Aufwendungen analysiert. Bennett (2009) kommt zu dem Schluss, dass bei der TBC-Diagnostik vor der Verbringung eine große Kostenspanne zwischen den Betrieben existiere. Die durchschnittlichen Kosten würden sich zwischen 8,84 und 15,36 Pfund Sterling (9,82 und 17,07 Euro) je Tier belaufen. Die meisten Landwirte bestätigten, dass diese zusätzlichen Kosten beim Verkauf nicht berücksichtigt werden würden und es auf Seiten der Landwirte zu einem wirtschaftlichen Verlust bzw. zu einer stärkeren wirtschaftlichen Belastung der Betriebe komme.

Wilkinson et al. (2009) untersuchen in ihrer Studie die Wirtschaftlichkeit der Bekämpfungsprogramme gegen die Wildtier-TBC in Großbritannien. Dabei nahmen die Autoren an, dass es zu einer stärkeren Tierbewegungsdynamik der Dachse im Zeitraum der Bekämpfungen komme. Durch diesen erhöhten Stress und die enormen Wanderungen der Tiere errechneten Wilkinson et al. (2009), dass die Dachsbekämpfungsstrategien unwirtschaftlich seien. In manchen Gebieten erhöhte sich sogar die Prävalenz bei Dachsen und Rinderherden nach den Maßnahmen. Die Autoren errechneten eine wirtschaftliche Erfolgswahrscheinlichkeit zwischen 0-67 % je nach weiteren Korrekturanpassungen bei den etablierten Bekämpfungsstrategien.

Smith et al. (2007) analysierten verschiedene Bekämpfungsstrategien der Dachstuberkulose in Bezug auf die Übertragung auf Rinder in Großbritannien. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die TBC-Prävalenz in Rinderherden nach erfolgter Dachskeulung abnimmt. Um den wirtschaftlichen Aspekt in die Analyse mit einfließen zu lassen und eine Cost/ Benefit Aussage zu treffen, wurden verschiedene Methoden der Keulung, Größe des Bekämpfungsgebietes, Zeitraum der Bekämpfung und Personalaufwand einkalkuliert. Das Ergebnis aus den verschiedenen Szenarien ist durchmischt. Nur das Szenario mit kurzem Zeitraum und kleinem Bekämpfungsgebiet sei wirtschaftlich rentabel. Die anderen Szenarien würden erst über eine Reduktion der Bekämpfungskosten wie Personal und Material wirtschaftlich positiv ausfallen. Dennoch empfehlen die Autoren weitreichende

Interventionen gegen die Dachstuberkulose auszubauen, um die stetig wachsenden Rinderherden zu schützen.

Griffen et al. (2005) präsentieren in ihrer Studie den Einfluss der TBC-Prävalenz in Rinderherden nach der Bejagung von Dachsen in Irland. Nach dem nationalen Tilgungsprogramm der Regierung, „test-and-cull“-Methode von Rindern, war die TBC-Prävalenz in den Rinderherden Jahre lang stabil. Dennoch wurden immer wieder TBC-Ausbrüche gemeldet. Daraufhin wurde ein Überwachungs- und Keulungsprogramm in fünf Regionen Irlands mit durchschnittlich höherer Prävalenz etabliert. Dachse wurden intensiv in diesen Gebieten bejagt und nach fünf Jahren die Ergebnisse evaluiert. Die Autoren beschreiben eine starke Abnahme der TBC-Prävalenz in den Rinderherden, zuvor seien mittels Hauttest 14 Mal häufiger Reagenten festgestellt worden. Griffen et al. (2004) befürworten eine stärkere Überwachung und Bejagung der Dachse, um die TBC-Prävalenz zu senken.

Acevedo et al. (2013) untersuchten in ihrer Arbeit die Ausbreitung von Tuberkulose und deren Folgen in Island. Die Autoren konnten eine positive Korrelation von Inselgröße, TBC-Prävalenz in Rinderherden und der Tierbewegung nachweisen. Auch den Hauptinfektionsweg, Import von infizierten Rindern, konnten sie mittels Typisierung der Isolate aufzeigen. Zudem beschreiben die Autoren die Reinfektion von sanierten Beständen über die TBC-Wildtierreservoirs. Sie weisen darauf hin, dass nur durch eine Überwachung in Nutztierbeständen sowie bei Wildtieren eine nachhaltige TBC-Bekämpfung möglich sei.

Caminiti et al. (2016) führten eine Metastudie über weltweite Bekämpfungsstrategien, ihre Kosten-Nutzen-Analyse und die Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit durch. Das Resultat der Metastudie war, dass die Bekämpfungsprogramme gegen die Tuberkulose in der Regel ein positives Cost/ Benefit Ergebnis aufwiesen. Limitiert wurde die positive Bilanz durch die Kosten der Keulung, Diagnostik und durch den Wiederbeschaffungswert der Tiere. Je intensiver und aufwendiger die Bekämpfungsmaßnahmen seien, umso geringer sei der Gewinn bzw. übersteige die Kosten den Mehrwert. Die Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit seien noch nicht abschließend geklärt. Jedoch wird davon ausgegangen, dass in den Nicht-Industrieländern der größte Nutzen für die menschliche Gesundheit und Ernährung zu erwarten sei.

Amato et al. (2017) untersuchten in ihrer Studie die TBC-Isolate bei Rindern und Wildtieren in Bezug auf Überwachungs- und Keulungsstrategien in Sizilien von 2004 bis 2014.

Sizilien besitzt, im Gegensatz zum restlichen Italien, eine höhere TBC-Prävalenz von ca. 4 %, vor allem in den Provinzen Messina, Enna und Palermo (Sizilien). Die Autoren führen diesen Umstand auf die mangelnde Durchführung des nationalen TBC-Tilgungsprogramms, auf das Fehlen einer TBC-Wildtierüberwachung sowie auf die gemeinsame Nutzung von Weiden und Wasserquellen durch Hausrinder und Wildtiere zurück. Ohne Interventionsmaßnahmen zeigen die genannten Provinzen die stetige Ausbreitung der TBC im Wild- und Nutztiersektor. Die Provinzen Siziliens mit einer funktionierenden Durchführung der Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen schaffen eine kontinuierliche Absenkung der TBC-Prävalenz.

#### Australien und Neuseeland, epidemiologische Aspekte:

Radunz (2006) beschreibt in seiner Arbeit die Überwachungsstrategien unter besonderer Berücksichtigung des Risikomanagements in der letzten Phase der Eradikation der TBC in Australien. Der Autor weist auf die gute Zusammenarbeit der Industrie, v.a. Milchwirtschaft, und der Regierung hin. Diese Kooperation hatte zur Folge, dass sehr gute Überwachungs- und Interventionsstrategien etabliert wurden und die Prävalenz der TBC binnen 12 Jahren in vielen australischen Regionen nahe Null erreicht werden konnte. Daraufhin wurden diese Regionen offiziell als tuberkulosefreie Gebiete anerkannt. Die restlichen Landesteile wurden einige Jahre später tuberkulosefrei. Die gute Zusammenarbeit und die Gegebenheit, dass keine TBC-Wildtierreservoirs in Australien vorhanden seien, konnte eine effektive Bekämpfung der TBC fördern.

Barlow et al. (1997) konzeptierten ein Verbreitungsmodell für *M. bovis* bei Rinderherden in Neuseeland. Das Ergebnis der Studie ist, dass zwei große Bereiche der Tuberkuloseinfektion in Neuseeland existieren, die innerherdliche und die Wildtierreservoir-Infektion. Für beide Bereiche wurden Interventionsmaßnahmen ins Berechnungsmodell implementiert. Das Ergebnis dieser Interventionen war eine deutliche Verringerung der Inzidenz bei Rinderherden. Vor allem die Reduktion des Wildtierreservoirs (Possums) verringerte die Inzidenz.

Buddle et al. (2015) zeigten in ihrer Studie den Einfluss des TBC-Wildtierreservoirs in einheimischen Rinder- und Wildwiederkäuerbeständen in Neuseeland. Sie überprüften die Daten aus zwei Jahren TBC-Bekämpfungsprogrammen und kommen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass die Infektionen von Rindern und Wildwiederkäuern durch die Interventionsmaßnahme „Bejagung der Opossums“ eine deutliche Verringerung erzielt habe.

Opossums sind für ca. 70 % der Infektionen in den Beständen verantwortlich und werden deshalb als „Erhaltungswirt“ der TBC bezeichnet. In manchen Gebieten wurde nach der Bejagung der Vektortiere das Absinken der Prävalenz innerhalb von zwei bis drei Jahren auf nahezu Null festgestellt. Die Autoren weisen des Weiteren darauf hin, dass eine alleinige Diagnostik mittels Skin-Test nicht ausreiche, um die TBC-Reservoirs auszumerzen bzw. nachhaltig einzudämmen.

#### Australien und Neuseeland, Cost/ Benefit Aspekte:

Anderson et al. (2015) beschreiben in ihrer Studie ein Tuberkulose-Überwachungsprogramm im Wildtierreservoir in Neuseeland. Sie stellen die Notwendigkeit eines individuellen Überwachungssystems mit den entsprechenden Interventionsmaßnahmen fest. Die Regierung in Neuseeland werde in den nächsten Jahren den nationalen Bekämpfungsplan in einen regionalen Bekämpfungsplan umwandeln. Für die regionalen Maßnahmen sei es unabdingbar die Wildtierreservoirs, wie Fuchskasus und Opossums, mit zu berücksichtigen und die Kosten für die Überwachung und Diagnostik so effektiv wie möglich zu gestalten. Die TBC-Wildtierreservoirs stellen einen wichtigen Infektionsweg für die einheimische Viehwirtschaft dar.

#### Südamerika, Cost/ Benefit Aspekte:

Perez et al. (2002) simulierten in ihrem Berechnungsmodell eine theoretische Ausbreitung der Tuberkulose bei Rinderherden, nachdem drei Herden in der Provinz Santa Fe (eines der größten Gebiete der Milchproduktion in Argentinien) positiv auf TBC getestet wurden. Die Erkenntnis aus dem theoretischen Ausbreitungsmodell ist, dass auch ohne ein Wildtierreservoir, wie in Neuseeland, die Inzidenz in Argentinien bei 2,2 % liegt, was dem Wert für Neuseeland (2,6 %) ähnlich ist. Interventionsmaßnahmen wurden nicht implementiert, jedoch betonen die Autoren, dass es bei ausbleibendem Eingreifen in die Ausbreitung der TBC zu einer weiteren Ausbreitung des Erregers kommen werde.

Perez et al. (2011) befassen sich in ihrer Studie um die Nachhaltigkeit der TBC-Bekämpfungsprogramme und deren Wirtschaftlichkeit. Die finanziellen Kosten des TBC-Bekämpfungsprogramms in Argentinien würden vollständig von Landwirten getragen. Aus diesem Grund seien Kosten-Nutzen-Analysen zur Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzens der Tilgung der Rindertuberkulose erforderlich, um die Erzeuger zu motivieren. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die etablierten Bekämpfungsprogramme eine positive Cost/

Benefit Ratio aufweise. Dieses sei unter anderem dem geschuldet, dass sich v.a. in der Diagnostik auf die „test-and-cull“-Methode mittels Hauttest-Verfahren beschränkt werde. Sollte es langfristig zu Kostensteigerung kommen, empfehlen die Autoren, den Erzeugern Subventionen von Seiten der Regierung und der verarbeitenden Industrie zukommen zu lassen.

Vendrame et al. (2016) beschreiben die Ausbreitung und den derzeitigen Stand der Prävalenz der Tuberkulose in Rinderherden im Bundesgebiet Rondônia, Brasilien. Sie kommen zu dem Schluss, dass sich die Tuberkulose sukzessiv in den Rinderherden ausbreite und es zu größeren Ausfällen in den Rinderherden komme. Derzeit sei nur ein Ausbreitungsweg, der Zukauf von Rindern mit ungewissem TBC-Status, entdeckt. Die Autoren sprechen sich für ein staatliches TBC-Überwachungs- und Zertifizierungsprogramm aus. Bauern sollten nur noch zertifizierte Ersatztiere in ihre Herden integrieren dürfen. Diese Maßnahmen sollten die hohe Gefahr der TBC für die Gesundheit der Menschen und Tiere eindämmen.

#### Nordamerika, epidemiologische Aspekte:

Álvarez et al. (2014) erstellten ein Modell zur Untersuchung der Übertragungsdynamik von TBC und zur Entscheidungsfindung der passenden Diagnostik für ihre Annahmen. Nach diesem Modell würde der klassische Hauttest für eine Überwachung der Herden-Prävalenz und die Frühdetektion nicht ausreichen. Die Autoren befürworten weitere diagnostische Verfahren, wie Bakteriologie und Interferon-Gamma-Test, zur TBC-Erkennung. Durch ergänzende Untersuchungen und der Feststellung der wahren Prävalenz könne auf der neuen Datenlage eine Entscheidung für das weitere Vorgehen getroffen werden.

#### Nordamerika, Cost/ Benefit Aspekte:

Arambulo (2008) beschreibt in seiner Arbeit die Wichtigkeit von Überwachungs- und Kontrollsystemen für die Gesundheit des Menschen und der Tiere. In seiner Arbeit schildert der Autor die Notwendigkeit, Krankheiten, wie die Tuberkulose, direkt am Tier zu überwachen und zu bekämpfen. Dies nennt der Autor „die erste Verteidigungslinie“, die am kostengünstigsten und effizientesten überwacht werden könne. Durchbrechen Krankheitserreger diese Verteidigungslinie, seien die Folgekosten für Behandlungen, Sanierungen und Wiederaufbau um ein Vielfaches höher.

Afrika, Cost/ Benefit Aspekte:

Mwacalima et al. (2013) simulierten in ihrer Studie eine Cost/ Benefit Analyse über das Tuberkulosebekämpfungsprogramm in Zambia über einen Zeitraum von zehn Jahren. In ihrer Studie kommen sie zu dem Schluss, dass das etablierte Bekämpfungsprogramm geringe bis keine wirtschaftlichen Vorteile biete. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass sie die Vorteile für die menschliche Gesundheit, Tourismus und verbesserte Tierproduktion nicht in ihrer Simulation berücksichtigt hätten. Mwacalima et al. (2013) sind sich sicher, dass v.a. durch die Vermeidung humaner TBC-Fälle die Bekämpfungsprogramme wirtschaftlich positiv ausfallen würden. Daher plädieren die Autoren dafür, dass die TBC-Bekämpfungsprogramme als ein öffentliches Gut angesehen werden sollten.

### 4.3 Rinderparatuberkulose

Von den sieben ausgewählten Publikationen zur Paratuberkulose der Rinder behandeln drei (43 %) die Cost/ Benefit Analyse, zwei die Epidemiologie (28,5 %) und zwei (28,5 %) Einflüsse auf die Leistungsdaten ohne Berücksichtigung der Interventionskosten.

Die ökonomischen Bewertungen der Cost/ Benefit Studien (n=3) wurden anhand eines theoretischen Berechnungsmodells (n=2; 66,6 %) und retrospektiv (n=1; 33,3 %) designt.

Die epidemiologischen Studien (n=2) und jene zu Einflüssen auf Leistungsdaten (n=2) wurden mit jeweils einer Studie (n=1; 50 %) den retrospektiven sowie theoretischen Modellen zugeordnet.

Die USA stellen mit drei (ca. 43 %) gefolgt von Frankreich mit zwei (ca. 28,5 %) Publikationen die meisten Veröffentlichungen, dann folgen Großbritannien und Österreich mit je einer Veröffentlichung. Abb. 15 gibt eine Übersicht nach Erreger und Land.



Abb. 15 Anzahl der berücksichtigten Publikationen (1996-2019) der Länder in der Weltkarte. In Gelbstufen die Anzahl (1-3) an veröffentlichten Arbeiten zum Schwerpunktthema Paratuberkulose bei Rindern je Land, in grau keine Angaben bzw. keine Veröffentlichungen.

Die hier ausgewählten Veröffentlichungen erschienen im Zeitraum 2004 bis September 2019 (Abb. 16). In der Abb. 17 sind die Veröffentlichungen nach Jahr und Krankheit im Detail angeordnet.

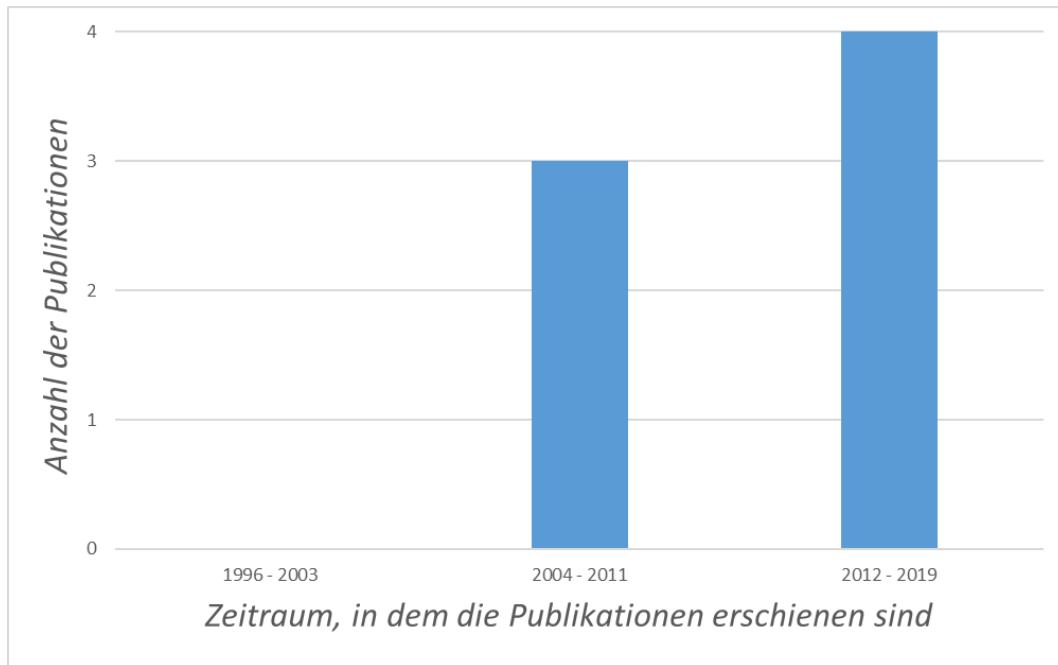


Abb. 16 Anzahl der berücksichtigten Publikationen zum Schwerpunktthema Paratuberkulose der Rinder und Erscheinungszeitraum (Gruppen zu je acht Jahren von 1996 bis 2019).

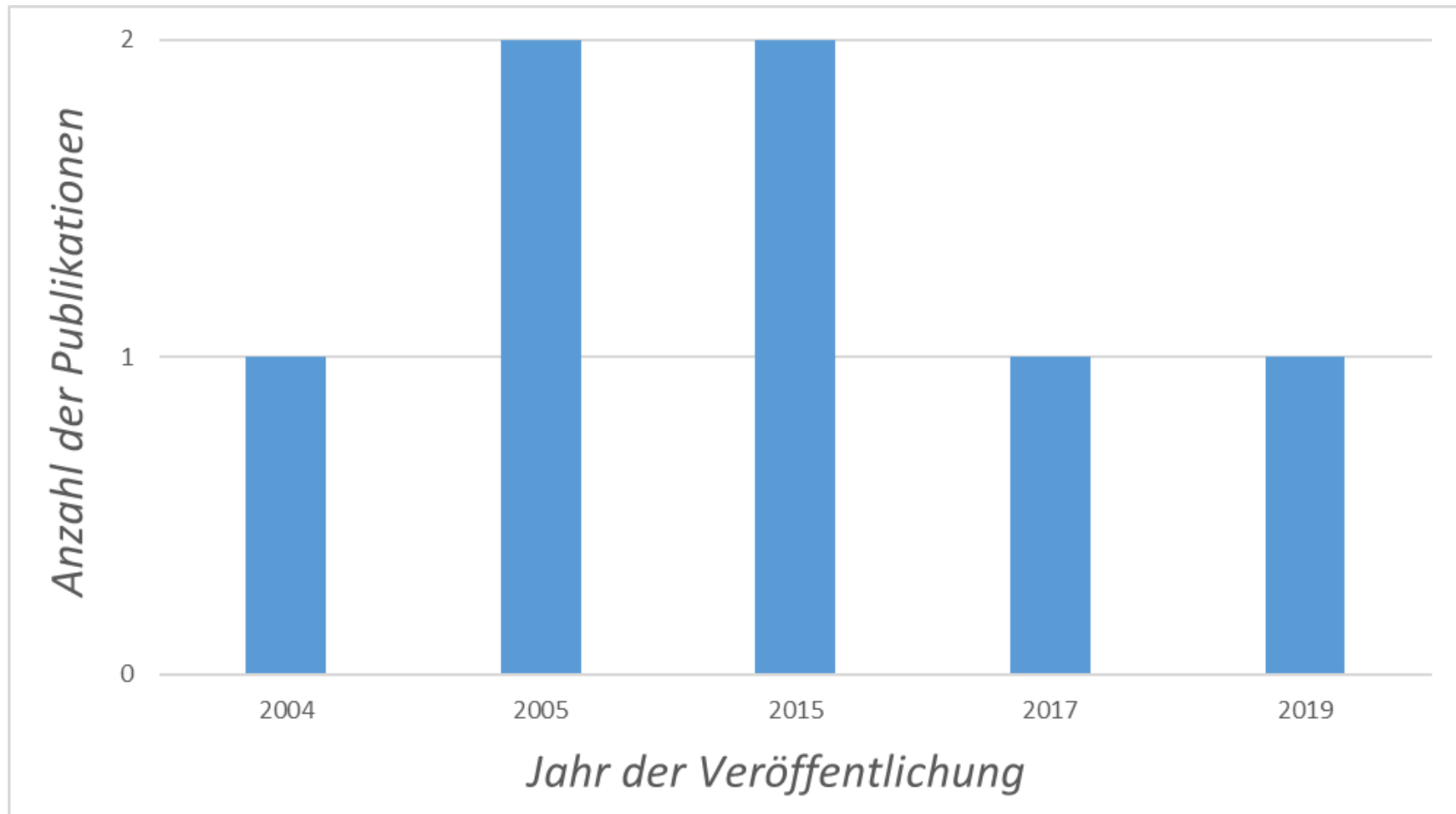


Abb. 17 Anzahl der berücksichtigten Publikationen zum Thema Paratuberkulose der Rinder nach Veröffentlichungsjahr.

Im Folgenden sind die Kernaussagen der Autoren in den berücksichtigten Publikationen zum Thema Paratuberkulose bei Rindern in Kürze zusammengefasst. Die Studien sind nach kontinentaler Verteilung und den Schwerpunkten geordnet wiedergegeben.

#### Europa, epidemiologische Aspekte:

Beaunée et al. (2015) erstellten ein Modell, welches die Übertragung von Paratuberkulose zwischen den Rinderherden mit verschiedenen Prävalenzen und Kontrollmaßnahmen über einen Zeitraum von neun Jahren darstellt. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Infektionsrate massiv von der Anzahl an gekauften Tieren abhängig sei. Bereits bei einem jährlichen Zukauf von mindestens drei Tieren könne das Risiko einer Infektion um mehr als 50 % über einen Zeitraum von neun Jahren ansteigen. Hierbei seien Tierbewegungen noch nicht berücksichtigt. Zusätzlich zeige das Modell, dass die Anfangsprävalenz nicht ausschlaggebend für die Persistenz von *MAP* gewesen sei. Vielmehr seien Verbringungen von und der Handel mit Tieren für die Prävalenzzunahme ausschlaggebend gewesen.

#### Europa, Cost/ Benefit Aspekte:

Dufour et al. (2004) analysieren in ihrer Arbeit eine Implementierung eines Paratuberkulose-Zertifizierungsmodells in Frankreich und dessen Kosten-Nutzenrechnung. Sie kommen zu dem Schluss, dass für Milchviehherden erst nach drei bzw. bei Mastherden nach sechs Jahren Teilnahme die Cost/ Benefit Ratio positiv ausfalle. Es wurde davon ausgegangen, dass zertifizierte Tiere einen höheren Fleisch- bzw. Milchpreis generieren und beim Verkauf dieser Tiere höhere Erlöse erzielt werden würden. Unter praktischen Bedingungen wären solche Programme für Milchviehhaltung nach fünf und Mastherden nach acht Jahren rentabel.

Stott et al. (2005) befassen sich in ihrer Studie mit den finanziellen Anreizen zur Bekämpfung der Paratuberkulose bei Rindern. Da bei der Paratuberkulose aktuell keine effektive Behandlung bzw. Heilung existiere, würden Diagnostik und Keulung innerhalb des staatlichen verordneten Kontrollmanagements durchgeführt. Stott et al. (2005) kommen zu dem Schluss, dass effektive Managementmaßnahmen bei der Reduzierung der Paratuberkulose in den Herden durchgeführt werden könnten. Die Kosten für Diagnostik und Interventionen würden aber teilweise den kalkulierten Gewinn übersteigen. Hauptgrund hierfür sei der sehr niedrige Milchpreis. Dieser Umstand schaffe kaum Anreize bzw. Ressourcen für die Bekämpfung der Paratuberkulose in den Herden.

#### Europa, Einflüsse auf die Leistungsdaten:

Khol et al. (2019) beschreiben in ihrer Studie eine zweistufige Paratuberkulosebekämpfung. In dieser Studie werden die Vor- und Nachteile von verschiedenen Herangehensweisen (Sockentupfer, Tankmilchprobe, ELISA oder Kot-PCR) beschrieben und wie die gewonnenen Ergebnisse bestmöglich für eine Reduktion der Paratuberkulose-Prävalenz eingesetzt werden sollten. Hinzu komme die Klassifizierung der Einzeltiere bzw. Herden, die weitere Anreize für die Teilnahme von Landwirten schaffen solle. Auch die verschiedenen Finanzierungsmöglichkeiten der Bekämpfungsprogramme wurden gegenübergestellt und ausgewertet. Die Autoren befürworten eine anfängliche Übernahme der Diagnostik- und Tierarztkosten bei der Bekämpfung von *MAP* in Rinderherden durch die öffentliche Hand. Nach erfolgreicher Umsetzung und Etablierung der Interventionen sollen die Kosten von den Landwirten selbst getragen werden.

#### Nordamerika, epidemiologische Aspekte:

Smith et al. (2017) vergleichen in ihrer Arbeit verschiedene Interventionsmaßnahmen und Diagnostika bei großen sowie kleinen Milchviehherden in ihrer Effektivität und Wirtschaftlichkeit über einen Zeitraum von 25 Jahren. Sie kommen zu dem Schluss, dass die wirtschaftlich günstigsten nicht die effektivsten Diagnostika bei der Kontrolle und der Reduzierung in *MAP*-Herden seien. Ausnahmen seien hierbei die kleinen Herden, da die Größe und das Management der Milchviehherden einen massiven Einfluss auf die Kosten und die Maßnahmen hätten. Bei kleinen Herden sei die Effektivität der spezialisierten Interventionen und Diagnostika gleichzusetzen mit jener der bewährten Test- und Keulungsverfahren, welche im Vergleich nur geringe Kosten aufweisen würden. Hingegen hätten spezialisierte Interventionen und Diagnostika bei mittleren und großen Milchviehherden den größten Nutzen. Die Autoren betonen ebenfalls, dass Kontroll- und Reduktionsstrategien nicht immer miteinander vergleichbar seien. Eine individuelle Herangehensweise bei jeder Herde biete die wirtschaftlich günstigste und effektivste Interventions- und Diagnostikstrategie.

#### Nordamerika, Cost/ Benefit Aspekte:

In der Arbeit von Gracia und Shalloo (2015) werden verschiedene ökonomische Auswirkungen auf die Wirtschaft und Interventionen gegen die Paratuberkulose in Rinderherden dargestellt. Die beiden Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Entfernung der Tiere mit klinischer Paratuberkulose und der „Super-Ausscheider bzw. Super-Shedder“ den größten

wirtschaftlichen Benefit haben würden. Tiere mit einer subklinischen Paratuberkulose hingegen hätten nur einen geringeren bis keinen monetären Vorteil bei den aktuell niedrigen Milch- bzw. Fleischpreisen. Fehlende finanzielle Anreize und die hohen Diagnostikkosten seien die Hauptgründe für die Nichtteilnahme an Bekämpfungs- und Überwachungsprogrammen. Auch auf den Aspekt der öffentlichen Gesundheit, konkret Lebensmittelsicherheit, wird Bezug genommen. Aktuell werde einschlägig über die Mitwirkung des *MAP* bei Morbus Crohn diskutiert. Sollte sich eine Beteiligung herausstellen, wäre die Lebensmittelsicherheit bei Milch und Fleischprodukten ggf. nicht mehr gewährleistet.

#### Nordamerika, Einflüsse auf die Leistungsdaten:

Losinger (2005) beschreibt in seiner Analyse die wirtschaftlichen Veränderungen und Auswirkungen in Bezug auf den Konsumenten- und Produzentenüberschuss in der US-Wirtschaft. Die maßgeblichen Gründe für eine steigende und hochwertige Milchmenge würden in der erfolgreichen Reduktion der Risikofaktoren, wie Herdengröße und Zukauf von Tieren aus anderen Herkunftsbetrieben, liegen. Durch Interventionsmaßnahmen würden sich nicht nur Veterinärkosten senken lassen, sondern sie würden in Folge zu größeren Mengen an wertschöpfenden Produkten, wie Käse, führen, die dem Markt zugeführt werden würden. Durch das höhere Angebot könnten die Preise für die Konsumenten gesenkt werden, wodurch die Erzeugerpreise und damit die Erlöse für die landwirtschaftlichen Betriebe wieder sinken würden. Losinger (2005) kommt zu dem Schluss, dass 1996 aufgrund von Paratuberkulosefällen der US-Wirtschaft ein Schaden von  $200 \pm 160$  Millionen US-Dollar entstanden sei.

## 5 Diskussion

Die Ziele der vorliegenden Arbeit sind, einen Überblick über die Krankheiten Tuberkulose und Paratuberkulose bei Wiederkäuern, die Bedeutung für den Menschen, internationale und nationale Interventionsmaßnahmen bei Nutztieren sowie bei Wildwiederkäuern zu geben und zu diskutieren, sowie Publikationen zu den Schwerpunktthemen Epidemiologie, Leistungsdaten der Nutztiere und Cost/ Benefit Analyse zu behandeln.

### 5.1 Bedeutung der Tuberkulose und Paratuberkulose für die Gesundheit von Mensch und Tier

Die Tuberkulose des Menschen stellt weiterhin weltweit eine ernst zu nehmende Erkrankung dar. Die WHO meldete 2015 1,5 Millionen Todesfälle, die hauptsächlich in den Nicht-Industrieländern verzeichnet wurden (Bolaños et al. 2017). In den Nicht-Industrieländern stellt die Mensch-zu-Mensch Übertragung als Hauptinfektionsweg von TBC ein großes Problem dar. Neben diesen humanmedizinischen Aspekten sind die Übertragung über Lebensmittel und die Infektion durch Kontakt mit Tieren zu bedenken (Bolaños et al. 2017), da Rinder selbst und ihre Erzeugnisse einen hohen Stellenwert in der Versorgung der nicht industriellen Länder einnehmen. Außerdem ist die Übertragung von Tier inkl. deren Erzeugnisse und weiterverarbeiteten Produkte zum Menschen zu berücksichtigen. Verbesserte Bekämpfungsmaßnahmen und diagnostische Verfahren bei Tierbeständen können damit auch zu einem besseren Schutz des Menschen vor TBC führen (Bolaños et al. 2017). Hierfür müssen jedoch Konzepte für eine bessere Überwachung der betroffenen Nutztiere und der Lebensmittelkette individuell erarbeitet werden. In manchen Ländern wie Großbritannien, Italien, welches amtlich anerkannt tuberkulosefreie Regionen besitzt, und Österreich, welches als amtlich anerkannt tuberkulosefreier Mitgliedstaat zählt, existiert TBC auch im Wildtierbestand, was eine Ausmerzungen der Pathogene im Nutztierbestand erschwert. Die zoonotische Evidenz macht verständlich, dass ein ausgefeiltes Regelwerk, welches in den europäischen Staaten bereits etabliert ist, auf staatlicher und internationaler Ebene zur Erkennung und Bekämpfung der Tuberkulose in den Nicht-Industrieländern dringend benötigt wird.

Die Paratuberkulose beim Menschen und der Zusammenhang von Morbus Crohn sind derzeit sehr umstritten. Es wird vermutet, dass das *MAP* Morbus Crohn auslöst. Allerdings gehen einige Autoren wie Füllgrabe (2009), Sternberg et al. (2005) sowie Sternberg und Viske (2003) davon aus, dass sich *MAP* als Folge einer Morbus Crohn-Erkrankung im betroffenen Darm ansiedeln bzw. nachgewiesen werden könne. Diese Vermutung wird von Ayele et al. (2001) und Hruska et al. (2005) unterstützt, da in Schweden die gleiche Prävalenz von ca. 0,15 % für Morbus Crohn beim Menschen wie im Durchschnitt in Europa vorhanden sei, jedoch Schweden als paratuberkulosefreies Land im Bereich der Nutztiere gilt und bei schwedischen Patienten keine *MAP*-Erreger im betroffenen Darm nachgewiesen werden konnten. Dieses Faktum lässt die Annahme zu, dass *MAP* eher eine Folge bzw. eine Begleiterscheinung bei Patienten mit Morbus Crohn ist als der alleinige Grund für die Entstehung dieser Erkrankung. Weitere Untersuchungen sind somit nötig, um den Zusammenhang von *MAP* und Morbus Crohn zu untersuchen und die Darstellung zu ermöglichen, in welcher Beziehung sie zueinanderstehen. Dennoch sollte der *MAP*-Erreger in Lebensmitteln weiterhin auf ein Minimum reduziert werden, um einerseits eine Ausbreitung der Erreger zu verhindern und andererseits die Gefahr einer möglichen Beteiligung an Morbus Crohn zu reduzieren.

## 5.2 Epidemiologie und ökonomische Aspekte der Tuberkulose bei Tieren

Bei der systematischen Literatursuche wurden 23 relevante Publikationen zur Tuberkulose bei Tieren identifiziert. Es werden sowohl die Übertragung von Tier zu Tier innerhalb einer Herde (Barlow et al. 1997; Fischer et al. 2004; Van Asseldonk et al. 2005; Vendrame et al. 2016), Verbringungen von Nutztieren (Avecedo et al. 2013; Brooks-Pollock et al. 2014; Vendrame et al. 2016; Colin et al. 2018) als auch der Kontakt mit Wildtieren als Eintragsquellen für die Tuberkulose in Rinderbeständen angesehen, mit regionalen Unterschieden.

Bei den Wildtierarten sind einerseits Dachse (Griffen et al. 2004; Smith et al. 2007; Wilkinson et al. 2009; Brooks-Pollock et al. 2014; Colin et al. 2018) in Irland und dem Vereinigten Königreich, andererseits Beuteltiere in Neuseeland (Barlow et al. 1997; Anderson et al. 2015; Buddle et al. 2015) als Reservoir identifiziert worden. Auch in Sizilien haben Wildtiere Bedeutung als Erregerreservoir (Amato et al. 2017). In manchen Regionen bzw. Ländern oder Kontinenten (z.B. Australien) haben Wildtierreservoir keine Bedeutung (Radunz 2006). Eine strenge Trennung der Nutztiere von Wildtieren ist bei Weidetieren nur eingeschränkt möglich; es bietet sich hierfür nur die Reduktion der potenziellen Bakterienträger in der Wildtierpopulation an (Amato et al. 2017; Colin et al. 2018). Eine solche Reduktion durch Keulung oder Bejagung kann die Inzidenz in Nutztierbeständen verringern (Barlow et al. 1997; Griffen et al. 2004; Smith et al. 2007; Buddle et al. 2015). Das Wanderungsverhalten von Dachsen bzw. der Stress durch die Bejagung können allerdings auch den gegenteiligen Effekt haben (Wilkinson et al. 2009). Begreiflicherweise muss ein solches Reservoir überhaupt vorhanden sein (Van Asseldonk et al. 2005; Radunz 2006). Eine Ausrottung bestimmter Wildtierarten wird nicht als wünschenswert gesehen (Prentice et al. 2019). Da mehrere Infektionswege in Frage kommen, ist es nicht verwunderlich, dass die Inzidenz der Tuberkulose bei Rindern in Gebieten ohne ausgewiesenes Wildtierreservoir ähnlich hoch ist wie in Gebieten mit Wildtierreservoir (Perez et al. 2002).

Die Bedeutung der Diagnostik zur Früherkennung des Eintrages der Tuberkulose in einen Bestand und zur Verhinderung der Ausbreitung innerhalb einer Herde wird von Fischer et al. (2004), Alvarez et al. (2014) und Colin et al. (2018) behandelt. Die positiven Tiere werden ausgemerzt („test-and-cull“; Griffen et al. 2002; Colin et al. 2018). Mit der Ausbreitung innerhalb eines Bestandes steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass es über Verbringungen von Tieren aus diesen Beständen zu einer Verschleppung des Erregers kommt (Fischer et al. 2004). Eine Überwachung nur anlässlich der Schlachtung setzt daher zu spät an (Fischer et

al. 2004). Es muss deshalb schon in den Herden untersucht werden (Arambulo 2008). Die klassische Tuberkulinisierung wird dafür als nicht ausreichend angesehen und es werden zusätzliche Untersuchungen gefordert (Alvarez et al. 2014; Buddle et al. 2015).

Der Zukauf von Tieren mit definiertem tuberkulosefreien Status wird von Vendrame et al. (2016) als wichtigste Maßnahme zur Verringerung der Prävalenz der Tuberkulose in Rinderherden in Brasilien angesehen und hat auch in Ländern bzw. Regionen mit Wildtierreservoir Bedeutung (Colin et al. 2018).

Die Kontrolle der Tuberkulose des Rindes muss also je nach Region verschiedene Übertragungswege berücksichtigen bzw. priorisieren. Da letztlich individuelle Maßnahmenpakete (Van Asseldonk et al. 2005) nötig sind und die Kostentragung solcher Maßnahmen verschieden geregelt ist, wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Bekämpfungsmaßnahmen von den Autoren verschieden eingeschätzt. Wenn nur der Nutzen für die Tierproduktion betrachtet wird, kann die Bekämpfung der Rindertuberkulose unwirtschaftlich sein (Bernues et al. 1996). Unter Berücksichtigung der öffentlichen Gesundheit, d.h. möglicher Folgen für den Menschen, sind sich aber alle Autoren einig, dass Bekämpfungsmaßnahmen nötig sind. Dabei können staatliche Subventionen erforderlich sein (Perez et al. 2011).

### 5.3 Epidemiologie und ökonomische Aspekte der Paratuberkulose bei Tieren

Bei der systematischen Literatursuche wurden sieben Arbeiten zur Paratuberkulose identifiziert. Anders als bei der Tuberkulose werden mögliche Wildtierreservoirs nicht behandelt. Das regelmäßige Einbringen von neuen Tieren in den Bestand stellt nach Beaunée et al. (2015) das Kernproblem dar. Kontrollprogramme in den Beständen werden vordringlich unter dem Kosten-Nutzen-Aspekt bewertet, wobei eine höhere Milchleistung pro Betrieb und ggf. ein höherer Milchpreis den Nutzen darstellen (Stott et al. 2005). In kleinen Milchviehbetrieben bringen spezialisierte Tests, wie PCR, ELISA oder IFN $\gamma$ T, keine wirtschaftlichen Vorteile gegenüber einem „test-and-cull“-Regime (Smith et al. 2017). Durfor et al. (2004) analysierten ein Paratuberkulose-Zertifizierungsmodell in Frankreich und fanden, dass für Milchviehherden erst nach drei bzw. bei Mastherden nach sechs Jahren Teilnahme die Cost/ Benefit Ratio positiv ausfällt und ein relevanter wirtschaftlicher Vorteil erst zwei Jahre später gegeben ist. Als gezielte Maßnahme mit der größten wirtschaftlichen Effizienz wird die Entfernung der Tiere mit klinischer Paratuberkulose und der „Super-Ausscheider“ angesehen (Gracia und Shalloo 2015), bei subklinisch erkrankten Tieren ist die Ertragsminderung zu gering, sodass eine Entfernung dieser subklinischen Tiere keinen größeren wirtschaftlichen Nutzen bringt.

Obwohl Bekämpfungsprogramme existieren (Durfor et al. 2004; Khol et al. 2019), steht aufgrund der fehlenden Zoonose-Evidenz den Kosten für diese Maßnahmen nur der erhöhte Ertrag in Form von Fleisch und Milch gegenüber (Gracia und Shalloo 2015). Für den einzelnen Betrieb sind Bekämpfungsmaßnahmen nicht oder erst längerfristig (Durfor et al. 2004) wirtschaftlich bzw. bedarf es in der Anfangsphase finanzieller Unterstützung (Khol et al. 2019). Wenn allerdings nicht einzelne Betriebe, sondern der Lebensmittelsektor insgesamt betrachtet werden, ergeben sich namhafte finanzielle Einbußen durch die Paratuberkulose. Losinger (2005) errechnete, dass im Jahr 1996 aufgrund von Paratuberkulose-Fällen der US-Wirtschaft ein Schaden von  $200 \pm 160$  Millionen US-Dollar entstanden sei.

#### 5.4 Epidemiologische Aspekte und Kontrollmaßnahmen

Neben den individuellen Ausbreitungs- und Bekämpfungsstrategien wie Diagnostika und Keulung bzw. Bejagung wurden weitere Maßnahmen wie Zertifizierungen, hohe Eigenremontierungsrate und Biosecurity-Maßnahmen als Maßnahmen zur Ausbreitungsminderung und Bekämpfungsmethode etabliert (Benham und Broom 1989; Cheeseman 1989; White 1993; Morris 1994; Griffen 1996; Hutchings und Harris 1997; Marangon 1998; Scantelbury 2004; Griffin et. al. 2005; Reilly 2007; Rossi 2015; Colin 2018; Nigsch et al. 2018). Das primäre Ziel ist eine innerbetriebliche Reduktion der Paratuberkuloseinfektion. Die vollständige Eradikation von *MAP* ist außer in Schweden derzeit als langfristiges Ziel anzusehen und gilt als sehr schwieriges Vorhaben. Es müssen erst fundierte Daten gesammelt und verbesserte Frühdiagnostika entwickelt werden, welche Bekämpfungsstrategien nachhaltig und im Anschluss für die Betriebe bezahlbar sind.

Durch die strengen nationalen und internationalen Verordnungen und Gesetze gegen die TBC bei Rindern konnte diese Krankheit in den meisten europäischen Ländern weitestgehend minimiert werden. Länder wie Österreich, Deutschland und Frankreich besitzen seit einigen Dekaden den Status OTF (official BTB-free, offiziell frei von Boviner Tuberkulose). Länder wie Italien weisen derzeit vereinzelte Gebiete auf, die keinen OTF Status besitzen. Es ist zu betonen, dass Tuberkulose nicht nur in Nicht-Industrieländern vorkommt, sondern sich auch in Industrieländern finden lässt, wie am Beispiel der Wildtierreservoirs in Österreich beschrieben. Österreich nahm dies zum Anlass, weitere nationale Verordnungen und Gesetze zur Ausmerzung dieses Pathogens zu verabschieden. Die Bundesländer Vorarlberg und Tirol führten 2011 und 2016 die Rotwild-TBC-Bekämpfung ein. Diese Landesrechte mit den weiteren Bekämpfungsstrategien, wie den 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog der Jägerschaft Vorarlberg zur Senkung der TBC-Prävalenz im Rotwild, führten zur deutlichen Reduktion der TBC-Prävalenz im Rotwildbestand und damit zu einer Reduktion der Infektionsrate bei Hausrindern. Allerdings sind die topografischen Gegebenheiten herausfordernd, da beispielsweise die Bejagung durch das bergige Land nicht an allen Stellen gleichermaßen möglich ist. Ob die Maßnahmen zur nachhaltigen Senkung der TBC-Prävalenz in den betroffenen Gebieten beitragen, werden die Monitoringprogramme in den nächsten Jahren zeigen. Weitere Interventionsmaßnahmen wie die TBC-Impfung, welcher international größere Beachtung gewidmet wird, und das großflächige Keulen mittels Cyanwasserstoff sind derzeit in der EU ausdrücklich verboten. Weiterhin wird auf die Ausmerzung von

Wildtierreservoiren, interne sowie externe Biosecurity-Maßnahmen, die Integration von Pufferzonen, strenge SFU, Dekontaminierung von Gülle sowie der Export und Import von zertifizierten und in einem engen Zeitraum getesteten Tieren geachtet. Surveillance- und Monitoringprogramme unterstützen die kontinuierliche Beobachtung der TBC-Prävalenzentwicklung in den Hotspotzonen der Bundesländer Vorarlberg und Tirol.

Österreich ist mit den meisten internationalen Interventionsmaßnahmen d'accord, die im Rahmen der aktuellen Gesetzeslage möglich sind, und schafft mit einer spezifisch angepassten Bekämpfungsstrategie in den jeweiligen Regionen eine nachhaltige und effektive Bekämpfung des Erregers im Wildtier- und Nutztierbestand. Dennoch sind weitere Untersuchungen nötig, um Fragen wie einer verstärkten Virulenz von TBC bei Infektion eines Tieres und dessen anschließende Tenazität zu klären. Zusätzlich sollte die TBC-Impfung nicht gänzlich verboten, sondern in nachträglichen DIVA Diagnostika eindeutig von einem Impf- oder Wildstamm sowie einer ParaTBC-Impfung unterscheidbar sein, um eine Kreuzreaktion des TBC Intrakutantests ausschließen oder unterscheiden zu können (Chandran et al. 2019; Chaubey et al. 2019). Mit dieser weiteren Interventionsmaßnahme könnte der Infektionsdruck um einen weiteren Faktor abgesenkt werden. Khol et al. (2019) konnten bereits 2019 in ihrer Publikation erste Daten und Erfolge bei der Bekämpfung von ParaTBC in Rinderherden präsentieren und weitere Maßnahmen, wie doppeltes Screening und Entfernung der subklinischen Ausscheider, ergreifen. Österreich nimmt mit seinen individuellen Bekämpfungsprogrammen international eine führende Rolle bei der Bekämpfung von ParaTBC ein. Diese weitgreifenden Maßnahmen sollten europaweit eingeführt werden, um die Prävalenz in allen EU-Ländern drastisch zu senken, eine Verschleppung der Erreger zu begrenzen und einheitliche internationale Standards festzuhalten (Khol et al. 2019).

Es sollte eine Vereinheitlichung der ParaTBC-Diagnostik im gesamten internationalen Raum angestrebt werden. Die Antikörperbestimmung mittels ELISA liefert zwar schnell Ergebnisse, gibt aber nur eine sehr eingeschränkte Information über den wahren Infektionsstatus des Rindes. Kreuzreaktionen mit im Boden vorkommenden Mykobakterien, die zum MBTC, und Mykobakterien, die nicht zum MBTC gehören, können nicht ausgeschlossen werden. Der Erregernachweis im Kot ist zwar das aussagekräftigste Nachweisverfahren, aber auch sehr zeitaufwendig. Daher ist die Entwicklung neuer und effizienterer Diagnostikverfahren zur Früherkennung einer Paratuberkuloseinfektion, vor allem bei Rindern, als eines der wichtigsten Ziele zu definieren (Whitlock et al. 2000; Hofmann 2005; Klee 2006; Wells et al. 2006; Nielsen und Toft 2008; Trangadia et al. 2014).

Hauptproblematik ist die Schwierigkeiten der (Früh-)Diagnostik der ParaTBC, welche auch neben den gesetzlichen Bestimmungen Schwachstellen haben. Da nur die klinische Paratuberkulose in Österreich anzeigepflichtig ist, ist es möglich, stille Ausscheider unwissentlich ohne klinische Symptome legal zu verbringen oder zu exportieren. Eine wissentliche Verbringung von stillen Ausscheidern kann zivilrechtlich verfolgt werden. Im gleichen Zuge sollten internationale neue Standards für diese Krankheit definiert werden. Die OIE beschreibt *MAP* als Erreger einer übertragbaren Krankheit mit sozioökonomischer und/oder humanmedizinischer Bedeutung, auch mit entsprechender Bedeutung für den internationalen Handel mit Tieren und tierischen Produkten, und sieht nach heutiger Auffassung die Dringlichkeit nach strengeren Maßnahmen gegen *MAP* gegeben.

Die Diagnostik der TBC hingegen ist mittlerweile international mittels der intrakutanen Tuberkulinisierung als Mono- oder Simultantest und bei positivem Befund mittels anschließender *post mortem* Diagnostik vereinheitlicht. Diese „test-and-cull“-Methode hat sich in vielen Studien als vielversprechendste Screening-Methode dargestellt. Zusätzlich ist die strenge SFU ein weiterer obligatorischer Schritt zur Lebensmittelsicherheit, welche weiterhin nur von Fachpersonal wie spezialisierten Veterinärmedizinerinnen und Veterinärmediziner durchgeföhrt werden darf.

## 5.5 Kosten-Nutzen-Verhältnis von Kontrollmaßnahmen

In den letzten 23 Jahren wurden sukzessiv mehr Publikationen veröffentlicht, die sich mit den Themen Epidemiologie, Einfluss auf Leistungsdaten und der Kosten-Nutzen-Analyse befassen. Die Arbeiten zeigen auf, dass bei einer Erkrankung von Nutz- und Wildtieren mit hohen Einbußen der tierischen Erträge zu rechnen ist und dass demzufolge Handlungsbedarf besteht (Bernués et al. 1996; Fischer et al. 2004; Smith et al. 2007; Bennett 2009; Mwacalima et al. 2013; Brooks-Pollock et al. 2014; Caminiti et al. 2016; Colin et al. 2018). Auffällig ist, dass westliche Industrieländer wie die USA, Großbritannien, Australien, Deutschland und Österreich mit ihren vorhandenen Rinderbeständen die Leistungssteigerung (v.a. Lebensmittel tierischer Herkunft wie Fleisch, Milch und Milcherzeugnisse) als eines der primären Ziele verfolgen. Länder wie Zambia hingegen fokussieren sich in ihren Studien primär auf die öffentliche Gesundheit und auf die stärkere Eindämmung der Pathogenverbreitung beim Tier sowie beim Menschen. Als sekundäres Ziel wird z.B. der Zugang zu den internationalen Märkten (Durfor et al. 2004; Kennedy 2010; Gracia und Shalloo 2015) für den Export von tierischen Lebensmitteln angestrebt. Die überwiegende Mehrheit der Veröffentlichungen kommen zu dem Schluss, dass sich Interventionsmaßnahmen gegen die TBC und ParaTBC wirtschaftlich lohnen, der Schutz des Konsumenten gesteigert und zusätzlich die Tiergesundheit verbessert werden würde (Dufour et al. 2004; Losinger 2005; Stott et al. 2005; Van Asseldonk 2005; Gracia und Shalloo 2015; Caminiti et al. 2016). Dennoch sind kritische Stimmen vorhanden, die bei einer weiteren Steigerung der Produktion von tierischen Lebensmitteln einen nachträglichen Preisverfall vermuten (Losinger 2005). Zudem sind die kalkulierten Kosten für Diagnostik und Interventionsprogramme und die Frage, wer die anfallenden Kosten tragen soll, wichtige Diskussionspunkte. Autoren wie Bennett (2009), Losinger (2005), Mwacalima et al. (2013) und Perez et al. (2011) sehen die Bekämpfungsmaßnahmen als ein öffentliches Gut an und plädieren für eine staatliche Finanzierung der Maßnahmen. Zudem sind sie der Auffassung, dass die hohen Kosten der Diagnostik und Bekämpfungsmaßnahmen nicht von den Landwirten zur Gänze getragen werden können. Hingegen zeigen die Autoren Durfor et al. (2004) und Smith et al. (2017) in ihren Publikationen eine mögliche positive Kosten-Nutzen-Analyse, sodass die anfallenden Kosten mit dem Mehrertrag positiv gegengerechnet werden können. Ausschlaggebend sind die Frequenz der Diagnostik und die Bereitschaft der Industrie für die zertifizierten tierischen Rohstoffe, wie Milch und Fleisch, einen höheren Preis zu zahlen. Khol et al. (2019) konzentrieren sich in ihrer Arbeit auf einen Mittelweg zwischen privater und öffentlicher

Finanzierung der Bekämpfung von ParaTBC. Die Diagnostik und Interventionsmaßnahmen bei ParaTBC sollen in erster Instanz von der öffentlichen Hand gezahlt werden, um die Vorteile hervorzuheben und gleichzeitig Anreize bei den betroffenen Landwirten zu schaffen. Dieser Umstand ermöglicht eine Vielzahl an Möglichkeiten bezüglich der Auswahl an Testverfahren und der Betreuung bzw. Entschädigungsleistungen für die betroffenen Betriebe.

Andere Strategien zur Ausbreitungsminderung und Bekämpfung wie unter anderem Zertifizierungen, hohe Remontierungsraten und Maßnahmen zur Biosecurity wurden mit dem primären Ziel etabliert, eine innerbetriebliche Reduktion der Paratuberkuloseinfektion als eine Eradikation des Erregers zu erreichen (Deutz 1995; Cetinkaya 1997; Deutz 2004; Losinger 2005; Pillars 2011; Lindheim 2014; Whittington 2019). Eine vollständige Ausmerzungen des *MAP* ist als langfristiges Ziel (Ausnahme Schweden, da paratuberkulosefreier Status) anzusehen. Allerdings gilt eine vollständige Ausmerzungen als schwieriges Vorhaben. Gründe dafür sind die fehlende spezifische und sensitive Frühdiagnostik und die Bezahlbarkeit der weiterführenden Interventionsmaßnahmen für die betroffenen Betriebe (Whitlock et al. 2000; Jakobsen 2000; Hofmann 2005; Klee 2006; Wells et al. 2006; Nielsen und Toft 2008; Trangadia et al. 2014; Khol et al. 2019).

#### Fazit in Bezug auf Ergebnisse in Österreich

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Österreich eines der führenden Länder bei der Bekämpfung TBC und ParaTBC bei Rindern ist. Durch seine individuellen Interventionskonzepte und die staatliche Finanzierung von Bekämpfungsprogrammen konnten bereits in der Vergangenheit bis dato große Fortschritte bei der Reduzierung des Infektionsdruckes und der Prävalenz bei Wild- und Nutztieren erreicht werden. Weiterhin wird durch die staatliche Finanzierung eine finanzielle Sicherheit der Bekämpfungsmaßnahmen gewährleistet. Dieses spezialisierte Vorgehen kann anderen Ländern mit ähnlichen Tuberkulose- und Paratuberkulosestatus als Anhaltspunkt für ihre maßgeschneiderten Bekämpfungsstrategien dienen.

## 6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit werden im Rahmen einer Literaturrecherche die Tuberkulose und die Paratuberkulose des Rindes und der Wildtiere im Hinblick auf die aktuelle Situation in Österreich (Prävalenzen, Interventionsmaßnahmen und Diagnostik) und der Bedeutung für die menschliche Gesundheit behandelt.

Zusätzlich wird die internationale Bedeutung der Tuberkulose und Paratuberkulose unter Berücksichtigung der Epidemiologie, des Einflusses auf die Leistungsdaten der Nutztiere und die Cost/ Benefit Ratio untersucht. Durch eine gezielte Literatursuche wurden 30 Publikationen für die Analyse in dieser Diplomarbeit identifiziert. Bei der Paratuberkulose wird häufig der Schwerpunkt auf die Epidemiologie inkl. deren Diagnostik gefolgt von der Cost/ Benefit Ratio, vor allem in den benannten westlichen Industrieländern, gelegt, um höhere Erträge bei geringen Investitionen zu erreichen. Hingegen wird bei der Tuberkulose auf kostengünstigere Screening-Diagnostik und Interventionsmaßnahmen bei Wild- und Nutztieren geachtet, um diese Kosten so gering wie möglich zu halten und die öffentliche und tierische Gesundheit zu sichern.

Die Conclusio dieser Arbeit ist, dass weitere Bemühungen im Bereich der Interventionsmaßnahmen und Frühdiagnostik bei der TBC und ParaTBC benötigt werden, um die biologische Gefahr frühstmöglich zu detektieren und zu intervenieren. Die westlichen Länder haben bereits gut funktionierende Maßnahmen getroffen, um gegen die biologische Gefahr vorzugehen. Nicht-Industrieländer haben mit den bereits existierenden Interventionsmaßnahmen die Möglichkeit in Adaption ihre eigenen Maßnahmen weiterentwickeln und ausbauen. Diese zusätzlichen Interventionsmaßnahmen können sich wirtschaftlich positiv für den Erzeuger und Konsument auswirken sowie eine Verbesserung für das Tierwohl bewirken und zum Schutz der menschlichen Gesundheit beitragen. Österreich hat bereits mit seinen vergangenen Programmen zur Senkung der TBC Prävalenz erfolgreich die amtliche Anerkennung eines TBC freien EU-Landes erreicht und ist mit seinen heutigen Programmen auch Pionier bei der Bekämpfung und Ausarbeitung von weiteren Strategien gegen Tuberkulose und Paratuberkulose im Wild- und Nutztiersektor.

## Summary

### **Characterization of tuberculosis and paratuberculosis in ruminants and wild animals with special emphasis on management measures and their cost-benefit ratio, with a focus on Austria**

This diploma thesis gives a characterization of tuberculosis and paratuberculosis of cattle and wild game with a focus on the current situation in Austria (prevalence, interventions, diagnostics) and on the significance for human health.

In addition, the impact of tuberculosis and paratuberculosis in terms of epidemiology, performance characteristics of farm animals and cost/ benefit ratio is studied at an international scale. By means of a targeted literature search, 30 papers were retrieved for a detailed analysis within this diploma thesis. In previously mentioned western industrialized countries, for paratuberculosis, the focus is put on epidemiology, including the diagnosis, followed by the cost/ benefit ratio, with the aim to optimize the output at low investments. Conversely, affordable diagnostic procedures and interventions in wild game are the main targets in management of tuberculosis, with a view to minimize costs and to secure public health.

It can be concluded, that further emphasis is necessary in intervention measures and in early diagnostics of tuberculosis and paratuberculosis in order to warrant early detection of these biological hazards and to implement countermeasures. Although industrialized countries already have well-functioning measures to deal with those biological hazards, non-industrialized countries may use these measures to improve their own Systems. Such additional interventions should have economic benefits for producers and consumers as well and should results in improved animal welfare and in protection of human health. Thanks to successful approaches in the past, Austria received the official recognition of a TBC free EU-country and has pioneered in combatting tuberculosis and paratuberculosis and in development of strategies to reduce the prevalence of these bacteria.

## 7 Literaturverzeichnis

Aboagye, G.; Rowe, M. T. (2011): Occurrence of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in raw water and water treatment operations for the production of potable water. In: *Water research* 45 (11), S. 3271–3278. DOI: 10.1016/j.watres.2011.03.029.

Acevedo, P.; Romero, B.; Vicente, J.; Caracappa, S.; Galluzzo, Paola; M., S. et al. (2013): Tuberculosis epidemiology in islands: insularity, hosts and trade. In: *PloS one* 8 (7), e71074. DOI: 10.1371/journal.pone.0071074.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2016a): AGES - Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2015. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.ages.at/download/0/0/fd66a04665cde48ab0c666a11f2944374ec73fef/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbroschuere-2015\\_1s\\_BF.PDF](https://www.ages.at/download/0/0/fd66a04665cde48ab0c666a11f2944374ec73fef/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbroschuere-2015_1s_BF.PDF), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2017a): AGES - Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2016. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Zoonosenbroschuere-2016\\_2a\\_BF.pdf?63xzpp](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Zoonosenbroschuere-2016_2a_BF.pdf?63xzpp), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2009a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger 2008. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.ages.at/download/0/0/49786ff4dea13d2a21ee5deb2bc36be08700217e/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbericht\\_2008.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/49786ff4dea13d2a21ee5deb2bc36be08700217e/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbericht_2008.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2008a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2007. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht\\_2007.pdf?63xzpu](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht_2007.pdf?63xzpu), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2010a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2009.

Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht\\_2009.pdf?63xzps](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht_2009.pdf?63xzps), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2011a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2010.

Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht\\_2010.pdf?63xzpa](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht_2010.pdf?63xzpa), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)

(2012a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2011. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter

<https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht-2011.pdf?63xzpm>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)

(2013a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2012.

Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter

<https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Zoonosenbericht-2012.pdf?63xzpl>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)

(2014a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2013.

Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter

[https://www.ages.at/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbericht\\_2013.pdf](https://www.ages.at/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbericht_2013.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)

(2015a): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2014.

Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter

[https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Zoonosenbericht\\_2014\\_online.pdf?63xzpm](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Zoonosenbericht_2014_online.pdf?63xzpm), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)

(2014b): Veterinärjahresbericht 2013. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter

[https://www.tieraerztekammer.at/fileadmin/daten/Oeffentlicher\\_Bereich/Kontakt/Behoerden/Veterinaerjahresbericht\\_2013.pdf](https://www.tieraerztekammer.at/fileadmin/daten/Oeffentlicher_Bereich/Kontakt/Behoerden/Veterinaerjahresbericht_2013.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)  
(2015b): Veterinärjahresbericht 2014. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter  
[https://www.ages.at/download/0/0/98dc507fcf8efd9d72c861a9b53cfccab07a3233/fileadmin/AGES2015/Service/Tiergesundheit/JahresBerichte/Veterinaerjahresbericht\\_2014.PDF](https://www.ages.at/download/0/0/98dc507fcf8efd9d72c861a9b53cfccab07a3233/fileadmin/AGES2015/Service/Tiergesundheit/JahresBerichte/Veterinaerjahresbericht_2014.PDF),  
zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)  
(2016b): Veterinärjahresbericht 2015. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter <https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Veterinaerjahresbericht-2015.pdf?668p07>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)  
(2017b): Veterinärjahresbericht 2016. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter <https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Veterinaerjahresbericht-2016.PDF?65mar6>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)  
(2018a): Veterinärjahresbericht 2017. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter  
[https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Veterinaerjahresbericht\\_2017.pdf?6omzd8](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/Veterinaerjahresbericht_2017.pdf?6omzd8), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)  
(2018b): Zoonosen und ihre Erreger in Österreich 2017. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter  
[https://www.ages.at/download/0/0/b7ab6e053bc47f572d63711139ed8321324fde32/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbroschuere\\_2017\\_1v\\_BF.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/b7ab6e053bc47f572d63711139ed8321324fde32/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Dateien/Zoonosen/Zoonosenbroschuere_2017_1v_BF.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.)  
(2005): AGES zu Rinder-Paratuberkulose: Österreich setzt auf Vorbeugung. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter  
<https://www.ages.at/download/0/0/4000c3443cdb181219cc35ab8dcc5565dc46cbb6/fileadmin>

n/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\_Bilder/TG-

Paratuberkulose/AGES\_Paratuberkulose\_03.pdf, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hg.) (2006): Informationen zur Paratuberkulose. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter

[https://www.ages.at/download/0/0/7b979f0e60a37415d4f24af64321954a0b315c85/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Bilder/TG-](https://www.ages.at/download/0/0/7b979f0e60a37415d4f24af64321954a0b315c85/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Bilder/TG-)

Paratuberkulose/Informationen\_zur\_Paratuberkulose\_03.pdf, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (2013b): Veterinärjahresbericht 2012. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.ages.at/download/0/0/19ccfb57103f1bf85128bbac6333e086afbc15ba/fileadmin/AGES2015/Service/Tiergesundheit/JahresBerichte/Veterin%C3%A4rjahresbericht\\_2012.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/19ccfb57103f1bf85128bbac6333e086afbc15ba/fileadmin/AGES2015/Service/Tiergesundheit/JahresBerichte/Veterin%C3%A4rjahresbericht_2012.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (2007): Bericht über Zoonosen und ihre Erreger in Österreich im Jahr 2006. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter

[https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht\\_2006.pdf?63xzpt](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/zoonosenbericht_2006.pdf?63xzpt), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend (Hg.) (2008b): Jahresbericht 2007. Veterinärmedizin. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend (Hg.) (2009b): Jahresbericht 2008. Veterinärmedizin. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend (Hg.) (2010b): Jahresbericht 2009. Veterinärmedizin. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend (Hg.) (2011b): Jahresbericht 2010. Veterinärmedizin. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien.

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend (Hg.) (2012b): Jahresbericht 2011. Veterinärmedizin. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien.

Akineden,, Ö., Hassan, A. A., Schneider, E. und E. Usleber: Kultureller Nachweis von *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in Säuglingsnahrung. 47. Tagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, 26.-29.09.2006. Garmisch-Partenkirchen.

Alvarez, J.; Bezos, J.; La Cruz, M. L.; Casal, C.; Romero, B.; Domínguez, L. et al. (2014): Bovine tuberculosis: within-herd transmission models to support and direct the decision-making process. In: *Research in veterinary science* 97 Suppl, S61-8. DOI: 10.1016/j.rvsc.2014.04.009.

Amato, B.; Lo Marco Presti, V.; Gerace, E.; Capucchio, M. T.; Vitale, M.; Zanghì, P. et al. (2018): Molecular epidemiology of *Mycobacterium tuberculosis* complex strains isolated from livestock and wild animals in Italy suggests the need for a different eradication strategy for bovine tuberculosis. In: *Transboundary and emerging diseases* 65 (2), e416-e424. DOI: 10.1111/tbed.12776.

Ameni, G.; Vordermeier, M.; Firdessa, R.; Aseffa, A.; Hewinson, G.; Gordon, S. V.; Berg, S. (2011): *Mycobacterium tuberculosis* infection in grazing cattle in central Ethiopia. In: *Veterinary Journal (London, England : 1997)* 188 (3), S. 359–361. DOI: 10.1016/j.tvjl.2010.05.005.

Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hg.) (2018): Schwerpunktmaßnahmen zur Tbc-Vorbeugung und -Bekämpfung. Bregenz.

Anderson, D. P.; Gormley, A. M.; Ramsey, D. S. L.; Nugent, G.; Martin, P. A. J.; Bosson, M. et al. (2017): Bio-economic optimisation of surveillance to confirm broadscale eradications of invasive pests and diseases. In: *Biol Invasions* 19 (10), S. 2869–2884. DOI: 10.1007/s10530-017-1490-5.

Anderson, D. P.; Ramsey, D. S. L.; Lisle, G. W. de; Bosson, M.; Cross, M. L.; Nugent, G. (2015): Development of integrated surveillance systems for the management of tuberculosis in New Zealand wildlife. In: *New Zealand Veterinary Journal* 63 Suppl 1, S. 89–97. DOI: 10.1080/00480169.2014.963830.

- Arsenault, R. J.; Maattanen, P.; Daigle, J.; Potter, A.; Griebel, P.; Napper, S. (2014): From mouth to macrophage: mechanisms of innate immune subversion by *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. In: *Veterinary research* 45 (1), S. 54.
- Avid, A. (1995): Arbeitskreis für veterinärmedizinische Infektionsdiagnostik im Arbeitsgebiet Mikrobiologie, Parasitologie und Hygiene der DVG. Mitteilungen I/1995, p. 9.
- Ayele, W. Y.; Bartos, M.; Svastova, P.; Pavlik, I. (2004): Distribution of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in organs of naturally infected bull-calves and breeding bulls. In: *Veterinary microbiology* 103 (3-4), S. 209–217. DOI: 10.1016/j.vetmic.2004.07.011.
- Ayele W.Y., Machackova M., Pavlik I. (2001): The transmission and impact of paratuberculosis infection in domestic and wild ruminants. *Veterinarni Medicina*, 46, 205–224.
- Ayele, W. Y.; Svastova, P.; Roubal, P.; Bartos, M.; Pavlik, I. (2005): *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* cultured from locally and commercially pasteurized cow's milk in the Czech Republic. In: *Applied and environmental microbiology* 71 (3), S. 1210–1214.
- Barasona, J. A.; VerCauteren, K. C.; Saklou, N.; Gortazar, C.; Vicente, J. (2013): Effectiveness of cattle operated bump gates and exclusion fences in preventing ungulate multi-host sanitary interaction. In: *Preventive veterinary medicine* 111 (1-2), S. 42–50. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2013.03.009.
- Barlow, N. D. (1993): A Model for the Spread of Bovine Tb in New Zealand Possum Populations. In: *The Journal of Applied Ecology* 30 (1), S. 156. DOI: 10.2307/2404279.
- Barlow, N. D. (2000): Non-linear transmission and simple models for bovine tuberculosis. In: *J Anim Ecology* 69 (4), S. 703–713. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2000.00428.x.
- Barlow, N.D.; Kean, J.M.; Hickling, G.; Livingstone, P.G.; Robson, A.B. (1997): A simulation model for the spread of bovine tuberculosis within New Zealand cattle herds. In: *Preventive veterinary medicine* 32 (1), S. 57–75. DOI: 10.1016/S0167-5877(97)00002-0.
- Bastida, F.; Juste, R. A. (2011): Paratuberculosis control: a review with a focus on vaccination. In: *Journal of Immune based Therapies and Vaccines* 9, S. 8. DOI: 10.1186/1476-8518-9-8.
- Baumgartner, W. (2005): Vergleich zweier serologischer Untersuchungen der österreichischen Rinderpopulation zur Verbreitung der bovinen Paratuberkulose (Johne'sche

Krankheit) in den Jahren 1995-97 und 2002/03 und Vorstellung geplanter Bekämpfungsmaßnahmen. In: *Wien Tierarztl Mschr* 92, S. 274–277. Online verfügbar unter <https://ci.nii.ac.jp/naid/10031048987/en/>.

Baumgärtner, W. (2015): Allgemeine Pathologie für die Tiermedizin. 2., aktual. Aufl. Stuttgart: Enke.

Baumgärtner, W.; Gruber, Achim Dieter (2015): Spezielle Pathologie für die Tiermedizin. Stuttgart: Enke.

Baumhackl, F. (2011): Tuberkulose Das Anwenden der DOTS Strategie verhindert eine weitere Verbreitung resistenter Tuberkuloseformen. Bakkalaureatsarbeit. Medizinischen Universität Graz, Graz. Institut für Physiologie.

Beard, P. M.; Daniels, M. J.; Henderson, D.; Pirie, A.; Rudge, K.; Buxton, D. et al. (2001a): Paratuberculosis infection of nonruminant wildlife in Scotland. In: *Journal of Clinical Microbiology* 39 (4), S. 1517–1521. DOI: 10.1128/JCM.39.4.1517-1521.2001.

Beard, P. M.; Rhind, S. M.; Buxton, D.; Daniels, M. J.; Henderson, D.; Pirie, A. et al. (2001b): Natural paratuberculosis infection in rabbits in Scotland. In: *Journal of Comparative Pathology* 124 (4), S. 290–299. DOI: 10.1053/jcpa.2001.0466.

Beard, P. M.; Stevenson, K.; Pirie, A.; Rudge, K.; Buxton, D.; Rhind, S. M. et al. (2001c): Experimental Paratuberculosis in Calves following Inoculation with a Rabbit Isolate of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. In: *Journal of Clinical Microbiology* 39 (9), S. 3080–3084. DOI: 10.1128/JCM.39.9.3080-3084.2001.

Beaunée, G.; Vergu, E.; Ezanno, P. (2015): Modelling of paratuberculosis spread between dairy cattle farms at a regional scale. In: *Veterinary research* 46, S. 111. DOI: 10.1186/s13567-015-0247-3.

Beerli, O.; Blatter, S.; Boadella, M.; Schöning, J.; Schmitt, S.; Ryser-Degiorgis, M. P. (2015): Towards harmonised procedures in wildlife epidemiological investigations: a serosurvey of infection with *Mycobacterium bovis* and closely related agents in wild boar (*Sus scrofa*) in Switzerland. In: *Veterinary journal (London, England : 1997)* 203 (1), S. 131–133. DOI: 10.1016/j.tvjl.2014.10.023.

Begg D, Whittington R. (2010): in Behr, Marcel A.; Collins, Desmond M. Paratuberculosis in sheep. Organism, disease, control. Wallingford, UK, Cambridge, Mass.: CABI, S. 157-168.

Benedictus, A.; Mitchell, R. M.; Linde-Widmann, M.; Sweeney, R.; Fyock, T.; Schukken, Y. H.; Whitlock, R. H. (2008): Transmission parameters of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis infections in a dairy herd going through a control program. In: *Preventive veterinary medicine* 83 (3-4), S. 215–227. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.07.008.

Benedictus, G.; Dijkhuizen, A. A.; Stelwagen, J. (1985): [Economic losses to farms due to paratuberculosis in cattle]. In: *Tijdschrift voor diergeneeskunde* 110 (8), S. 310–319.

Benham, P.F.J.; Broom, D. M. (1989): Interactions between cattle and badgers at pasture with reference to bovine tuberculosis transmission. In: *British Veterinary Journal* 145 (3), S. 226–241. DOI: 10.1016/0007-1935(89)90075-4.

Bernués, A.; Manrique, E.; Maza, M. T. (1997): Economic evaluation of bovine brucellosis and tuberculosis eradication programmes in a mountain area of Spain. In: *Preventive veterinary medicine* (Madrid, Spanien, 1997) S. 137-149: DOI: 10.1016/S0167-5877(96)01103-8

Bezirkshauptmannschaft Reutte Tirol (2018): Verordnung der Bezirkshauptmannschaft Reutte zur Bekämpfung der Tuberkulose beim Rotwild. RE-V-TS-14/45-2018. Online verfügbar unter [https://www.tirol.gv.at/fileadmin/buergerservice/kundmachungen/bh-reutte/Jagd\\_Fischerei\\_Waffen\\_Pyrotechnik/2.\\_Quartal\\_2019/Verordnung\\_Tbc.pdf](https://www.tirol.gv.at/fileadmin/buergerservice/kundmachungen/bh-reutte/Jagd_Fischerei_Waffen_Pyrotechnik/2._Quartal_2019/Verordnung_Tbc.pdf).

BfR Bundesinstitut für Risikobewertung (Hg.) (2009): Vorkommen von pathogenen Mykobakterien bei Mastschweinen -BfR vom 30. November 2009. Stellungnahme Nr. 011/2010 des BfR vom 30. November 2009. Online verfügbar unter [https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/vorkommen\\_von\\_pathogenen\\_mykobakterien\\_bei\\_mastschweinen.pdf](https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/vorkommen_von_pathogenen_mykobakterien_bei_mastschweinen.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Birch, C. P. D.; Goddard, A.; Tearne, O. (2018): A new bovine tuberculosis model for England and Wales (BoTMEW) to simulate epidemiology, surveillance and control. In: *BMC veterinary research* 14 (1), S. 273. DOI: 10.1186/s12917-018-1595-9.

BMASGK Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (1996): Durchführungsbestimmungen des Bundesministeriums für Gesundheit und Konsumentenschutz GZ 39.505/6-III/A/4b/96. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/tierseucheneubungen/tierseuchen\\_desinfektionserlass.pdf?63xzo2](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/tierseucheneubungen/tierseuchen_desinfektionserlass.pdf?63xzo2), zuletzt geprüft am 02.11.2019.

BMG Bundesministerium für Gesundheit (2011): Verordnung des Bundesministerium für Gesundheit zur Bekämpfung der Tuberkulose in Rotwildbeständen (Rotwild-Tbc-Verordnung). 181. Rotwild-Tbc-Verordnung. Online verfügbar unter [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2011\\_II\\_181/BGBLA\\_2011\\_II\\_181.rtf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2011_II_181/BGBLA_2011_II_181.rtf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGF Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (Hg.) (2003): Veterinärjahresbericht 2002. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter <https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb-2002-cd-600-dpi1.pdf?63xzq0>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGF Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (Hg.) (2004): Veterinärjahresbericht 2003. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb\\_2003\\_cd\\_internet.pdf?63xzipj](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb_2003_cd_internet.pdf?63xzipj), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGF Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (Hg.) (2005): Bericht des Bereichs Verbraucher-Gesundheit 2004. Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/bereichsbericht\\_2004.pdf?63xzps](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/bereichsbericht_2004.pdf?63xzps), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGF Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (Hg.) (2006): Bericht des Bereichs Verbraucher-Gesundheit 2005. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/bereichsbericht\\_2005.pdf?63xzipj](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/bereichsbericht_2005.pdf?63xzipj), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGF Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2006): Rohmilch und Rohrahm (Rohmilchverordnung), Fassung vom 18.03.2019. StF: BGBl. II Nr. 106/2006. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004644>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGF Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2019): Paratuberkulose – Verordnung, Fassung vom 11.03.2019. StF: BGBl. II Nr. 48/2006. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004571>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMGFJ Bundesministerium für Gesundheit Familie und Jugend Bereich Verbrauchergesundheit (2007): Bericht des Bereiches Verbraucher-Gesundheit 2006. Online

verfügbar unter

[https://www.ages.at/download/0/0/216abfa8603136dd8e1dd8fea3abc668a11c23ff/fileadmin/AGES2015/Service/Tiergesundheit/JahresBerichte/Jahresbericht\\_2006.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/216abfa8603136dd8e1dd8fea3abc668a11c23ff/fileadmin/AGES2015/Service/Tiergesundheit/JahresBerichte/Jahresbericht_2006.pdf), zuletzt geprüft am 02.11.2019.

BMSG (2000): Veterinärjahresbericht 1999. Hg. v. Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen. Veterinärverwaltung.

BMSG (2001): Veterinärjahresbericht 2000. Hg. v. Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb\\_2000.pdf?63xzq5](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb_2000.pdf?63xzq5), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

BMSG (2002): Veterinärjahresbericht 2001. Hg. v. Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb\\_2001.pdf?63xzq2](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb_2001.pdf?63xzq2), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Boenchendorf, J. (2016): Netzwerkanalyse zur bovinen Tuberkulose im bayerischen Voralpenraum. Dissertation. Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Bolaños, Carmen Alicia Daza; Paula, Carolina Lechinski de; Guerra, Simony Trevizan; Franco, Marília Masello Junqueira; Ribeiro, Márcio Garcia (2017): Diagnosis of mycobacteria in bovine milk: an overview. In: *Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo* 59, e40. DOI: 10.1590/S1678-9946201759040.

Brooks-Pollock, E.; Roberts, G. O.; Keeling, M. J. (2014): A dynamic model of bovine tuberculosis spread and control in Great Britain. In: *Nature* 511 (7508), S. 228–231. DOI: 10.1038/nature13529.

Buddle, B. M.; Lisle, G. W. de; Griffin, J. F. T.; Hutchings, S. A. (2015): Epidemiology, diagnostics, and management of tuberculosis in domestic cattle and deer in New Zealand in the face of a wildlife reservoir. In: *New Zealand Veterinary Journal* 63 Suppl 1, S. 19–27. DOI: 10.1080/00480169.2014.929518.

Buderus, S.; Scholz, D.; Behrens, R.; Classen, M.; Laffolie, J.; Keller, K. M. et al. (2015): Inflammatory bowel disease in pediatric patients: Characteristics of newly diagnosed patients

from the CEDATA-GPGE Registry. In: *Deutsches Arzteblatt international* 112 (8), S. 121–127. DOI: 10.3238/arztebl.2015.0121.

Bundesgesetz (2006a): Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und weitere Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz - LMSVG).

Bundesgesetz (2006b): Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen über ein Überwachungsprogramm zur Bekämpfung der klinischen Paratuberkulose bei Wiederkäuern (Paratuberkulose – Verordnung, BGBl. II Nr. 48/2006). Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2006/48>, zuletzt geprüft am 02.11.2019.

Bundesgesetz (1959): Tierseuchengesetz-Durchführungsverordnung TSG-DVO RGBI 1909/178, BGBl 1959/5. Online verfügbar unter [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1959\\_5\\_0/1959\\_5\\_0.pdf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1959_5_0/1959_5_0.pdf), zuletzt geprüft am 02.11.2019.

Bundeskanzleramt Sektion VI (Hg.) (1999): Veterinärjahresbericht 1998. Veterinärverwaltung. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb\\_1998.pdf?63xzpf](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/vjb_1998.pdf?63xzpf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Bundesministerium für Gesundheit Familie und Jugend (Hg.) (2007): Bericht des Bereiches Verbraucher-Gesundheit 2006. Radetzkystraße 2, 1030 Wien. Online verfügbar unter [https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/bereichsbericht\\_20061.pdf?63xzy](https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/bereichsbericht_20061.pdf?63xzy), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Bundesministerium für Gesundheit Familie und Jugend zur Bekämpfung der Tuberkulose in Rotwildbeständen (Rotwild-Tbc-Verordnung) (2019): Rindertuberkuloseverordnung, Fassung vom 07.03.2019. BGBl. II Nr. 181/2011. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007322>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Bundesrecht (1909): Abwehr und Tilgung von Tierseuchen (Tierseuchengesetz – TSG). StF: RGBI. Nr. 177/1909.

- Büttner, M.; Just, F.; Neuendorf, E.; Hörmansdorfer, S.; Zimmermann, P.; Hafner-Marx, A. et al. (2013): Tuberkulose bei Rind und Rotwild in Bayern. In: *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung* 65, S. 341.
- Caminiti, A.; Pelone, F.; LaTorre, G.; Giusti, M. de; Saulle, R.; Mannocci, A. et al. (2016): Control and eradication of tuberculosis in cattle: a systematic review of economic evidence. In: *The Veterinary record* 179 (3), S. 70–75. DOI: 10.1136/vr.103616.
- Cassidy, J. P.; Bryson, D. G.; Pollock, J. M.; Evans, R. T.; Forster, F.; Neill, S. D. (1998): Early lesion formation in cattle experimentally infected with *Mycobacterium bovis*. In: *Journal of Comparative Pathology* 119 (1), S. 27–44.
- Challu, V. K. (2007): Zoonotic importance of tuberculosis. In: *NTI bulletin* 43 (3), S. 37–40.
- Çetinkaya, B.; Erdogan, H.M.; Morgan, K.L. (1997): Relationships between the presence of Johne's disease and farm and management factors in dairy cattle in England. In: *Preventive veterinary medicine* 32 (3), S. 253–266. DOI: 10.1016/S0167-5877(97)00028-7.
- Cheeseman, C. L.; Wilesmith, J. W.; Stuart, F. A. (1989): Tuberculosis: the disease and its epidemiology in the badger, a review. In: *Epidemiology and infection* 103 (1), S. 113–125. DOI: 10.1017/s0950268800030417.
- Cherney, A. und Collins, M. D. (1996): Adaption of a bovine ELISA for the detection of *Mycobacterium paratuberculosis* antibody for use with human sera. 5th Int. Colloq. on Paratuberculosis. Wisconsin, 1996.
- Chandran, A.; Williams, K.; Mendum, T.; Stewart, G.; Clark, S.; Zadi, S. et al. (2019): Development of a diagnostic compatible BCG vaccine against Bovine tuberculosis. In: *Scientific reports* 9 (1), S. 1–11.
- Chaubey, K. Kumar; S., S. V.; Bhatia, A. K. (2019): Recombinant secretory proteins based new 'Cocktail ELISA' as a marker assay to differentiate infected and vaccinated cows for *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis infection. In: *0975-1009*.
- Chiari, M.; Zanoni, M.; Alborali, L. G.; Zanardi, G.; Avisani, D.; Tagliabue, S. et al. (2014): Isolation of *Mycobacterium caprae* (Lechtal genotype) from red deer (*Cervus elaphus*) in Italy. In: *Journal of Wildlife Diseases* 50 (2), S. 330–333. DOI: 10.7589/2013-06-135.
- Chiba, M.; Fukushima, T.; Horie, Y.; Iizuka, M.; Masamune, O. (1998): No *Mycobacterium paratuberculosis* detected in intestinal tissue, including Peyer's patches and lymph follicles,

of Crohn's disease. In: *Journal of Gastroenterology* 33 (4), S. 482–487. DOI: 10.1007/s005350050119.

Chiodini, R. J.; van Kruiningen, H. J.; Merkal, R. S. (1984): Ruminant paratuberculosis (Johne's disease): The current status and future prospects. In: *Cornell Veterinarian* 74 (3), S. 218–262.

Colin P. D.; Goddard, A.; Tearne, O. (2018): A new bovine tuberculosis model for England and Wales (BoTMEW) to simulate epidemiology, surveillance and control. In: *BMC veterinary research* 14 (1), S. 273. DOI: 10.1186/s12917-018-1595-9.

Collins, D. M.; Gabric, D. M.; Lisle, G. W. de (1990): Identification of two groups of *Mycobacterium paratuberculosis* strains by restriction endonuclease analysis and DNA hybridization. In: *Journal of Clinical Microbiology* 28 (7), S. 1591–1596.

Collins, J. D. (2006): Tuberculosis in cattle: strategic planning for the future. In: *Veterinary microbiology* 112 (2-4), S. 369–381. DOI: 10.1016/j.vetmic.2005.11.041.

Collins, M. T.; Spahr, U.; Murphy, P. M. (2001): Ecological characteristics of *M. paratuberculosis*. In: *Bulletin-International Dairy Federation* (362), S. 32–40.

Collins, M. T. (2003): Update on paratuberculosis: 1. Epidemiology of Johne's disease and the biology of *Mycobacterium paratuberculosis*. In: *Irish Veterinary Journal* 56 (11), S. 565–574.

Collins, M.T.; Eggleston, V.; Manning, E.J.B. (2010): Successful control of Johne's disease in nine dairy herds: Results of a six-year field trial. In: *Journal of Dairy Science* 93 (4), S. 1638–1643. DOI: 10.3168/jds.2009-2664.

Corn, J. L.; Manning, E. J. B.; Sreevatsan, S.; Fischer, J. R. (2005): Isolation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* from free-ranging birds and mammals on livestock premises. In: *Applied and environmental microbiology* 71 (11), S. 6963–6967. DOI: 10.1128/AEM.71.11.6963-6967.2005.

Crohn, J. L.; Ginzburg, L.; Oppenheimer, G. D. (1932): Regional ileitis: a pathologic and clinical entity. In: *Journal of the American Medical Association* 99 (16), S. 1323–1329.

Dahme, E.; Hafner-Marx, A. (2007): Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. 6., völlig neu bearb. Aufl. Stuttgart: Enke.

Dalziel, T. K. (2019): Chronic Interstitial Enteritis, 2019 (2), S. 1068–1070. Online verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/25307529>.

Damoser, J. (2013): Tuberkulose - Rind - Rotwild. Österreichische Strategie. GMG Bundesministerium für Gesundheit, 2013. Online verfügbar unter [https://www.ages.at/download/0/0/cfbbcc24198802d76fb966f4bf31391755c0181d/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Dateien/Tuberkulose/Damoser\\_Vortrag\\_TBC\\_Herbst\\_2013\\_final.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/cfbbcc24198802d76fb966f4bf31391755c0181d/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Dateien/Tuberkulose/Damoser_Vortrag_TBC_Herbst_2013_final.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

de la Rua-Domenech, R., Goodchild, A. T., Vordermeier, H. M., Hewinson, R. G., Christiansen, K. H., Clifton-Hadley, R. S. (2006). Ante mortem diagnosis of tuberculosis in cattle: a review of the tuberculin tests, gamma-interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. *Res Vet Sci*, 81 (2): 190-210.

Deutz, A. (2004): Paratuberkulose bei Wildtieren-(Ernährungsbedingte) Krankheit der Zukunft? Tagung für die Jägerschaft 2004, BAL Gumpenstein. In Ernährung des Rot-, Reh- und Gamswildes - Grundlagen, Probleme und Lösungsansätze

Deutz, A.; Spargser, J.; Rosengarten, R.; Köfer, J. (2003): Erstnachweis der intrauterinen Übertragung von Paratuberkulose bei Rot- und Gamswild. In: *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 49 (4), S. 314–319. DOI: 10.1007/BF02189639.

Deutz, A. und Spargser, J. (2009): Paratuberkulose bei Wildtieren. Verbreitung, klinische und postmortale Befunde Paratuberkulose Wildtiere. In: *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung* (1), S. 12–15.

Deutz, A., Spargser, J., Wagner, P., Steineck, T., Köfer, J., Rosengarten, R. (2003): Molekulare Charakterisierung von *M. avium* ssp. *paratuberculosis*-Isolaten aus Wildwiederkäuern in Österreich. Paratuberkulose bei Wildtieren — Häufung klinischer Fälle in freier Wildbahn. In: *Tierärztl. Umschau* (58), S. 482–489.

Direktionsbereich Verbraucherschutz (2013): Milch eines Bestandes mit boviner Tuberkulose (*Mycobacterium bovis*) und daraus hergestellte Milchprodukte Gesundheitliche Risikobewertung und Empfehlungen für mögliche Massnahmen für Vollzugsbehörden. Online verfügbar unter [https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/rechts-und-vollzugsgrundlagen/hilfsmittel-vollzugsgrundlagen/leitfaeden-merkblaetter-archiv/risikobewertung-milch-m-bovis.pdf.download.pdf/13-06-11\\_Allgemeine\\_Risikobewertung\\_Milchprodukte\\_M\\_bovis\\_DE.pdf](https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/rechts-und-vollzugsgrundlagen/hilfsmittel-vollzugsgrundlagen/leitfaeden-merkblaetter-archiv/risikobewertung-milch-m-bovis.pdf.download.pdf/13-06-11_Allgemeine_Risikobewertung_Milchprodukte_M_bovis_DE.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Dirksen, G.; Baumgartner, W. (2006): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 5. Aufl., unveränd. Nachdr. der 4. Aufl. Stuttgart: Parey.

Domingo, M.; Vidal, E.; Marco, A. (2014): Pathology of bovine tuberculosis. In: *Research in veterinary science* 97 Suppl, S20-9. DOI: 10.1016/j.rvsc.2014.03.017.

Domogalla, J.; Prodinger, W. M.; Blum, H.; Krebs, S.; Gellert, S.; Müller, M. et al. (2013): Region of Difference 4 in Alpine *Mycobacterium caprae* Isolates Indicates Three Variants. In: *Journal of Clinical Microbiology* 51 (5), S. 1381–1388. DOI: 10.1128/JCM.02966-12.

Donat, K. (2016): The Thuringian bovine paratuberculosis control programme-results and experiences. In: *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 130 (1-2), S. 42–49.

Donat, K.; Schau, U.; Soschinka, A.; Köhler, H. (2012): Untersuchungen zur Herdenprävalenz von *Mycobacterium avium* ssp. paratuberculosis (MAP) in Rinderbeständen mithilfe serologischer Testverfahren: Möglichkeiten, Grenzen und Kosten. In: *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 125 (Heft 9/10), 36–370. DOI: 10.2376/0005-9366-125-361.

Donnelly, C. A.; Woodroffe, R.; Cox, D. R.; Bourne, J.; Gettinby, G.; Le Fevre, A. M. et al. (2003): Impact of localized badger culling on tuberculosis incidence in British cattle. In: *Nature* 426 (6968), S. 834–837. DOI: 10.1038/nature02192.

Doré, E.; Paré, J.; Côté, G.; Buczinski, S.; Labrecque, O.; Roy, J. P.; Fecteau, G. (2012): Risk factors associated with transmission of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis to calves within dairy herd: a systematic review. In: *Journal of Veterinary Internal Medicine* 26 (1), S. 32–45. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2011.00854.x.

Dorshorst, N. C.; Collins, M. T.; Lombard, J. E. (2006): Decision analysis model for paratuberculosis control in commercial dairy herds. In: *Preventive veterinary medicine* 75 (1-2), S. 92–122. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2006.02.002.

Greber, N. (2011): Biosicherheitsmaßnahmen zur Verhinderung der Übertragung des Tuberkulose-Erregers *Mykobacterium caprae* zwischen Rotwild und Weidevieh. Zahl: Vb-1703.01. Hg. v. Amt der Vorarlberger Landesregierung. Online verfügbar unter <http://www.vjagd.at/mitglieder/norbert/buddyblog/>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Greber, N. (2016): Endbericht Rotwildmonitoring-2015. In: *Vorarlberger Jagdzeitung* (März/April), S. 16–17.

- Greber, N. (2017): Bericht Rotwildmonitoring 2016. In: *Vorarlberger Jagdzeitung* (März/April), S. 8–9.
- Greber, N. (2018): Bericht Rotwildmonitoring 2017. In: *Vorarlberger Jagdzeitung* (März/April), S. 8–9.
- Greber, N. (2019): Rotwildmonitoring 2018. In: *Vorarlberger Jagdzeitung* (März/April), 10-12.
- Dreier, S.: (2003) Serologische, bakteriologische und molekularbiologische Untersuchung auf Paratuberkulose bei österreichischen Schlachtrindern. Serological, bacteriological and molecularbiological investigations concerning paratuberculosis in Austrian slaughter cattle. Dissertation. Online verfügbar unter <https://permalink.obvsg.at/UVW/AC04038812>.
- Dreier, S.; Khol, J. L.; Stein, B.; Fuchs, K.; Güttler, S.; Baumgartner, W. (2006): Serological, bacteriological and molecularbiological survey of paratuberculosis (Johne's disease) in Austrian cattle. In: *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 53 (10), S. 477–481.
- Dufour, A.; Rees, G.; Bartram, J.; Pedley, S.; Cotruvo, J.A (2004): Pathogenic mycobacteria in water. A guide to public health consequences, monitoring and management. Geneva: World Health Organization (Emerging issues in water and infectious diseases series).
- Dufour, B.; Pouillot, R.; Durand, B. (2004): A cost/benefit study of paratuberculosis certification in French cattle herds. In: *Veterinary research* 35 (1), S. 69–81. DOI: 10.1051/vetres:2003045.
- Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA; 2003): Tuberculosis in Bovine Animals: Risks for human health and control strategies. Opinion of the Scientific Panel on biological hazards (BIOHAZ) on a request from the Commission related on "Tuberculosis in Bovine Animals: Risks for human health and control strategies". In: *The EFSA Journal* (13), S. 1–52.
- El-Zaatari, F. A. K.; Osato, M. S.; Graham, D. Y. (2001): Etiology of Crohn's disease: the role of *Mycobacterium avium* paratuberculosis. In: *Trends in molecular medicine* 7 (6), S. 247–252.
- Englund, S. (2002): Molecular biology techniques as a tool for detection and characterisation of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis.
- Eppleston, J.; Begg, D. J.; Dhand, N. K.; Watt, B.; Whittington, R. J. (2014): Environmental survival of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in different climatic zones of eastern Australia. In: *Applied and environmental microbiology* 80 (8), S. 2337–2342. DOI: 10.1128/AEM.03630-13.

Europäischen Union (2004): Verordnung EG) NR. 853/2004 des Europäischen Parlament und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. (EG) NR. 853/2004. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0055:0205:DE:PDF>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Evangelista, T. B.; Rentería, A., J.; Hernández, D. (1996): Tuberculosis in dairy calves: risk of Mycobacterium spp. exposure associated with management of colostrum and milk. In: *Preventive veterinary medicine* 27 (1-2), S. 23–27.

EWG Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (1964): Richtlinie des Rates vom 26. Juni 1964 zur Regelung viehseuchenrechtlicher Fragen beim innergemeinschaftlichen Handelsverkehr mit Rindern und Schweinen. 64/432/EWG, vom ABl. 121 vom 29.07.1964, S. 1977. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31964L0432&from=DE>, zuletzt geprüft am 13.09.2019.

EWG Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (1992): Richtlinie 92 /46/EWG des Rates vom 16. Juni 1992 mit Hygienevorschriften für die Herstellung und Vermarktung von Rohmilch, wärmebehandelter Milch und Erzeugnissen auf Milchbasis. 92 /46/EWG. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0046&from=DE>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

EWG Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (2003): Entscheidung der Kommission vom 23. Juni 2003 zur Feststellung des amtlich anerkannt tuberkulose-, brucellose- und rinderleukosefreien Status bestimmter Mitgliedstaaten und Regionen von Mitgliedstaaten in Bezug auf die Rinderbestände. 2003/467/EG. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003D0467&from=DE>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Fecteau, M. E.; Whitlock, R.; Buergelt, C.; Sweeney, R. (2010): Exposure of young dairy cattle to Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis (MAP) through intensive grazing of contaminated pastures in a herd positive for Johne's disease. In: *The Canadian veterinary journal. La revue vétérinaire canadienne* 51, S. 198–200.

Fecteau, M. E.; Whitlock, R. H.; Buergelt, C. D.; Sweeney, R. W. (2010): Exposure of young dairy cattle to Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis (MAP) through intensive grazing of contaminated pastures in a herd positive for Johne's disease. In: *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne* 51 (2), S. 198–200.

- Ferrouillet, C.; Wells, S. J.; Hartmann, W. L.; Godden, S. M.; Carrier, J. (2009): Decrease of Johne's disease prevalence and incidence in six Minnesota, USA, dairy cattle herds on a long-term management program. In: *Preventive veterinary medicine* 88 (2), S. 128–137. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2008.08.001.
- Fink, M.; Schleicher, C.; Gonano, M.; Proding, W. M.; Pacciarini, M.; Glawischnig, W. et al. (2015): Red deer as maintenance host for bovine tuberculosis, Alpine region. In: *Emerging infectious diseases* 21 (3), S. 464–467. DOI: 10.3201/eid2103.141119.
- Fiocchi, C. (1998): Inflammatory bowel disease: Etiology and pathogenesis. In: *Gastroenterology* 115 (1), S. 182–205. DOI: 10.1016/S0016-5085(98)70381-6.
- Fischer, E. A. J.; van Roermund, H. J. W.; Hemerik, L.; van Asseldonk, M. A. P. M.; Jong, M. C. M. (2005): Evaluation of surveillance strategies for bovine tuberculosis (*Mycobacterium bovis*) using an individual based epidemiological model. In: *Preventive veterinary medicine* 67 (4), S. 283–301. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2004.12.002.
- Fischer, S. (1999): Epidemiologische Untersuchungen zur Bedeutung von Mykobakterieninfektionen bei Schlachtschweinen unter besonderer Berücksichtigung des *Mycobacterium avium*-intracelluläre-Komplexes.
- Flynn, O.; Fanning, J.; O'Grady, D.; Good, M. (2005): Inactivation of *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP) in bovine slurry. In: *Proc. 8th Int. Colloq. Paratuberculosis*.
- Friedrich-Löffler-Institut (Hg.) (2017): Tiergesundheits Jahresbericht 2016. Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit. Südufer 10, 17493 Greifswald-Insel Riems.
- Fritsch, I.; Luyven, G.; Köhler, H.; Lutz, W.; Möbius, P. (2012): Suspicion of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* transmission between cattle and wild-living red deer (*Cervus elaphus*) by multitarget genotyping. In: *Applied and environmental microbiology* 78 (4), S. 1132–1139. DOI: 10.1128/AEM.06812-11.
- Füllgrabe, R. A. R. (2009): Untersuchungen zum kulturellen und molekularbiologischen Nachweis von *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP) aus humanen Darmbiopaten. Dissertation. Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- Garcia, A. B.; Shalloo, L. (2015): Invited review: The economic impact and control of paratuberculosis in cattle. In: *Journal of Dairy Science* 98 (8), S. 5019–5039. DOI: 10.3168/jds.2014-9241.

Garnett, B. T.; Delahay, R. J.; Roper, T. J. (2002): Use of cattle farm resources by badgers (*Meles meles*) and risk of bovine tuberculosis (*Mycobacterium bovis*) transmission to cattle. In: *Proceedings. Biological sciences* 269 (1499), S. 1487–1491. DOI:

10.1098/rspb.2002.2072.

Gasteiner, J. (2006): Paratuberkulose (JOHNE'sche Krankheit) bei Rindern. Wesen der Erkrankung und ihre lebensmittelhygienische Bedeutung. Hg. v. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein. Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit. Online verfügbar unter <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/1818-sonstige/14538-paratuberkulose-johnesche-krankheit-des-rindes.html>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Gasteiner, J.; Awad-Masalmeh, M.; Baumgartner, W. (2000): *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis infection in cattle in Austria, diagnosis with culture, PCR and ELISA. In: *Veterinary microbiology* 77 (3), S. 339–349. DOI: 10.1016/S0378-1135(00)00319-9.

Gasteiner, J.; Wenzl, H.; Fuchs, K.; Jark, U.; Baumgartner, W. (1999): Serological cross-sectional study of paratuberculosis in cattle in Austria. In: *Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe B. Journal of Veterinary Medicine. Series B* 46 (7), S. 457–466. DOI: 10.1046/j.1439-0450.1999.00256.x.

Gerritsmann, H.; Stalder, G. L.; Spargser, J.; Hoelzl, F.; Deutz, A.; Kuebber-Heiss, A. et al. (2014): Multiple strain infections and high genotypic diversity among *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis field isolates from diseased wild and domestic ruminant species in the eastern Alpine region of Austria. In: *Infection, genetics and evolution : Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases* 21, S. 244–251. DOI: 10.1016/j.meegid.2013.11.009.

Gerstmair, E. M. (2011): Validierung molekularbiologischer und immunologischer Nachweisverfahren für die Tuberkulose bei Rindern und Tuberkulosemonitoring beim Rotwild. Dissertation. Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität, Leipzig.

Gilbert, M.; Mitchell, A.; Bourn, D.; Mawdsley, J.; Clifton-Hadley, R.; Wint, W. (2005): Cattle movements and bovine tuberculosis in Great Britain. In: *Nature* 435 (7041), S. 491–496. DOI: 10.1038/nature03548.

Glawischnig, A. M. Khaschabi, S. (2004): U Fallbericht T Nachweis von *Mycobacterium avium* T subsp. paratuberculosis im Hoden eines KT klinisch erkrankten Zuchtstiers. K

Detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* K from the testicles of a clinically infected breed. In: *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 2004 (03/04), S. 2–5, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Gopal, R.; Goodchild, A.; Hewinson, G.; La Rua Domenech, R. de; Clifton-Hadley, R. (2006): Introduction of bovine tuberculosis to north-east England by bought-in cattle. In: *The Veterinary record* 159 (9), S. 265–271. DOI: 10.1136/vr.159.9.265.

Gordon, S. V. (2008): Bovine TB: stopping disease control would block all live exports. In: *Nature* (Vol 456), S. 700.

Grant, I. R.; Williams, A. G.; Rowe, M. T.; Muir, D. D. (2005): Efficacy of various pasteurization time-temperature conditions in combination with homogenization on inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk. In: *Applied and environmental microbiology* 71 (6), S. 2853–2861.

Green, L. E.; Cornell, S. J. (2005): Investigations of cattle herd breakdowns with bovine tuberculosis in four counties of England and Wales using VETNET data. In: *Preventive veterinary medicine* 70 (3-4), S. 293–311. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2005.05.005.

Greenwald, R.; Esfandiari, J.; Lesellier, S.; Houghton, R.; Pollock, J.; Aagaard, C. et al. (2003): Improved serodetection of *Mycobacterium bovis* infection in badgers (*Meles meles*) using multiantigen test formats. In: *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 46 (3), S. 197–203. DOI: 10.1016/S0732-8893(03)00046-4.

Grewal, S. K.; Rajeev, S.; Sreevatsan, S.; Michel, F. C. (2006): Persistence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* and other zoonotic pathogens during simulated composting, manure packing, and liquid storage of dairy manure. In: *Applied and environmental microbiology* 72 (1), S. 565–574. DOI: 10.1128/AEM.72.1.565-574.2006.

Griffin, J. M.; Williams, D. H.; Kelly, G. E.; Clegg, T. A.; O'Boyle, I.; Collins, J. D.; More, S. J. (2005): The impact of badger removal on the control of tuberculosis in cattle herds in Ireland. In: *Preventive veterinary medicine* 67 (4), S. 237–266. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2004.10.009.

Griffin, J. M.; Martin, S. W.; Thorburn, M. A.; Eves, J. A.; Hammond, R. F. (1996): A case-control study on the association of selected risk factors with the occurrence of bovine tuberculosis in the Republic of Ireland. In: *Preventive veterinary medicine* 27 (3-4), S. 217–229. DOI: 10.1016/0167-5877(95)00571-4.

- Groenendaal, M.; Nielen, M.; Jalvingh, A. W.; Horst, S. H.; Galligan, D. T.; Wesselink, J. W. (2002): A simulation of Johne's disease control. In: *Preventive veterinary medicine* 54 (3), S. 225–245. DOI: 10.1016/S0167-5877(02)00027-2.
- Gruner, Johannes (1992): Rinderkrankheiten. Mit 11 Tabellen. 3., überarb. Aufl. Jena: Fischer (Tierärztliche Praxis).
- Gwozdz, J. M.; Thompson, K. G.; Murray, A.; West, D. M.; Manktelow, B. W. (2000): Use of the polymerase chain reaction assay for the detection of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis in blood and liver biopsies from experimentally infected sheep. In: *Australian veterinary journal* 78 (9), S. 622–624.
- Hacker, U., Hüttner, K., Konoe, M (2004): Untersuchungen zur serologischen Prävalenz und Risikofaktoren der Paratuberkulose in Milchviehbetrieben in Mecklenburg-Vorpommern. In: *Beri. Münch. Tierärztl. Wschr.* (117), S. 140–144.
- Haehy, T; Griffin, J M.; Collins, J D. (1995): The prevalence of tuberculosis in herds reconstituted following a depopulation. University College Dublin. Centre for Veterinary Epidemiology and Risk Analysis.
- Hammer, P. (2003): Verhalten von *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis bei der Be- und Verarbeitung von Lebensmitteln. In: *Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene* 44, S. 272–277.
- Hammer, P.; Knappstein, K.; Hahn, G. (1998): Significance of *Mycobacterium paratuberculosis* in milk. In: *International Dairy Federation*.
- Hammer, P.; Teufel, P. (2000): Bedeutung der Hitzeresistenz von *Mycobacterium paratuberculosis* für pasteurisierte Milch. In: *Molkerei Zeitung Welt der Milch* 54 (23), S. 792–793.
- Hancox, M. (1999): A critical reappraisal of transmission routes for bovine TB in cattle. In: *Respiratory Medicine* 93 (3), S. 220–222. DOI: 10.1016/S0954-6111(99)90013-6.
- Hardie, R. M.; Watson, J. M. (1992): *Mycobacterium bovis* in England and Wales: past, present and future. In: *Epidemiology and infection* 109 (1), S. 23.
- Hartung, M. (2008): Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2006. Bundesinstitut für Risikobewertung, Wissenschaft, 04/2008. In: *Mitteilungen der Länder zu Lebensmitteln, Tieren, Futtermitteln und Umweltproben*.

- Hartung, M. (2009): Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahre 2007. Bundesinstitut für Risikobewertung, Wissenschaft, 05/2009. In: *Mitteilungen der Länder zu Lebensmitteln, Tieren, Futtermitteln und Umweltproben*.
- Hellmich, R. E. (2010): Volksseuche oder nur Panikmache? In: *DLZ Agrarmagazin* (Mai), S. 112–115.
- Herman-Taylor, J.; El-Zaatari, F. A.K. (2004): Pathogenic mycobacteria in water: a guide to public health consequences, monitoring, and management.
- Herrlinger, K.; Stange, E. F. (2004): Chronisch-entzündliche Darmerkrankungen-Diagnostik. In: *Dtsch med Wochenschr* 129 (42), S. 2244–2245.
- Herrlinger, K.; Stange, E. F. (2004): Inflammatory bowel disease - diagnostics. In: *Dtsch med Wochenschr* 129 (42), S. 2244–2245. DOI: 10.1055/s-2004-831871.
- Hines, S. A.; Buergelt, C. D.; Wilson, J. H.; Bliss, E. L. (1987): Disseminated Mycobacterium paratuberculosis infection in a cow. In: *Journal of the American Veterinary Medical Association* 190 (6), S. 681–683.
- Hoby, S.; Walzer, C.; Slotta-Bachmayr, L.; Segner, H.; Robert, N. (2006): Untersuchungen zur Pathologie von Wildungulaten im Nationalpark Hohe Tauern, Österreich. In: *Wien Tierärztl Mschr* 93, S. 104–112.
- Hofmann, W. (2005): Rinderkrankheiten. Innere und chirurgische Erkrankungen. 1. Aufl. Stuttgart: UTB GmbH (UTB L).
- Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein; Österreichische Jägertagung (2011): Bericht über die 18. Österreichische Jägertagung 2012 zum Thema Jagd und Jagdzeiten - Ansprüche von Mensch und Wild ; 14. und 15. Februar 2012 LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning: LFZ.
- Hruska, K.; Bartos, M.; Kralik, P.; Pavlik, I. (2005): Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in powdered infant milk: paratuberculosis in cattle – the public health problem to be solved. In: *Veterinari Medicina* 50 (No. 8), S. 327–335. DOI: 10.17221/5631-VETMED.
- Humblet, M-F; Gilbert, M.; Govaerts, M.; Fauville-Dufaux, M.; Walravens, K.; Saegerman, C. (2010): New assessment of bovine tuberculosis risk factors in Belgium based on nationwide molecular epidemiology. In: *Journal of Clinical Microbiology* 48 (8), S. 2802–2808. DOI: 10.1128/JCM.00293-10.

Hutchings; H. S. (1997): Effects of Farm Management Practices on Cattle Grazing Behaviour and the Potential for Transmission of Bovine Tuberculosis from Badgers to Cattle. In: *The Veterinary Journal* 153, S. 149–162.

Ikonomopoulos, J.; Pavlik, I.; Bartos, M.; Svastova, P.; Ayele, W. Y.; Roubal, P. et al. (2005): Detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in retail cheeses from Greece and the Czech Republic. In: *Applied and environmental microbiology* 71 (12), S. 8934–8936. DOI: 10.1128/AEM.71.12.8934-8936.2005.

ILSIE International Life Science Institute, Brüssel Report ( 2004): *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP) and the food chain.

Jakobsen M. B.; Alban, L.; Nielsen, S.S. (2000): A cross-sectional study of paratuberculosis in 1155 Danish dairy cows. In: *Preventive veterinary medicine* 46 (1), S. 15–27. DOI: 10.1016/S0167-5877(00)00138-0.

Jark, U.; Ringena, I.; Fanz, B.; Gerlach, G. F.; Beyerbach, M.; Franz, B. (1997): Development of an ELISA technique for serodiagnosis of bovine paratuberculosis. In: *Veterinary microbiology* 57 (2), S. 189–198. DOI: 10.1016/S0378-1135(97)00125-9.

Johnson-Ifearegundun, Y.; Kaneene, J. B. (1999): Distribution and environmental risk factors for paratuberculosis in dairy cattle herds in Michigan. In: *American Journal of Veterinary Research* 60 (5), S. 589–596.

Johnston, W. T.; Vial, F.; Gettinby, G.; Bourne, F. J.; Clifton-Hadley, R. S.; Cox, D. R. et al. (2011): Herd-level risk factors of bovine tuberculosis in England and Wales after the 2001 foot-and-mouth disease epidemic. In: *International Journal of Infectious Diseases : IJID : official publication of the International Society for Infectious Diseases* 15 (12), e833-40. DOI: 10.1016/j.ijid.2011.08.004.

Jones, P. H.; Farver, T. B.; Beaman, B.; Cetinkaya, B.; Morgan, K. L. (2006): Crohn's disease in people exposed to clinical cases of bovine paratuberculosis. In: *Epidemiology and infection* 134 (1), S. 49–56. DOI: 10.1017/S0950268805004681.

Jones, P. H.; Farver, T. B.; Beaman, B. L.; Çetinkaya, B.; Morgan, K. L. (Hg.) (2000): Chronic Gastrointestinal Diseases in Dairy Farmers in England and the Welsh Borders: Is there an Association Between Crohn's Disease and Bovine Paratuberculosis?

Jorgensen, J. B. (1977): Survival of *Mycobacterium paratuberculosis* in slurry. In: *Nordisk veterinærmedicin* 29 (6), S. 267–270.

Juan, L.; Alvarez, J.; Aranaz, A.; Rodríguez, A.; Romero, B.; Bezos, J. et al. (2006): Molecular epidemiology of Types I/III strains of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis isolated from goats and cattle. In: *Veterinary microbiology* 115 (1-3), S. 102–110. DOI: 10.1016/j.vetmic.2006.01.008.

Kamerbeek, J.; Schouls, L.; Kolk, A.; van Agterveld, M.; van Soolingen, D.; Kuijper, S. et al. (1997): Simultaneous detection and strain differentiation of *Mycobacterium tuberculosis* for diagnosis and epidemiology. In: *Journal of Clinical Microbiology* 35 (4), S. 907–914. Online verfügbar unter <https://jcm.asm.org/content/35/4/907>.

Kao, S. Y. Z.; VanderWaal, K.; Enns, E. A.; Craft, M. E.; Alvarez, J.; Picasso, C.; Wells, S. J. (2018): Modeling cost-effectiveness of risk-based bovine tuberculosis surveillance in Minnesota. In: *Preventive veterinary medicine* 159, S. 1–11. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2018.08.011.

Keller, C. und Nützenadel, W. (2002): Leitlinien der Gesellschaft für Pädiatrische Gastroenterologie und Ernährung (GPGE): Chronisch-entzündliche Darmerkrankungen. Online verfügbar unter <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/068-001.htm>, zuletzt geprüft am 25.09.2019.

Kennedy D.; Marcel A.; Collins, J. D.; Desmond M. (2010) Paratuberculosis in sheep. Organism, disease, control. Wallingford, UK, Cambridge, Mass.: CABI, S. 330–343.

Khol, J. L.; Damoser, J.; Dünser, M.; Baumgartner, W. (2007): Paratuberculosis, a notifiable disease in Austria--current status, compulsory measures and first experiences. In: *Preventive veterinary medicine* 82 (3-4), S. 302–307. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.06.002.

Khol, J. L.; Wassertheurer, M.; Sodoma, E.; Revilla-Fernández, S.; Damoser, J.; Osterreicher, E. et al. (2013): Long-term detection of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis in individual and bulk tank milk from a dairy herd with a low prevalence of Johne's disease. In: *Journal of Dairy Science* 96 (6), S. 3517–3524. DOI: 10.3168/jds.2012-6466.

Khol, J. L.; Eisenberg, S.; Noll, I.; Zschöck, M.; Eisenberg, T.; Donat, K. (2019): Zweistufige Paratuberkulosebekämpfung in der Praxis: Überwachung auf Herdenebene als Basis für betriebliche Maßnahmen zur Prävalenzsenkung. In: *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere* 47 (3), S. 171–183. DOI: 10.1055/a-0896-1238.

Klee, W. (2006): Paratuberkulose (JOHNEsche\* Krankheit). In Dirksen, G.; Baumgartner, W. (2006): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 5. Aufl., unveränd. Nachdr. der 4. Aufl. Stuttgart: Parey. S. 586-590.

Kössler, J. (2011): Bericht über die 18. Österreichische Jägertagung 2012 zum Thema Jagd und Jagdzeiten - Ansprüche von Mensch und Wild ; 14. und 15. Februar 2012 LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning: LFZ.

Köhler, H.; Geue, L.; Conraths, F. J. (2003): Zur Paratuberkulose-Situation in Deutschland. In: *Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle* 1 (2003), S. 40.

Köhler, H., Hoffmann, B., Moser, I., Möbius, P. (2010). Novel probe-based real-time PCR for rapid diagnosis of bovine tuberculosis in tissue samples with suspect lesions. Poster auf der Tagung der DVG-FG Bakteriologie und Mykologie vom 22.6. bis 24.6.2010 in Jena.

Komijn, R. E.; Haas, P. E. W. de; Schneider, M. M. E.; Eger, T.; Nieuwenhuijs, J. H. M.; van den Hoek, R. J. et al. (1999): Prevalence of *Mycobacterium avium* in Slaughter Pigs in The Netherlands and Comparison of IS1245 Restriction Fragment Length Polymorphism Patterns of Porcine and Human Isolates. In: *Journal of Clinical Microbiology* 37 (5), S. 1254–1259.

Kopečna, M., und Lamka, J. (Hg.) (2005): A typical hosts and vectors of *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis*. Proceedings of the 8th International Colloquium on Paratuberculosis.

Kudahl, A. B.; Nielsen, S. S.; Ostergaard, S. (2011): Strategies for time of culling in control of paratuberculosis in dairy herds. In: *Journal of Dairy Science* 94 (8), S. 3824–3834. DOI: 10.3168/jds.2010-3933.

Kumar, V.; Abbas, A. K.; Aster, J. C. (Hg.) (2013): Robbins basic pathology. Unter Mitarbeit von James A. Perkins. Ninth edition. Philadelphia, PA: Elsevier, Saunders (Student consult).

Lambrecht, R. S.; Collins, M. T. (1992): *Mycobacterium paratuberculosis* factors that influence mycobactin dependence. In: *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 15 (3), S. 239–246.

Landeshauptmann Tirol (2011): Rotwild-Tbc-Bekämpfungsplan-Verordnung, Fassung vom 18.05.2019. StF: LGBl. Nr. 68/2011. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000476>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

- Landeshauptmann Vorarlberg (2016): Rotwild-Tbc-Verordnung vom 08.01.2019. StF: LGBI.Nr. 88/2016. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20001103>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- Larsen, A. B.; Merkal, R. S.; Vardaman, T. H. (1956): Survival time of Mycobacterium paratuberculosis. In: *American Journal of Veterinary Research* 17 (64), S. 549.
- Larsen, A. B.; Stalheim, O. H.; Hughes, D. E.; Appell, L. H.; Richards, W. D.; Himes, E. M. (1981): Mycobacterium paratuberculosis in the semen and genital organs of a semen-donor bull. In: *Journal of the American Veterinary Medical Association* 179 (2), S. 169–171.
- Leonhard-Marek, S. (2015): Physiologie der Haustiere. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Hg. v. Wolfgang von Engelhardt, Gerhard Breves, Martin Diener und Gotthold Gäbel. Stuttgart: Enke.
- Lindheim, D., und Sølverød, L. (2016): The Norwegian healthier goats project. Ustainable goat breeding and goat farming in central and eastern European countries.
- Losinger, W. C. (2006): Economic impacts of reduced milk production associated with epidemiological risk factors for Johne's disease on dairy operations in the USA. In: *The Journal of Dairy Research* 73 (1), S. 33–43. DOI: 10.1017/S0022029905001378.
- Lovell, R.; Levi, M.; Francis, J. (1944): Studies on the survival of Johne's bacilli. In: *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics* 54, S. 120–129. DOI: 10.1016/S0368-1742(44)80013-3.
- Lu, Z.; Mitchell, R. M.; Smith, R. L.; van Kessel, J. S.; Chapagain, P. P.; Schukken, Y. H.; Grohn, Y. T. (2008): The importance of culling in Johne's disease control. In: *Journal of Theoretical Biology* 254 (1), S. 135–146. DOI: 10.1016/j.jtbi.2008.05.008.
- Machackova, M.; Svastova, P.; Lamka, J.; Parmova, I.; Liska, V.; Smolik, J. et al. (2004): Paratuberculosis in farmed and free-living wild ruminants in the Czech Republic (1999-2001). In: *Veterinary microbiology* 101 (4), S. 225–234. DOI: 10.1016/j.vetmic.2004.04.001.
- Mader, C. (2016): Paratuberkuloseprojekt in Tirol. T-TGD Tiroler Tiergesundheitsdienst, 2016. Online verfügbar unter <https://www.tgd.at/netautor/napro4/wrapper/media.php?filename=archive%3D%2F2016.04.20%2F1461152929.pdf&rn=%D6TGD%20Vortrag%20Mader%20Paratuberkuloseprojekt%20Tirol.pdf>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.



- Morris, R. S.; Pfeiffer, D.U.; Jackson R. (1994): The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infections. In: *Veterinary microbiology* 40 (1), S. 153–177. DOI: 10.1016/0378-1135(94)90053-1.
- Moser, I.; Köhler, H.; Menge, C. (2014): Die Tuberkulose des Rindes – überraschend wieder oder immer noch präsent? In: *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Großtiere / Nutztiere* 42, S. 240–249. DOI: 10.1055/s-0038-1623230.
- Neill, S. D.; Hanna, J.; O'brien, J. J.; McCracken, R. M. (1988): Excretion of *Mycobacterium bovis* by experimentally infected cattle. In: *The Veterinary record* 123 (13), S. 340–343.
- Nielsen, S.S; Thamsborg, S.M; Houe, H.; Bitsch, V. (2000): Bulk-tank milk ELISA antibodies for estimating the prevalence of paratuberculosis in Danish dairy herds. In: *Preventive veterinary medicine* 44 (1), S. 1–7. DOI: 10.1016/S0167-5877(00)00098-2.
- Nielsen, S. S.; Toft, N. (2008): Ante mortem diagnosis of paratuberculosis: A review of accuracies of ELISA, interferon- $\gamma$  assay and faecal culture techniques. In: *Veterinary microbiology* 129 (3), S. 217–235. DOI: 10.1016/j.vetmic.2007.12.011.
- Nigsch, A. (2016): Information über Herausforderungen in der Tbc-Bekämpfung Auszug aus der Expertise, 2016. Online verfügbar unter [http://www.vjagd.at/wp-content/uploads/tbcrotwild\\_information\\_an.pdf](http://www.vjagd.at/wp-content/uploads/tbcrotwild_information_an.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- Nigsch, A.; Glawischnig, W.; Bagó, Z.; Greber, N. (2018): *Mycobacterium caprae* Infection of Red Deer in Western Austria-Optimized Use of Pathology Data to Infer Infection Dynamics. In: *Frontiers in veterinary science* 5, S. 350. DOI: 10.3389/fvets.2018.00350.
- Nöbl, J. (2018): Maßnahmenplan für das Jagdjahr 2018/2019. zur Bekämpfung der Tbc im Rotwildraum 2 in den Hegegemeinschaften 2.1, 2.2 und 2.3 sowie im Rotwildraum 3 in den Hegegemeinschaften 3.1 und 3.2. Hg. v. Bezirkshauptmannschaft Bludenz Vorarlberg. Bludenz. Online verfügbar unter <https://docplayer.org/136749005-Massnahmenplan-fuer-das-jagdjahr-2018-2019.html>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- Offermann, U.; Bodmer, T.; Audigé, L.; Jemmi, T. (1999): Verbreitung von Salmonellen, Yersinien und Mykobakterien bei Schlachtschweinen in der Schweiz. In: *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 141 (11), S. 509–515.
- Palmer, M. V.; Stoffregen, W. C.; Carpenter, J. G.; Stabel, J. R. (2005): Isolation of *Mycobacterium avium* subsp paratuberculosis (Map) from feral cats on a dairy farm with Map-infected cattle. In: *Journal of Wildlife Management* 41 (3), S. 629–635.

Palmer, M. V.; Waters, W. R. (2006): Advances in bovine tuberculosis diagnosis and pathogenesis: what policy makers need to know. In: *Veterinary microbiology* 112 (2-4), S. 181–190. DOI: 10.1016/j.vetmic.2005.11.028.

Pate, M.; Zajc, U.; Kušar, D.; Žele, D.; Vengušt, G.; Pirš, T.; Ocepek, Matjaž (2016): *Mycobacterium* spp. in wild game in Slovenia. In: *Veterinary Journal (London, England : 1997)* 208, S. 93–95. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.10.004.

Pavlik, I.; Horvathova, A.; Dvorska, L.; Bartl, J.; Svastova, P.; Maine, R.; Rychlik, I. (1999): Standardisation of restriction fragment length polymorphism analysis for *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis. In: *Journal of Microbiological Methods* 38 (1), S. 155–167. DOI: 10.1016/S0167-7012(99)00091-3.

Pavlik, I.; Yayo A.; Fisher, O.; Matlova, L.; Svastova, P.; Bartos, M. (Hg.) (2002): Role of the external environment, plants and non-vertebrates for the spread of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis. Proceedings of the Seventh International Colloquium on Paratuberculosis. Juste RA, Geijo MV, Garrido JM Ed. Bilbao, España.

Perez, A. M.; Ward M.P.; Charmandarián, A.; Ritacco V. (2002): Simulation model of within-herd transmission of bovine tuberculosis in Argentine dairy herds. In: *Preventive veterinary medicine* 54 (4), S. 361–372. DOI: 10.1016/S0167-5877(02)00043-0.

Perez, A. M.; Ward, M. P.; Ritacco, V. (2011): Modelling the feasibility of bovine tuberculosis eradication in Argentina. In: *Revue Scientifique et Technique-OIE* 30 (2), S. 635.

Perler, L. (2014): Die Krankheit Rindertuberkulose und ihre Verbreitung. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV. Tagung Rindertuberkulose in Bern, Schweiz, 2014.

Phillips, C.J.C; Foster, C.R.W; Morris, P.A; Teverson, R. (2003): The transmission of *Mycobacterium bovis* infection to cattle. In: *Research in veterinary science* 74 (1), S. 1–15. DOI: 10.1016/S0034-5288(02)00145-5.

Pickup, R. W.; Rhodes, G.; Arnott, S.; Sidi-Boumedine, K.; Bull, T. J.; Weightman, A. et al. (2005b): *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in the catchment area and water of the River Taff in South Wales, United Kingdom, and its potential relationship to clustering of Crohn's disease cases in the city of

Pickup, R. W.; Rhodes, G.; Bull, T. J.; Arnott, S.; Sidi-Boumedine, K.; Hurley, M.; Hermon-Taylor, J. (2006): *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in lake catchments, in river

water abstracted for domestic use, and in effluent from domestic sewage treatment works: diverse opportunities for environmental cycling and human exposure. In: *Applied and environmental microbiology* 72 (6), S. 4067–4077. DOI: 10.1128/AEM.02490-05.

Pillars, R. B.; Grooms, D. L.; Gardiner, J. C.; Kaneene, J. B. (2011): Association between risk-assessment scores and individual-cow John's disease-test status over time on seven Michigan, USA dairy herds. In: *Preventive veterinary medicine* 98 (1), S. 10–18. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2010.10.001.

Pollock, J. M.; Neill, S. D. (2002): Mycobacterium bovis Infection and Tuberculosis in Cattle. In: *The Veterinary Journal* 163 (2), S. 115–127. DOI: 10.1053/tvjl.2001.0655.

Pollock, J. M.; Pollock, D. A.; Campbell, D. G.; Girvin, R. M.; Crockard, A. D.; Neill, S. D.; Mackie, D. P. (1996): Dynamic changes in circulating and antigen-responsive T-cell subpopulations post-Mycobacterium bovis infection in cattle. In: *Immunology* 87 (2), S. 236–241.

Prentice, J. C.; Fox, N. J.; Hutchings, M. R.; White, P. C. L.; Davidson, R. S.; Marion, G. (2019): When to kill a cull: factors affecting the success of culling wildlife for disease control. In: *Journal of the Royal Society, Interface* 16 (152), S. 20180901. DOI: 10.1098/rsif.2018.0901.

Primo, A. (2008): International programs and veterinary public health in the Americas--success, challenges, and possibilities. In: *Preventive veterinary medicine* 86 (3-4), S. 208–215. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2008.02.008.

Prodinger, W. M.; Brandstätter, A.; Naumann, L.; Pacciarini, M.; Kubica, T.; Boschirolì, M. L. et al. (2005): Characterization of Mycobacterium caprae isolates from Europe by mycobacterial interspersed repetitive unit genotyping. In: *Journal of Clinical Microbiology* 43 (10), S. 4984–4992. DOI: 10.1128/JCM.43.10.4984-4992.2005.

Prodinger, W. M.; Eigentler, A.; Allerberger, F.; Schönbauer, M.; Glawischnig, W. (2002): Infection of red deer, cattle, and humans with Mycobacterium bovis subsp. caprae in western Austria. In: *Journal of Clinical Microbiology* 40 (6), S. 2270–2272. DOI: 10.1128/jcm.40.6.2270-2272.2002.

Rackwitz, R. (Hg.) (2014): LBH: 7. Leipziger Tierärztekongress - Tagungsband 1. Leipziger Tierärztekongress. Leipzig: Lehmanns (Leipziger blaue Hefte, / Editoren: Reiko Rackwitz ... ; 1).

- Radunz, B. (2006): Surveillance and risk management during the latter stages of eradication: experiences from Australia. In: *Veterinary microbiology* 112 (2-4), S. 283–290. DOI: 10.1016/j.vetmic.2005.11.017.
- Ramírez-Villaescusa, A. M.; Medley, G. F.; Mason, S.; Green, L. E. (2010): Risk factors for herd breakdown with bovine tuberculosis in 148 cattle herds in the south west of England. In: *Preventive veterinary medicine* 95 (3-4), S. 224–230. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2010.03.009.
- Reddacliff, L.; Eppleston, J.; Windsor, P.; Whittington, R.; Jones, S. (2006): Efficacy of a killed vaccine for the control of paratuberculosis in Australian sheep flocks. In: *Veterinary microbiology* 115 (1-3), S. 77–90. DOI: 10.1016/j.vetmic.2005.12.021.
- Reilly, L. A.; Courtenay, O. (2007): Husbandry practices, badger sett density and habitat composition as risk factors for transient and persistent bovine tuberculosis on UK cattle farms. In: *Preventive veterinary medicine* 80 (2-3), S. 129–142. DOI:
- Rettinger, A.; Broeckl, S.; Fink, M.; Prodinger, W. M.; Blum, H.; Krebs, S. et al. (2017): The Region of Difference Four is a Robust Genetic Marker for Subtyping *Mycobacterium caprae* Isolates and is Linked to Spatial Distribution of Three Subtypes. In: *Transboundary and emerging diseases* 64 (3), S. 782–792. DOI: 10.1111/tbed.12438.
- Rossi, G.; Leo, G. A.; Pongolini, S.; Natalini, S.; Vincenzi, S.; Bolzoni, L. (2015): Epidemiological modelling for the assessment of bovine tuberculosis surveillance in the dairy farm network in Emilia-Romagna (Italy). In: *Epidemics* 11, S. 62–70. DOI: 10.1016/j.epidem.2015.02.007.
- Rossiter, C. A.; Henning, W. R. (2001): Isolation of *Mycobacterium paratuberculosis* from thin market cows at slaughter. In: *Journal of Animal Science* 79, S. 113.
- Rowe, M.T., Whan, L., Ball, H. J.; Grant, I. R. (2005): Occurrence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in raw waters in Northern Ireland. 8th Int. Colloq. on Paratuberculosis. Copenhagen, Denmark, 2005.
- Sager, M. (2015): Elementgehalte und Spurenelementgehalte in Rohmilch aus Österreich–Vergleich Almmilch–Stallmilch. In: *VDLUFA-Schriftenreihe* 70, S. 483–492.
- Scanlon, M. P.; Quinn, P. J. (2000): The survival of *Mycobacterium bovis* in sterilized cattle slurry and its relevance to the persistence of this pathogen in the environment. In: *Irish Veterinary Journal* 53 (8), S. 412–415.

Scantlebury, M.; Hutchings; Allcroft, D. J.; Harris, S. (2004): Risk of disease from wildlife reservoirs: badgers, cattle, and bovine tuberculosis. In: *Journal of Dairy Science* 87 (2), S. 330–339.

Schaik, G.; Rossiter, C. R.; Stehman, S. M.; Shin, S. J.; Schukken, Y. H. (2003): Longitudinal study to investigate variation in results of repeated ELISA and culture of fecal samples for *Mycobacterium avium* subsp paratuberculosis in commercial dairy herds. In: *American Journal of Veterinary Research* 64 (4), S. 479–484. DOI: 10.2460/ajvr.2003.64.479.

Schatz, H. (2015): Empfehlungen zur Winterfütterung von Rot- und Rehwild in Vorarlberg. In: *Vorarlberger Jagdzeitung* (September/Okttober), S. 8–10.

Schatz, H. (2018): 30 Jahre Wildökologisches Raumplanung in Vorarlberg. In: *Vorarlberger Jagdzeitung* (September/Okttober), S. 8–11.

Schliesser, T. (1970): Epidemiologie der Tuberkulose der Tiere. In: Meissner/Schmiedel, Mykobakterien und mykobakterielle Krankheiten, Bd. 4, Teil VII: VEB Gustav Fischer Verlag Jena, S. 65–180.

Schloß, A. (2000): Auswertung eines Sanierungsverfahrens zur Bekämpfung der Paratuberkulose in Rinderbeständen in Nordrhein-Westfalen (Dissertation). Hannover. Tierärztliche Hochschule Hannover.

Schoepf, K.; Prodinger, W. M.; Glawischnig, W.; Hofer, E.; Revilla-Fernandez, S.; Hofrichter, J. et al. (2012): A Two-Years' Survey on the Prevalence of Tuberculosis Caused by *Mycobacterium caprae* in Red Deer (*Cervus elaphus*) in the Tyrol, Austria. In: *ISRN veterinary science* 2012, S. 245138. DOI: 10.5402/2012/245138.

Schöpf, W., F., Prodinger, K. (2010): Zur Epizootiologie der Rindertuberkulose in Tirol – eine retrospektive Analyse. Hg. v. AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH. Sektion für Hygiene und medizinische Mikrobiologie. Online verfügbar unter [https://www.ages.at/download/0/0/acc065bfb5caa34f3bfd7f322873532d93e86d5e/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger\\_Dateien/Tuberkulose/Poster\\_TBC\\_OEGHMP\\_19\\_05\\_2010\\_02.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/acc065bfb5caa34f3bfd7f322873532d93e86d5e/fileadmin/AGES2015/Themen/Krankheitserreger_Dateien/Tuberkulose/Poster_TBC_OEGHMP_19_05_2010_02.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Schrauder A.; Ammon, A; Stark, K.; Euler, U.; Bräunig, J.; Weise E. (2003): Morbus Crohn und *Mycobacterium avium* ssp. paratuberculosis – Literaturstudie. Robert Koch Institut.

Schulz, W. (1976): Mykobakteriose des Schweines. In: *Monatshefte fuer Veterinarmedizin*. zuletzt geprüft am 15.06.2019 unter <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302475226>

Schwarz, Anna (2012): Untersuchung zur Bedeutung und zum Vorkommen von *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* bei Rothirschen in Bayern. Dissertation. Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Selbitz, H. J. (2007): in Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. Rolle, Michael; Mayr, Anton; Büttner, Mathias. 8., überarb. Aufl. Stuttgart: Enke.

Sirimalaisuwan, A. (2004): Molekularbiologische Untersuchungen über *Mycobacterium avium*-intracelluläre Komplex (MAIC) isoli land. Diss. Vet. Med., FU Berlin.

Siew, C.; Bernstein, C. N.; Vatn, M. H.; Lakatos, P. Laszlo; L., Edward V.; Tysk, C. et al. (2013): Geographical variability and environmental risk factors in inflammatory bowel disease. In: *Gut* 62 (4), S. 630–649. DOI: 10.1136/gutjnl-2012-303661.

Smit, G. S. A.; Apers, L.; Arrazola, O. W.; Beutels, P.; Dorny, P.; Forier, A. et al. (2017): Cost-effectiveness of screening for active cases of tuberculosis in Flanders, Belgium. In: *Bulletin of the World Health Organization* 95 (1), S. 27–35. DOI: 10.2471/BLT.16.169383.

Smith, G. C. (2005): Modelling bovine tuberculosis in wildlife and cattle. In: *Progress in tuberculosis research. Nova Science, New York*, S. 249–280.

Smith, G. C.; Bennett, R.; Wilkinson, D.; Cooke, R. (2007): A cost-benefit analysis of culling badgers to control bovine tuberculosis. In: *The Veterinary Journal* 173 (2), S. 302–310. DOI: 10.1016/j.tvjl.2005.11.017.

Smith, G. (2005): Modelling bovine tuberculosis in wildlife and cattle. In: S. 249–280.

Smith, R. L.; Al-Mamun, M. A.; Gröhn, Y. T. (2017): Economic consequences of paratuberculosis control in dairy cattle: A stochastic modeling study. In: *Preventive veterinary medicine* 138, S. 17–27. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2017.01.007.

Smith N. H. (2008): Bovine TB: don't get rid of the cat because the mice have gone. In: *Nature* (Vol 456), S. 700.

Smithe, L. T. (2005): Focus on tuberculosis research. New York: Nova Biomedical Books.

- Sodoma, H., Mitterhuemer, T. und Dünser, G. (2017): Paratuberkulose beim kleinen wiederkäuer Bedeutung Diagnostik und Bekämpfung in Österreich. In: *Klauentierpraxis* (25), S. 113–117, zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- Sorge, U. (2013): Paratuberkulose - ein Update zur Epidemiologie und zu Kontrollansätzen. In: *veterinär spiegel* 23 (03), S. 122–126. DOI: 10.1055/s-0033-1350776.
- Søren N. S. (2009): Programmes on paratuberculosis in Europe. In: *Proceedings of the 10th International Colloquium on Paratuberculosis*, S. 101–108.
- Søren N. S. (2005): 8th International Colloquium on Paratuberculosis: Program and Abstracts.
- Søren N. S. (2011): Dairy farmers' reasons for participation in the Danish control programme on bovine paratuberculosis. In: *Preventive veterinary medicine* 98 (4), S. 279–283. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2010.12.005.
- Søren N. S.; Toft, N. (2009): A review of prevalences of paratuberculosis in farmed animals in Europe. In: *Preventive veterinary medicine* 88 (1), S. 1–14. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2008.07.003.
- Spahr, U.; Schaefroth, K. (2001): Fate of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in Swiss hard and semihard cheese manufactured from raw milk. In: *Applied and environmental microbiology* 67 (9), S. 4199–4205.
- Stanitznig, A.; Khol, J. L.; Lambacher, B.; Franz, S.; Wittek, T.; Kralik, P. et al. (2017): Prevalence of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis and hepatitis E in New World camelids in Austria. In: *The Veterinary record* 181 (2), S. 46. DOI: 10.1136/vr.104246.
- Steber, U. (2014): Epidemiologische Beschreibung des Monitoring-Programmes zur bovinen Tuberkulose im Allgäu von 2007 bis 2010. Dissertation. Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- Stephan, R., Schumacher, S., Grant, I. und T. Tasara (2006): Prevalence and persistence of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis (MAP) in raw milk cheeses collected at retail level in Switzerland. 47. Tagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, 26.-29.09.2006. Garmisch-Partenkirchen, 2006.
- Stephans, L.R. und Aukema, R. (1989): in Milner, Andrew R. Johne's disease. Current trends in research, diagnosis and management. Melbourne: CSIRO, S. 9 - 13.

- Sternberg, S., Bölske, G., Robertsson, J. A., Olsson, S. O., & Viske, D. (2002). Screening of Swedish dairy farms for paratuberculosis. In *Proceedings of the 7th International Colloquium on Paratuberculosis*. International Association for Paratuberculosis, Bilbao, Spain (pp. 105-106).
- Sternberg, S. und Viske, D. (2003): Control strategies for Paratuberculosis in Sweden. *Acta. Vet. Scand.* 44: 247-249
- Sternberg, L. S., Larsson, B., Melin, L. und Bölske, G. (2005): Screening the Swedish sheep population for Paratuberculosis. 8th Int. Colloq. on Paratub., 14.-18. August 2005, Kopenhagen, Dänemark
- Sternberg, H.; Viske, R.; Bölske, T.; Larsson, L. (2007): Control programme for paratuberculosis in Swedish beef herds. Zugl.: Uppsala, Swedish Univ. of Agricultural Sciences, Diss., 2002. Uppsala: SLU/Repro (*Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Veterinaria*, 123).
- Stott, A. W.; Jones, G. M.; Humphry, R. W.; Gunn, G. J. (2005): Financial incentive to control paratuberculosis (Johne's disease) on dairy farms in the United Kingdom. In: *The Veterinary record* 156 (26), S. 825–831. DOI: 10.1136/vr.156.26.825.
- Sung, N.; Collins, M. T. (2000): Effect of three factors in cheese production (pH, salt, and heat) on *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis viability. In: *Applied and environmental microbiology* 66 (4), S. 1334–1339. DOI: 10.1128/aem.66.4.1334-1339.2000.
- Sung, N. und Collins, M. T. (1998): Thermal Tolerance of *Mycobacterium paratuberculosis*. In: *Applied and environmental microbiology* 64 (3), S. 999–1005. Online verfügbar unter <https://aem.asm.org/content/aem/64/3/999.full.pdf>.
- Supply, P.; Allix, C.; Lesjean, S.; Cardoso-Oelemann, M.; Rüsch-Gerdes, S.; Willery, E. et al. (2006): Proposal for standardization of optimized mycobacterial interspersed repetitive unit-variable-number tandem repeat typing of *Mycobacterium tuberculosis*. In: *Journal of Clinical Microbiology* 44 (12), S. 4498–4510. DOI: 10.1128/JCM.01392-06.
- Sweeney, R. W.; Whitlock, R. H.; Rosenberger, A. E. (1992): *Mycobacterium paratuberculosis* cultured from milk and supramammary lymph nodes of infected asymptomatic cows. In: *Journal of Clinical Microbiology* 30 (1), S. 166–171.

Tarasova, L. G. (2019): The impact of the deletion of the MMP-1 gene on the expression of symptoms and the effectiveness of treatment in patients with pulmonary tuberculosis. In: *imm* 8 (4), S. 582. DOI: 10.15789/2220-7619-2018-4-6.51.

Tasara, T., Bosshard, C. und Stephan, R. (2006): *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis prevalence studies in bulk tank raw milk and slaughtered healthy dairy cows in Switzerland using an F57 sequence-based real-time PCR assay. University of Zurich.

Thomson, K. S.; Sutton, M.; Thomas, B. (2003): A larval Devonian lungfish. In: *Nature* 426 (6968), S. 833–834. DOI: 10.1038/nature02175.

Tirpitz, R. und Adler, F. (2004): Innere Medizin. in CLASSEN, M., Diehl, V. und Kochsiek, K. In: Urban & Fischer Verlag (5), S. 1214–1223.

Tschopp, R.; Schelling, E.; Hattendorf, J.; Aseffa, A.; Zinsstag, J. (2009): Risk factors of bovine tuberculosis in cattle in rural livestock production systems of Ethiopia. In: *Preventive veterinary medicine* 89 (3-4), S. 205–211. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2009.02.006.

Trangadia, B. J.; Bronsvort, I. H.; Handel, I. G.; Nagmani, K.; Rana, S. K.; Chandran, Dev; Srinivasan, V. A. (2014): Evaluation of single intra-dermal test and commercial ELISA for diagnosis of paratuberculosis in Indian cattle population. In: *Indian Journal of Animal Sciences* 84 (6), S. 624–628.

Trautwein, G. (2006): Tuberkulose. In Dirksen, G.; Baumgartner, W. (2006): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 5. Aufl., unveränd. Nachdr. der 4. Aufl. Stuttgart: Parey. S. 1229–1237.

Vendrame, F. B.; Amaku, M.; Ferreira, F.; Telles, E. O.; Grisi-Filho, J. Henrique H.; Gonçalves, V.; Salvador P. et al. (2016): Epidemiologic characterization of bovine tuberculosis in the State of Rondônia, Brazil. In: *SCA* 37 (5Supl2), S. 3639. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3639.

Vercauteren, K. C.; Lavelle, M. J.; Phillips, G. E. (2008): Livestock Protection Dogs for Detering Deer From Cattle and Feed. In: *Journal of Wildlife Management* 72 (6), S. 1443–1448. DOI: 10.2193/2007-372.

Vill, M. (2009): Möglichkeiten des Einsatzes von Umweltkotproben zur Diagnose der Paratuberkulose in österreichischen Milchviehbetrieben. Dissertation. Veterinärmedizinische Universität Wien, Wien. Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin.

Vorarlberger Jägerschaft (Hg.) (2016): Positionspapier der Vorarlberger Jägerschaft zum Problem der Tuberkulose. Online verfügbar unter <http://www.vjagd.at/wp-content/uploads/Positionspapier-TBC-der-Vorarlberger-Jaegerschaft.pdf>, zuletzt geprüft am 10.09.2019.

Walter, G.; Steineck, T.; Spargser, J. (2006): Infektions caused by mycobacterium avium subspecies avium, hominissuis, and paratuberculosis in free-ranging red deer (cervus elaphus hippelaphus) in austria, 2001–2004. In: *Journal of Wildlife Diseases* 42 (4), S. 724–731. DOI: 10.7589/0090-3558-42.4.724.

Weber, M. F.; van Roermund, H. J. W.; Vernooij, J. C. M.; Kalis, C. H. J.; Stegeman, J. A. (2006): Cattle transfers between herds under paratuberculosis surveillance in The Netherlands are not random. In: *Preventive veterinary medicine* 76 (3-4), S. 222–236. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2006.05.005.

Weber, M. F.; Groenendaal, H.; Roermund, H. J. W.; Nielen, M. (2004): Simulation of alternatives for the Dutch Johne's disease certification-and-monitoring program. In: *Preventive veterinary medicine* 62 (1), S. 1–17. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2003.11.006.

Weber, A., Schäfer-Schmidt, R., Fuchs, D., Weigl, U. (2000): Nachweis von Mycobacterium paratuberculosis in Kotproben von Rindern aus bayrischen Beständen. In: *Tierärztl. Umschau* (55), S. 97–99.

Wells, S. J.; Collins, M. T.; Faaborg, K. S.; Wees, C.; Tavoranpanich, S.; Petrini, K. R. et al. (2006): Evaluation of a Rapid Fecal PCR Test for Detection of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in Dairy Cattle. In: *Clinical and Vaccine Immunology* 13 (10), S. 1125–1130. DOI: 10.1128/CVI.00236-06.

Whan, L. B.; Grant, I. R.; Ball, H. J.; Scott, R.; Rowe, M. T. (2001): Bactericidal effect of chlorine on Mycobacterium paratuberculosis in drinking water. In: *Letters in Applied Microbiology* 33 (3), S. 227–231. Online verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1472-765x.2001.00987.x>.

Whan, L.; Ball, H. J.; Grant, I. R.; Rowe, M. T. (2005): Occurrence of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in untreated water in Northern Ireland. In: *Applied and environmental microbiology* 71 (11), S. 7107–7112. DOI: 10.1128/AEM.71.11.7107-7112.2005.

White, P. C.; Brown, J. A.; Harris, S. (1993): Badgers (Meles meles), cattle and bovine tuberculosis (Mycobacterium bovis): a hypothesis to explain the influence of habitat on the

- risk of disease transmission in southwest England. In: *Proceedings. Biological sciences* 253 (1338), S. 277–284. DOI: 10.1098/rspb.1993.0114.
- Whitlock, R. H.; Hutchinson, L. T.; Glickman, L. T.; Meinersmann, R.; Rossiter, C.; Bruce, J. et al. (1986): Paratuberculosis (Johne's disease) update. In: *Bovine Pract* 21, S. 24–30.
- Whitlock, R. H. und Buergelt, C. (1996): Preclinical and clinical manifestations of paratuberculosis (including pathology). In: *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 12 (2), S. 345–356.
- Whitlock, R.H; Wells, S.J; Sweeney, R.W; van Tiem, J. (2000): ELISA and fecal culture for paratuberculosis (Johne's disease): sensitivity and specificity of each method. In: *Veterinary microbiology* 77 (3), S. 387–398. DOI: 10.1016/S0378-1135(00)00324-2.
- Whittington, R.; Donat, K.; Weber, M. F.; Kelton, D.; Nielsen, S. S.; Eisenberg, S. et al. (2019): Control of paratuberculosis: who, why and how. A review of 48 countries. In: *BMC veterinary research* 15 (1), S. 198. DOI: 10.1186/s12917-019-1943-4.
- Whittington, R. J.; Marsh, I. B.; Reddacliff, L. A. (2005): Survival of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in dam water and sediment. In: *Applied and environmental microbiology* 71 (9), S. 5304–5308. DOI: 10.1128/AEM.71.9.5304-5308.2005.
- Whittington, R. J.; Marshall, D. J.; Nicholls, P. J.; Marsh, I. B.; Reddacliff, Leslie A. (2004): Survival and dormancy of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in the environment. In: *Applied and environmental microbiology* 70 (5), S. 2989–3004. DOI: 10.1128/aem.70.5.2989-3004.2004.
- WHO World Health Organization (2017): World TB Day 2017 TB HIV co infections soaring across Europe in five years, 2017. Online verfügbar unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/334683/PPT-WTBD.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/334683/PPT-WTBD.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- WHO World Health Organization (2019): Tuberculosis surveillance and monitoring in Europe 2019. Online verfügbar unter <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/documents/ecdc-tuberculosis-surveillance-monitoring-Europe-2018-rev1.pdf>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- Wittenbrink, M. M. (2013): Diagnostik der Rindertuberkulose: Tuberkulinisierung, Schlachthof, Labor. Institut für Veterinärbakteriologie. Universität Zürich, 2013. Online verfügbar unter <http://tvf->

avsa.ch/\_downloads/2\_M\_Wittenbrink\_28Nov2013Herbsttagung\_TVL.pdf, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

Zanella, G.; Bar-Hen, A.; Boschirolì, M-L; Hars, J.; Moutou, F.; Garin-Bastuji, B.; Durand, B. (2012): Modelling transmission of bovine tuberculosis in red deer and wild boar in Normandy, France. In: Zoonoses and public health 59 Suppl 2, S. 170–178. DOI: 10.1111/j.1863-2378.2011.01453.x.

## 8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1 Geografische Verteilung von <i>M. bovis</i> und <i>M. caprae</i> . Geografische Verteilung von Ausbrüchen der Rindertuberkulose in Deutschland vom 01.01.1995 bis 31.12.2013                                                                                     | 5  |
| Abb. 2 Untersuchung der Prävalenz von TBC beim Rotwild im alpinen Raum von 2009 bis 2012. Untersuchungsgebiet im Alpenraum mit den 22 Probenahme-Regionen und der geschätzten Prävalenz von <i>M. caprae</i> . Prävalenzbereiche werden in sechs Intervalle eingeteilt. | 8  |
| Abb. 3 Grafische Darstellung Zahl der eingesandten Verdachtsproben auf Paratuberkulose von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in Österreich.                                                                                                                  | 15 |
| Abb. 4 Grafische Darstellung der positiven Laborergebnisse von Paratuberkulose von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in Österreich.                                                                                                                          | 16 |
| Abb. 5 Grafische Darstellung der Paratuberkulose-positiven Betriebe von 2006 bis 2017 in den einzelnen Bundesländern in Österreich.                                                                                                                                     | 17 |
| Abb. 6 Übertragungs- und Verbreitungsmöglichkeiten von MAP in der Umwelt, adaptiert nach Hammer (2003).                                                                                                                                                                 | 38 |
| Abb. 7 Verlaufsformen der Rindertuberkulose.                                                                                                                                                                                                                            | 44 |
| Abb. 8 Flussdiagramm/ Flowchart der Arbeitsschritte der gezielten Literaturrecherche in den medizinischen Datenbanken von PubMed, Scopus und ISI Web of Science.                                                                                                        | 63 |
| Abb. 9 Berücksichtigte Publikationen (1996-2019) nach Land in der Weltkarte.                                                                                                                                                                                            | 65 |
| Abb. 10 Anzahl der Publikationen (1996-2019) nach Ländern.                                                                                                                                                                                                              | 66 |
| Abb. 11 Anzahl der Publikationen nach Erscheinungsjahr, differenziert nach Tuberkulose (blau), Paratuberkulose (orange) und Gesamtanzahl (grau).                                                                                                                        | 68 |
| Abb. 12 Anzahl der berücksichtigten Publikationen (1996-2019) zum Thema Tuberkulose der Rinder nach Land.                                                                                                                                                               | 70 |
| Abb. 13 Anzahl der berücksichtigten Publikationen (1996-2019) nach Land in der Weltkarte.                                                                                                                                                                               | 71 |
| Abb. 14 Anzahl der berücksichtigten Publikationen zum Thema Tuberkulose der Rinder nach Veröffentlichungsjahr.                                                                                                                                                          | 73 |

Abb. 15 Anzahl der berücksichtigten Publikationen(1996-2019) der Länder in der Weltkarte.

83

Abb. 16 Anzahl der berücksichtigten Publikationen zum Schwerpunktthema Paratuberkulose der Rinder und Erscheinungszeitraum (Gruppen zu je acht Jahren von 1996 bis 2019).

84

Abb. 17 Anzahl der berücksichtigten Publikationen zum Thema Paratuberkulose der Rinder nach Veröffentlichungsjahr.

85

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1 Gemeldete <i>M. caprae</i> -Fälle beim (Haus-)Rind und Rotwild in AT                                                              | 11 |
| Tab. 2 Eingesandte Verdachtsfälle von Paratuberkulose von 2006 bis 2017<br>in den einzelnen Bundesländern in AT                          | 14 |
| Tab. 3 Vergleichende Übersicht über nationales und internationales Recht bei der<br>Bekämpfung der TBC und ParaTBC des Rindes.           | 24 |
| Tab. 4 13 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog der Jägerschaft Vorarlberg.                                                                | 26 |
| Tab. 5 Vergleichende Tabelle der klinischen Erscheinung von Rindertuberkulose und<br>Paratuberkulose bei Wiederkäuern.                   | 50 |
| Tab. 6 Kategorien des klinischen Verlaufes der Rinderparatuberkulose.                                                                    | 58 |
| Tab. 7 Vergleichende Übersicht der ante mortem und post mortem Diagnostik der<br>Rindertuberkulose und Paratuberkulose bei Wiederkäuern. | 61 |