

Aus dem
Institut für Lebensmittelhygiene
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Tiergesundheit kleiner Wiederkäuer und Verbraucherschutz hinsichtlich Milchkonsum in
El Salvador

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)
durch die Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Kristina Linderot de Cardona
aus Berlin

Leipzig, 2022

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan: Prof. Dr. Dr. Thomas Vahlenkamp

Betreuer: Prof. Dr. Peggy G. Braun

Gutachter: Prof. Dr. Peggy G. Braun, Institut für Lebensmittelhygiene,
Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig, Leipzig

Prof. Dr. Thomas Alter, Institut für Lebensmittelsicherheit und –hygiene,
Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Berlin

Tag der Verteidigung: 26.04.2022

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	II
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht	2
2.1 El Salvador und Intervention von Brucellose und Tuberkulose.....	2
2.2 Ziegenhaltung in den Tropen, Ziegenmilch und Rohmilchkonsum.....	3
2.3 <i>Brucella</i> spp.....	6
2.3.1 Taxonomie und Erregereigenschaften	6
2.3.2 Epidemiologie und Symptome bei Menschen und Tieren.....	7
2.3.3 Diagnostische Verfahren: indirekter und direkter Erregernachweis.....	9
2.4 <i>Mycobacterium</i> spp.....	11
2.4.1 Taxonomie und Erregereigenschaften	11
2.4.2 Epidemiologie und Symptome bei Menschen und Tieren.....	12
2.4.3 Diagnostische Verfahren: indirekter und direkter Erregernachweis.....	14
2.5 Caprine Arthritis-Encephalitis	17
2.5.1 Taxonomie, Erregereigenschaften, Epidemiologie und Klinik	17
2.5.2 Diagnostische Verfahren: indirekter und direkter Erregernachweis.....	18
3 Publikationen	21
3.1. First results on small ruminant brucellosis and tuberculosis and caprine arthritis-encephalitis in El Salvador	21
3.2. Goat Production in El Salvador: A Focus on Animal Health, Milking Hygiene and Raw Milk Quality	29
4 Übergreifende Diskussion	42
5 Zusammenfassung	50
6 Summary	52
7 Literaturverzeichnis	54
8 Anhang	87
Liste mit weiteren Veröffentlichungen	88
Danksagung	89

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AA	Auswärtiges Amt
AAP	American Academy of Pediatrics
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AGID	Agardiffusionstest
AG	additional group
Ag	Antigen
Ak	Antikörper
<i>B.</i>	<i>Brucella</i>
BAM	Bacteriological Analytical Manual
BCG	Bacillus Calmette Guérin
BR	Brucellose
bzw.	beziehungsweise
bspw.	beispielsweise
°C	Grad Celsius
c	kompetitive
CAE	Arthritis-Enzephalitis der Ziege
CAEV	Caprine Arthritis-Enzephalitis Virus
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CFU	colony forming unit
CIA	Central Intelligence Agency
DR	direct repeat
DNA	Desoxyribonukleinsäure
<i>E.</i>	<i>Escherichia</i>
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FDA	Food and Drug Administration
FPA	Fluoreszenz-Polarisations-Assay
g	Gramm

Abkürzungsverzeichnis

ggf.	gegebenenfalls
GKZ	Gesamtkeimzahl
i	indirekte
IFN- γ	Interferon-gamma
Ig	Immunglobulin
INDICASAT	Institute of Scientific Research and High Technology Services
k.A.	keine Angabe
Kl. Wdk	Kleine Wiederkäuer
KbE	Koloniebildende Einheit
KBR	Komplementbindungsreaktion
LPS	Lipopolysaccharid
<i>M.</i>	<i>Mycobacterium</i>
MAC	<i>Mycobacterium avium</i> complex
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá
MINSAL	Ministerio de Salud de El Salvador
MIRU	mycobacterial interspersed repetitive units
ml	Milliliter
MTC	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> complex
MVV	Maedi-Visna Virus
Nr.	Nummer
NRO	Nichtregierungsorganisation
<i>L.</i>	<i>Listeria</i>
OIE	World Organization for Animal Health
OIRSA	Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria
PCR	Polymerasekettenreaktion
PGRS	polymorphic GC rich sequenz
pH	Pondus Hydrogenii; negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen

Abkürzungsverzeichnis

PhD	Doctor of Philosophy
PPDA	Geflügeltuberkulin
PPDB	Rindertuberkulin
R-	rough
RBR	Rinderbrucellose
RBT	Rose-Bengal-Test
RFLP	restriction fragment length polymorphism
RNA	Ribonukleinsäure
RTB	Rindertuberkulose
S.	<i>Staphylococcus</i>
S-	smooth
spp.	Spezies
SPS	smallholder production systems
SRLV	small ruminant lentiviruses
TPC	total plate count
TA	Tierarzt
TB	Tuberkulose
TÄ	Tierärztin
UNDP	United Nations Development Programme
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
WAHIS	World Animal Health Information System
WHO	World Health Organization

1 Einleitung

In El Salvador hat in den letzten Jahren das Interesse an Ziegenmilch an Bedeutung gewonnen und es gibt zunehmende Beispiele von Ziegenhaltern, die ihre Tiere direkt auf der Straße melken und die Milch dort verkaufen (GARCÍA 2012, MAG 2014). Die Ziegenmilch wird dabei oft roh verzehrt und unterliegt keinen Kontrollen. Des Weiteren existiert keine offizielle Information zu der salvadorianischen Ziegenhaltung, dem Gesundheitsstatus der Ziegen sowie der Melk- und Milchhygiene. Zudem fehlen aktuelle Daten über die Population von kleinen Wiederkäuern, d.h. die Anzahl und Verteilung von Schafen und Ziegen im Land ist nicht bekannt (MAG 2014).

In El Salvador sind Brucellose (BR) sowie Tuberkulose (TB) in der Rinderpopulation nachgewiesen, aber auch kleine Wiederkäuer sind suszeptible Spezies (DIAZ APARICIO 2013, MALONE et al. 2003, NAPP et al. 2013, OIRSA 2014). Abgesehen von der Gesundheitsgefahr bei Menschen und Tieren sind diese beiden Krankheiten mit großen wirtschaftlichen Einbußen verbunden (EJEH et al. 2014, ROTH et al. 2003). BR und TB werden hauptsächlich durch den Verzehr von roher Milch auf den Menschen übertragen (KLINGER und ROSENTHAL 1997). Vor der Zeit der hier präsentierten Arbeit, gab es keine Information zu dem Infektionsgrad der oben erwähnten Seuchen bei salvadorianischen Schafen und Ziegen (MAG 2014). Die Arthritis-Enzephalitis der Ziege (CAE) ist ebenfalls eine Tierseuche mit finanziellen Verlusten in der Milchziegenwirtschaft (TURCHETTI et al. 2013). Die Krankheit ist in Mexiko endemisch und in Guatemala nachgewiesen worden (MARTÍNEZ et al. 2006, WAHIS 2019). Zum Dissertationsbeginn war der Status in El Salvador unbekannt.

Die vorgelegte Arbeit besteht daher aus zwei Zielstellungen. Zielsetzung der ersten Studie war es, das Vorkommen von BR und TB bei salvadorianischen Schafen und Ziegen sowie der Präsenz von CAE bei Ziegen in El Salvador zu ermitteln. In der zweiten Studie sollte das salvadorianische Ziegenmanagement dokumentiert werden, mit einem Schwerpunkt auf Tierhaltung und Tiergesundheit generell sowie Melkhygiene, Rohmilchqualität als auch Konsum und Vermarktung der Ziegenprodukte. Die Ergebnisse wurden in Bezug auf den Verbraucherschutz, im Zusammenhang mit Rohmilchverzehr, betrachtet.

2 Literaturübersicht

2.1 El Salvador und Intervention von Brucellose und Tuberkulose

El Salvador ist das kleinste Land Mittelamerikas mit Grenzen zu Honduras, Guatemala und dem Pazifik. Mit einer Fläche von 21.040 km² wird dieses kleine tropische Land in drei thermische Zonen eingeteilt: das Küstenflachland mit Temperaturen zwischen 28–22 °C, der Festlandssockel bis zum Fuß der Gebirgskette (22–19 °C) und die Hochebenen mit dem Gebirge und den Vulkanen, wo Temperaturen zwischen 19–10 °C herrschen (CIA 2015, MARN 2020). Die Regenperiode erstreckt sich von Mai bis Oktober mit einem durchschnittlichen Niederschlag von 1.625 mm (MAG 2011). El Salvador wird von dem Pazifischen Feuerring durchzogen d.h. es treten regelmäßige Erd- und Seebeben als auch Vulkanausbrüche auf (JORZIK 2020). El Salvador ist eines der ärmsten Länder in Lateinamerika und der Human Development Index sowie das Bruttonationaleinkommen pro Kopf liegen bei 0,667 (Rang 124, 2019) bzw. 3.820 US\$ (2018). Die Bevölkerung betrug 2018 6,4 Millionen Einwohner und die Homizidrate liegt bei 61,8 pro 100.000 Einwohner (2019) (UNDP 2019, WORLD BANK 2018). In El Salvador ist die Gewalt rate sehr hoch und die größte Gefahr geht von kriminellen Banden (Maras) aus (AA 2020).

Der stärkste Tierproduktionssektor im Land ist die Rinderpopulation und die Zoonosen BR und TB sind bei salvadorianischen Rindern nachgewiesen. Für diese Spezies existiert ein Bekämpfungsprogramm, das vom Dekret Nr. 19 geregelt wird. Es wird daran gearbeitet, den Status brucellose- sowie tuberkulosefrei zu erzielen und als erster Schritt soll ein Gebiet im Osten des Landes frei von den Krankheiten erklärt werden (MAG 2011, OIRSA 2014). Im Dekret Nr. 19 ist festgesetzt, dass Rinder im Rahmen des Bekämpfungsprogramm mittels Rose-Bengal-Test und dem Tuberkulin-Hauttest untersucht werden sollen. Tiere, die eine positive oder zweifelhafte Reaktion aufweisen, werden mit einem Brandzeichen gekennzeichnet und an einem designierten Schlachthof getötet sowie *post mortal* untersucht. Suszeptible Spezies sowie kleine Wiederkäuer und Schweine, die sich auf dem gleichen Gelände befinden wie Rinder im Bekämpfungsprogramm, sollen auch getestet werden (ANON. 1980). In der Praxis werden Schafe und Ziegen nicht untersucht, d.h. sie sind nicht in das Bekämpfungsprogramm mit einbezogen. Desgleichen werden keine Bestätigungstests (Komplementbildungsreaktion und Tuberkulin-Simultantest) an positiven Tieren vorgenommen, auch wenn das Dekret. Nr. 19 dies vorsieht (ANON. 1980, MAG 2014).

2.2 Ziegenhaltung in den Tropen, Ziegenmilch und Rohmilchkonsum

Die Ziege ist das erste Haussäugetier, das domestiziert wurde und mehr als 90 % der Ziegenpopulation weltweit werden in Entwicklungsländern, von der ärmsten Sozialschicht, gehalten (BOYAZOGLU et al. 2005). Dabei ist die Kleinbäuerliche Tierhaltung (smallholder production system, SPS) die am weitesten verbreitete Haltungsform und dient hauptsächlich der Selbstversorgung sowie dem Verkauf von Milch und Fleisch (KOSGEY und OKEYO 2007, SEIFERT 1992). In Lateinamerika basiert die SPS auf Weidehaltung und kennzeichnend für diese Produktionsform ist die Haltung von zwei -15 Tieren, die meistens mit anderen Tierarten zusammengehalten werden. Das Fehlen an Ressourcen unterbindet eine Intensivierung bzw. Spezialisierung des Haltungssystems (DEVENDRA 2001). Ziegen eignen sich hervorragend für die SPS, da sie günstig in der Anschaffung sowie der Unterhaltung sind, als auch sehr anpassungsfähig bezüglich Unterfütterung und Wassermangel (BOYAZOGLU et al. 2005, KOSGEY und OKEYO 2007). Im Vergleich zu den kühleren Klimazonen ist die Milchleistung bei Ziegen, die in einem warmen tropischen Klima gehalten werden, niedriger. Dies beruht nicht nur auf dem direkten Einfluss des Klimas, sondern auch auf einen schlechteren Nährwert des Futters, fehlender Kraftfutterfütterung und einer höheren Inzidenz an Krankheiten sowie Parasiten (SILVA et al. 2014). Allgemein ist Parasitenbefall der meist limitierende Faktor in der tropischen Ziegenwirtschaft (HOSTE et al. 2005, SILVA et al. 2014). Einheimische Ziegenrassen sind in den Tropen asaisonal, im Vergleich zu importierten Milchrassen, die auch in den Tropen eine Saisonalität aufweisen. Als größter positiver Einfluss auf die Fertilität wird die jährliche Regenperiode und mit ihr die bessere Futterverfügung, genannt (GALINA et al. 1995, SILVA et al. 1998).

In El Salvador wird Ziegenmilch hauptsächlich von Menschen aus der ärmsten Bevölkerungsschicht verzehrt und 64,8 % der salvadorianischen Haushalte leben in Armut (MAG 2014, UNICEF 2015). Ziegenmilch besteht durchschnittlich aus 3 - 5 % Fett, 4 % Laktose und 2 - 4 % Protein. Die Milchzusammensetzung ist unter anderem abhängig von der Fütterung, Rasse, Anzahl der Laktationen, dem Haltungssystem sowie dem Gesundheitszustand des Euters (PARK et al. 2007). Ziegenmilchfett ist leichter verdaulich aufgrund kleinerer Fettkügelchen im Vergleich zu denen in Kuhmilch. Darüber hinaus trägt auch der höhere Anteil an kurzkettigen Triglyceriden zur besseren Verdaulichkeit des Ziegenmilchfettes bei. Ziegenmilchprotein ist reich an essentiellen Aminosäuren und bei Personen mit Kuhmilchallergie vertragen bis zu 40 % der Patienten Ziegenmilch (HAENLEIN 2004, RAYNAL-LJUTOVAC

Literaturübersicht

et al. 2008). Im Vergleich zu Kuhmilch besitzt Ziegenmilch über eine höhere Bioverfügbarkeit des vorhandenen Eisens. Sie ist aber Folsäure und Vitamin B₁₂ arm und kann bei einer unausgewogenen Ernährung zu „Ziegenmilchanämie“ führen (PARK et al. 2007, RAYNAL-LJUTOVAC et al. 2008). Die Milch in der Euterzisterne ist beim gesunden Tier im Prinzip keimfrei und erst beim Passieren des Strichkanals wird die Milch mit kommensalen Bakterien besiedelt (LEJEUNE und RAJALA-SCHULTZ 2009). Die mikrobiologische Beschaffenheit von roher Ziegenmilch beträgt im Normalfall $2,5 \times 10^4 - 3,9 \times 10^5$ KbE/ml und wird unter physiologischen Bedingungen von Laktobazillen dominiert (EFSA 2015). In El Salvador wird die Ziegenmilch des Öfteren roh getrunken und häufig direkt frisch gemolken auf der Straße verkauft. Ein Becher (ca. 150 ml) Ziegenmilch kostet zwischen 0,50 – 1 US\$ und ist im Vergleich zu Kuhmilch [0,25 US\$ die Flasche (ca. 250 ml)] relativ teuer (GARCÍA 2012, MAG 2014).

Rohmilchkonsum ist in Entwicklungsländern und bei Familien und Arbeitern von landwirtschaftlichen Betrieben sehr häufig (JAYARAO et al. 2006, SWAI und SCHOONMAN 2011). Darüber hinaus steigt bei einigen Bevölkerungsgruppen das Interesse an Rohmilchkonsum, da unerhitzte Milch als schmackhafter und gesünder gilt sowie ihr eine heilende Wirkung gegen Krebs, Herz- und Nierenerkrankung, Laktoseintoleranz und Milchallergie zugeschrieben wird. Wissenschaftliche Studien haben aber den kurierenden Effekt von unpasteurisierter Milch nicht bestätigt (AAP 2014, HEADRICK et al. 1997, JAYARAO et al. 2006, LEJEUNE und RAJALA-SCHULTZ 2009). Lebensmittelintoxikationen und Erkrankungen durch die Aufnahme von pathogenen Keimen wie z.B. *Salmonella* spp., Shiga-toxinbildende *Escherichia (E) coli*, *Brucella (B) abortus*, *B. melitensis*, *Listeria (L) monocytogenes*, *Mycobacterium (M) bovis* sowie *Staphylococcus (S) aureus* sind nachgewiesenermaßen mit Rohmilchkonsum verbunden (EFSA 2015). Diese können besonders schwere Folgen bei immunsupprimierten Personen, Kindern und schwangeren Frauen haben (POPOVIC-VRANJES et al. 2015). Viele Rohmilchkonsumenten sind sich dieser Gefahren nicht bewusst (GUH et al. 2010, PIERI et al. 2014). Die Pasteurisierung der Milch ist ein schonender Vorgang um eventuelle pathogene Keime abzutöten ohne die ursprüngliche Milchezusammensetzung zu verändern (LEJEUNE und RAJALA-SCHULTZ 2009, POPOVIC-VRANJES et al. 2015).

L. monocytogenes, *Salmonella* spp. und *E. coli* sind Teil der natürlichen Darmflora von Säugetieren (ANDINO und HANNING 2015, BARTELS 2014, BEMRAH et al. 1998). *S. aureus* kommt ubiquitär auf der Haut sowie Schleimhaut von Tieren und Menschen vor (JØRGENSEN et al. 2005). Diese pathogenen

Literaturübersicht

Keime verursachen beim Menschen im Normalfall eine Gastroenteritis und bei immunsupprimierten Individuen kann es zu schwerwiegenden Krankheiten führen (EL-TAYEB et al. 2017, GUH et al. 2010, JØRGENSEN et al. 2005, SWAMINATHAN und GERNER-SMIDT 2007).

Der Mensch infiziert sich unter anderem durch den Verzehr von Rohmilch und Rohmilchprodukten. Milch wird meistens durch ein unhygienisches Handling beim Melken und durch unsaubere Weiterverarbeitung kontaminiert (GAYA et al. 1996, GUH et al. 2010, MAZUREK et al. 2004, MEYER-BROSETA et al. 2003, SPANU et al. 2013). In El Salvador sind keine Daten zum Vorkommen der erwähnten Keime in Milch und Milchprodukten vorhanden (MAG 2014). In Tabelle 1 werden Nachweisraten von *L. monocytogenes*, *E. coli*, und *S. aureus* in Rohmilchkäse aber auch Rohmilch aus lateinamerikanischen Studien vorgestellt. *Salmonella* spp. wurden in mehreren Studien mituntersucht, aber nicht detektiert (ARAYA et al. 2008, SOTO BELTRAN et al. 2015, VELÁSQUEZ LÓPEZ et al. 2008).

Tabelle 1: Prävalenzen von *L. monocytogenes*, *E. coli*, und *S. aureus* in Rohmilch und Rohmilchkäse in Lateinamerika

Land	Produkt	Erreger	Prävalenz	Literaturquelle
Costa Rica	Rohmilch ¹	<i>S. aureus</i>	24,0 %	(ARAYA et al. 2008)
Guatemala	Rohmilchkäse ²	<i>E. coli</i>	5,0 %	(VELÁSQUEZ LÓPEZ et al. 2008)
Mexiko	Rohmilchkäse ²	<i>S. aureus</i>	56,4 %	(ADAME-GÓMEZ et al. 2018)
Mexiko	Rohmilchkäse ²	<i>E. coli</i>	40,0 %	(ROSA-HERNÁNDEZ et al. 2018)
Mexiko	Rohmilchkäse ²	<i>L. monocytogenes</i>	9,3 %	(SOTO BELTRAN et al. 2015)
		<i>E. coli</i>	94,0 %	
Kolumbien	Rohmilch ²	<i>L. monocytogenes</i>	3,0 %	(CARRASCAL CAMACHO et al. 2007)
Kolumbien	Rohmilch ¹	<i>L. monocytogenes</i>	3,0 %	(ALBARRACÍN et al. 2008)
Kolumbien	Rohmilchkäse ²	<i>L. monocytogenes</i>	27,0 %	(OCAMPO IBÁÑEZ et al. 2019)
Peru	Rohmilchkäse ²	<i>L. monocytogenes</i>	4,1 %	(ESPINOZA et al. 2004)

¹ Ziegenmilch, ² Kuhmilch

Neben diesen Erregern besteht für Konsumenten in El Salvador ein deutlich höheres Risiko als in Europa, dass auch Brucellose und Tuberkulose mit der Milch übertragen werden. Diese beiden Zoonosen werden daher in den nächsten beiden Kapiteln beschrieben, da die Erfassung dieser Krankheiten im Fokus der Dissertation stand.

2.3 *Brucella* spp.

2.3.1 Taxonomie und Erreger Eigenschaften

Die Gattung *Brucella* gehört zur Familie *Brucellaceae* in der Ordnung *Rhizobiales* (FICHT 2010). Zehn Spezies zählen zur Gattung *Brucella*, die in sechs „klassische“ (*B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*, *B. ovis*, *B. canis*, *B. neotomae*) und vier „neue“ Spezies (*B. pinnipedialis*, *B. ceti*, *B. microti*, *B. inopinata*) unterteilt werden. Diese Einteilung beruht auf dem Wirtsspektrum und der Pathogenität der jeweiligen Spezies (GODFROID et al. 2010, PAPPAS 2010). Anhand des kulturellen Wachstums und der serologischen Eigenschaften werden *B. abortus* (Biovar 1 - 7,9) und *B. melitensis* (Biovar 1 - 3) in verschiedene Biovare unterteilt (QUINN et al. 2011).

Brucella spp. sind nicht sporenbildende, unbewegliche, gramnegative, fakultativ intrazelluläre Stäbchen (ROMICH 2008). Der Erreger lässt sich rot anfärben mittels modifizierter Ziehl-Neelsen-Färbung nach Stamp. Unter günstigen Bedingungen (pH > 4, kühl, dunkel, feucht, in Abortmaterial, Plazenta, Urin, Kot und Wolle) können Brucellen über mehrere Monate überleben und ihre Infektiosität erhalten (COELHO et al. 2014). Die meisten *Brucella* Arten wachsen aerob auf selektiven Nährmedien (Pferdeblut-supplementierter *Brucella*-Agar, Trypton-Soja-Agar, Tryptose-Agar) mit Antibiotika, um das Wachstum unerwünschter Mikroorganismen zu unterdrücken (SELBITZ et al. 2011). Die angezüchteten Kolonien weisen eine S- oder R-Morphologie auf, abhängig von der Lipopolysaccharid (LPS)- Struktur in der Zellmembran. Die LPS ist ein wichtiger Virulenzfaktor von *Brucella* spp. (WHATMORE 2009). Zu der R-Form zählen nur *B. ovis* und *B. canis*, alle anderen Spezies wachsen natürlich in der S-Form, dessen strukturelle Unterschiede der LPS in Abortus - und Melitensis- Antigene eingeordnet werden. Die Biovare von *B. abortus* und *B. melitensis* exprimieren unterschiedliche Mengen der Abortus- und Melitensis-Antigene, was für die taxonomische Einteilung von Bedeutung ist (SELBITZ et al. 2011).

2.3.2 Epidemiologie und Symptome bei Menschen und Tieren

Viele Säugetiere, unter anderem auch der Mensch, sind von *Brucellae* betroffen und jede Erregerspezies hat einen bevorzugten Hauptwirt, infiziert aber auch verschiedene Zufallswirte (GODFROID et al. 2014). *B. abortus* ist der Haupterreger der bovinen BR und befällt hauptsächlich Rinder, Büffel, Bisons, Kamele und Rothirsche. In endemischen Gebieten, bei gemeinsamer Haltung von verschiedenen Tierspezies, sind auch Infektionen mit *B. abortus* bei Schafen, Ziegen, Neuweltkameliden, Schweinen, Hunden und Pferden beschrieben (CFSPH 2018a, DAVIS und ELZER 2002, DIAZ APARICIO 2013, RHYAN et al. 2001). Schafe und Ziegen sind die bevorzugten Wirte von *B. melitensis*, dem Haupterreger der BR bei kleinen Wiederkäuern. Zu den Nebenwirten zählen Rinder, Schweine, Kamele und Hunde (CFSPH 2018d, GAROFOLO et al. 2013, GODFROID et al. 2014, LEYLA et al. 2003). *B. ovis* verursacht Nebenhodenentzündungen bei Schafböcken und wurde als natürliche Infektion (außer beim Schaf) nur bei in Gehege gehaltenen Rothirschen nachgewiesen. Rinder und Ziegen konnten nur unter experimentellen Bedingungen infiziert werden (CFSPH 2018c, OIE 2019a). Der Mensch dient für verschiedene *Brucella* spp. auch als Nebenwirt. Die wichtigsten Zoonoseerreger sind *B. melitensis*, *B. suis* und *B. abortus* (FERNÁNDEZ CAMACHO und GÓMEZ VILLALOBOS 2009, GÜL et al. 2014).

BR erkrankte Menschen entwickeln eine multisystemische Krankheit mit Symptomen wie Fieber, Kopfschmerzen, Gliederschmerzen, Erbrechen, Diarrhoe sowie Obstipation. Diese kann auch zu Komplikationen wie Arthritis und Endokarditis führen (KÖSE et al. 2014). Die häufigsten Infektionsquellen sind der Verzehr von rohen Milch- und Fleischprodukten sowie der enge Kontakt mit infizierten Tieren (GÜRISOY et al. 2015). Das klinische Erscheinungsbild der BR bei weiblichen Wiederkäuern, äußert sich vor allem in Aborten im letzten Drittel der Trächtigkeit sowie Geburten von lebensschwachen Lämmern und Kälbern. Der Erreger wird massiv mit der Plazenta und abortierten Feten ausgeschieden. Auch geschlechtsreife, nicht tragende Ziegen, Schafe und Kühe, infizieren sich und scheiden asymptomatisch, über Vaginalsekret, Bakterien aus (CFSPH 2018b, DIAZ APARICIO 2013). Kleine Wiederkäuer sind meistens auch von einer subklinischen Mastitis betroffen und scheiden vermehrt Brucellen über die Milch aus. Böcke können von einer einseitigen Orchitis und Epididymitis betroffen sein, was zur Infertilität führt (DIAZ APARICIO 2013, RADOSTITS und DONE 2007). In vielen Ländern, auch in El Salvador, besteht die Bekämpfung der BR aus Untersuchung von Herden und Keulen von positiven

Literaturübersicht

Tieren (ANON. 1980, CRESPO LEON 2012). Von Bedeutung ist, dass alle suszeptiblen Spezies in der Bekämpfung miteinbezogen sind, um keine Reservoirs zu bilden (DIAZ APARICIO 2013).

BR ist eine alte und weltweit verbreitete Zoonose, mit jährlich 500.000 gemeldeten Neuinfektionen beim Menschen (PAPPAS et al. 2006). Das Vorkommen der BR beim Menschen steht im direkten Zusammenhang mit der BR beim Tier. Als endemisch gelten der Nahe Osten, Südeuropa, Asien, Afrika und Lateinamerika (ISLAM et al. 2013). In Tabelle 2 sind Prävalenzen bei Wiederkäuern aus lateinamerikanischen Studien zusammengefasst. Der Erreger wird selten isoliert, da *Brucella* spp. sich schwer anzüchten lassen und dies mit einem hohen technischen Aufwand verbunden ist (BAMAIYI et al. 2012, LUCERO et al. 2008). Beim Menschen ist die wahre Inzidenz, aufgrund einer großen Dunkelziffer von Nichterkennung der Krankheit und fehlender medizinischer Versorgung in den betroffenen Ländern, nicht bekannt (GWIDA et al. 2010a). In El Salvador ist die Rinderbrucellose (RBR) noch endemisch, mit einer Herdenprävalenz von 7,52 % und einer Einzeltierprävalenz von 1,17 % in Rindermilchherden (MAG 2011). Isoliert wurden bisher die *B. abortus* Biovare 1 und 4 (LUCERO et al. 2008).

Tabelle 2: Übersicht über das Vorkommen von *Brucellae* bei Wiederkäuern in Lateinamerika

Land	Spezies	Erreger	Einzeltierprävalenz	Literaturquelle
Brasilien	Schaf	<i>B. ovis</i>	7,5 %	(ALVES et al. 2010)
Brasilien	Schaf	<i>B. ovis</i>	6,9 %	(ARAÚJO et al. 2013)
Brasilien	Schaf	<i>B. abortus</i>	0,0 %	(MARTINS et al. 2012)
	Ziege		0,7 %	
Brasilien	Ziege	<i>B. abortus</i>	0,5 %	(LILENBAUM et al. 2007)
Kolumbien	Kl. Wdk	<i>B. abortus</i>	1,2 %	(TIQUE et al. 2010)
Kolumbien	Rind	<i>B. abortus</i>	3,7 %	(TIQUE et al. 2009)
Mexiko	Ziege	<i>B. melitensis</i>	9,8 %	(SOLORIO-RIVERA et al. 2007)
Mexiko	Ziege	k. A.	19,0 %	(OSEGUERA MONTIEL et al. 2013)
Mexiko	Ziege	<i>B. abortus</i>	6,8 %	(ACOSTA-GONZÁLEZ et al. 2009)

Kl. Wdk kleine Wiederkäuer, k. A. keine Angabe

2.3.3 Diagnostische Verfahren: indirekter und direkter Erregernachweis

Der indirekte Nachweis einer Infektion mit *Brucella* spp. erfolgt standardmäßig über den Nachweis von Antikörpern (Ak) im Blutserum (NIELSEN 2002). Leider gibt es keinen einzelnen Standardtest, der für die *Brucella*-Diagnostik ausreichend ist, da falsch positive Reaktionen durch verschiedene Kreuzreaktionen das Ergebnis verfälschen. Verschiedene indirekte diagnostische Verfahren kommen zum Einsatz, um infizierte Tiere zu detektieren (NIELSEN et al. 2004). Die am häufigsten eingesetzten und einfachsten Screening-Tests sind der Rose-Bengal-Test (RBT) und der gepufferte Brucella-Antigen-Test (BPAT). Beide basieren auf die Verwendung von gefärbten Antigenen (Ag), die im sauren Milieu mit den im Serum vorhandenen IgG₁- Ak agglutinieren. Bei einem pH von 3,65 wird die Kreuzreaktion mit unspezifischen IgM-Ak etwas unterbunden (MUMA et al. 2007, NIELSEN 2002). Der RBT weist eine hohe Sensibilität (93 - 100 %) auf, aber eine geringere Spezifität (81 - 95 %) aufgrund falsch positiver Reaktion durch Kreuzreaktion mit unter anderem *Yersinia enterocolitica* O:9, *Escherichia coli* O:157, *Vibrio cholerae* und *Salmonella* der Gruppe N (MATOPE et al. 2011, MUMA et al. 2007, MUÑOZ et al. 2005). Im Screening mit dem RBT auf BR bei kleinen Wiederkäuern sollte das Serum-Antigen-Verhältnis bei 3:1 liegen, um eine bessere Sensibilität zu erzielen (GARIN-BASTUJI et al. 2006). *Brucella* spp. die in der R-Form wachsen können nicht im RBT nachgewiesen werden (ABDOEL et al. 2008).

Die Komplementbindungsreaktion (KBR) hat eine niedrigere Sensibilität als der RBT, aber eine höhere Spezifität und ist oft in Tilgungsprogrammen als Bestätigungstest verwendet worden (GWIDA 2010b, NIELSEN 2002). Von Nachteil ist, dass die KBR ein komplexes Verfahren darstellt, das von vielen Laboren nicht beherrscht wird. Darüber hinaus ist es eine zeitaufwändige und relativ teure Methode (MCGIVEN et al. 2003, RAMIREZ-PFEIFFER et al. 2006).

Die Enzyme-linked immunosorbent assays (ELISAs) weisen Vorteile gegenüber den anderen serologischen Nachweismethoden auf, da sie nicht einer komplexen Standardisierung unterliegen. Das Verfahren kann automatisiert werden und die Reaktion unterliegt einer objektiven Messung (SAEGERMAN et al. 2004). Der indirekte ELISA (iELISA) weist eine höhere Sensibilität als der RBT, die KBR und der kompetitive ELISA (cELISA) auf (MINAS et al. 2008, SAEGERMAN et al. 2004, SAMARTINO et al. 1999). Er eignet sich als Test um einen brucellosefreien Status zu erhalten, aber die Spezifität ist beim iELISA geringer, weil falsch positive Ergebnisse, durch Kreuzreaktionen mit den oben genannten Spezies sowie mit Ak von geimpften Tieren, vorkommen (NIELSEN et al. 2007, SAEGERMAN et al. 2004,

Literaturübersicht

SAMARTINO und ENRIGHT 1993). Der cELISA hat eine höhere Spezifität und eignet sich als Bestätigungstest bei positiv diagnostizierten Tieren (NIELSEN et al. 2004, SAMARTINO et al. 1999).

Eine relativ neue Methode ist der Fluoreszenz-Polarisations-Assay (FPA), der leicht sowie schnell auszuführen ist, eine hohe kombinierte Sensibilität und Spezifität aufweist als auch zwischen Impf-Ak und Ak von Feldinfektionen unterscheiden kann (MCGIVEN et al. 2003, RAMIREZ-PFEIFFER et al. 2006). In der *Brucella*-Diagnostik bei kleinen Wiederkäuern benötigt der FPA noch weitere Studien um aussagekräftiger zu werden (MINAS et al. 2008, RAMIREZ-PFEIFFER et al. 2006). Zu den weiteren indirekten Nachweisen dienen Tests der Tankmilch im Rahmen von Überwachungsprogrammen. Milch iELISA sind für Rinder, Schafe und Ziegen entwickelt, während der Milchringtest nur bei Rindern eingesetzt werden kann (GODFROID et al. 2010, OIE 2019b).

Der direkte Erregernachweis mittels Anzucht zählt als „Goldstandard“, auch wenn *Brucella* spp. schwer anzüchtbar sind und somit das Verfahren eine niedrige Sensibilität aufweist (MATOPE et al. 2011). Als Material für die Kultur eignet sich im Falle einer klinischen BR; Gewebe vom abortierten Fetus, Fruchthüllen, Vaginalsekret, Sperma und Milch. Bei der postmortalen Untersuchung von Schlachtkörpern sind die Milz, das Euter und Lymphknoten (zu den Oropharynx, Geschlechtsorganen sowie Euter gehörend) zu bevorzugen. Für die Anzucht von *B. abortus* und *B. melitensis* eignet sich das Farrel Selektivmedium. Die ersten Kolonien sind nach 48-72 h sichtbar, aber klinisches Probenmaterial muss 2-3 Wochen bebrütet werden für eine negative Beurteilung (GARIN-BASTUJI et al. 2006, GODFROID et al. 2010). Biotypisierung der gewachsenen Kolonien kann über Phagen- und biochemischen Tests erzielt werden (SELBITZ et al. 2011).

Die Polymerasekettenreaktion (PCR) direkt aus Gewebeproben zeigt klare Vorteile gegenüber der Plattenanzucht von Erregern; sie ist schneller und einfacher durchzuführen, das Ergebnis unterliegt einer objektiven Beurteilung und das Infektionsrisiko des Laborpersonals durch den Umgang mit Zoonoseerregern ist viel niedriger. Außerdem weist die PCR sowohl tote als auch lebende Mikroorganismen nach, im Gegensatz zur Anzucht, die nur lebende Bakterien erfasst (BRICKER 2002, HAMDY und AMIN 2002). Häufig wird die AMOS-PCR verwendet, die folgende Spezies und Biovare detektiert: *B. abortus* Biovare 1,2 und 4, *B. melitensis* Biovare 1-3, sowie *B. ovis* (OCAMPO-SOSA et al. 2005). Die Entwicklung eines multiplex PCR Tests ermöglicht alle Spezies und Biovare zu erfassen sowie die Differenzierung von den Impfstämmen S19, RB 51 und Rev 1 (GARCÍA-YOLDI et al. 2006). Die

real-time PCR zeigt Vorteile gegenüber konventionellen PCR-Verfahren, indem sie schneller durchzuführen ist und das Risiko einer Kontamination reduziert (BOUNAADJA et al. 2009).

2.4 *Mycobacterium* spp.

2.4.1 Taxonomie und Erregereigenschaften

Die Gattung *Mycobacterium* gehört zur Familie *Mycobacteriaceae* in der Ordnung *Actinomycetales* Subordnung VII *Corynebacterinae* (ROLLE et al. 2007). Zu den Mykobakterien gehören viele Spezies, die meisten davon sind saprophytär lebende Bakterien die ubiquitär in der Umwelt vorkommen und nur unter bestimmten Bedingungen pathogen sind (FALKINHAM III 2009, HEIFETS 2004, QUINN et al. 2011). Die Spezies *M. tuberculosis*, *M. africanum*, *M. bovis*, *M. caprae*, *M. pinnipedii*, *M. cannettii* sowie *M. microti* gehören zum *Mycobacterium tuberculosis* complex (MTC). Sie gelten als obligate Parasiten und sind die Erreger der Tuberkulose bei Mensch und Tier (AYELE et al. 2004, LOBUE et al. 2010, SELBITZ et al. 2011). Unterschieden vom MTC werden die nicht tuberkulösen Mykobakterien (*Mycobacteria other than Tubercle Bacilli*), auch atypische Mykobakterien genannt, und die Gruppe von größter Bedeutung sind die Spezies, die zum *Mycobacterium avium* complex (MAC) zählen. Aus dieser Gruppe sind *M. avium* subsp. *avium*, Erreger der Geflügeltuberkulose sowie *M. avium* subsp. *paratuberculosis*, Erreger der Paratuberkulose, zu erwähnen (ACHA und SZYFRES 2005, SELBITZ et al. 2011).

Mykobakterien sind aerobe grampositive alkohol- und säurefeste, nicht-sporenbildende, unbewegliche Stäbchen, die sich mittels Ziehl-Nielsen anfärben lassen (QUINN et al. 2011, ROMICH 2008). Durch den hohen Lipidgehalt in der Zellwand zeigen sie eine hohe Resistenz und die mittlere Überlebensdauer in der Umwelt beträgt 4 - 8 Wochen im Schatten (80 %) in trockener oder feuchter Erde (O'REILLY und DABORN 1995, ROVID SPICKLER et al. 2010, TOUCHETTE und SEELIGER 2017). Mykobakterien des MTC wachsen langsam (3 - 12 Wochen) auf speziellen Selektivmedien, z.B. die Nährmedien auf Eimassen-Basis Löwenstein-Jensen (mit Malachitgrün zur Unterdrückung der Begleitflora) und Stonebrink, Middlebrook 7H10 (Nährmedium auf Agar-Basis) sowie Blutagar. Bei der Anzucht in Flüssigmedien ist das Wachstum bzw. der Nachweis schneller (AZEVEDO ISSA et al. 2017, BRAISSANT et al. 2010, LU et al. 2013, MARTIN 2011)

2.4.2 Epidemiologie und Symptome bei Menschen und Tieren

Die Spezies des MTC sind in vielen Säugetieren nachgewiesen worden, haben aber ihre bevorzugten Hauptwirte; so ist der Mensch der Wirt von *M. tuberculosis*, *M. africanum*, *M. cannetii*, Robben und Seelöwen die Wirte von *M. pinnipedii* und Kleinnager die Wirte von *M. microti* (ARANAZ et al. 1999, GAGNEUX 2012). *M. bovis* hat als Zoonoseerreger ein sehr breites Wirtsspektrum. Obwohl das Rind im engeren Sinne als Hauptwirt genannt wird, gelten auch Ziegen, Schafe, Hunde, Katzen, Kamele, Neuweltkameliden, Equiden, Haus- und Wildschweine, Cerviden, Bisons, Büffel, Antilopen, Füchse, Dachse, Frettchen, Primaten sowie der Mensch als Wirte. Die Wildtierpopulation spielt bei der Bildung von Reservoiren eine entscheidende Rolle (BROUGHAN et al. 2013, OIE 2019c, O'REILLY und DABORN 1995). *M. caprae* befällt hauptsächlich Ziegen, der Erreger wurde aber auch beim Schaf und Schwein nachgewiesen (ARANAZ et al. 1999). *M. bovis* und *M. caprae* zählen als Erreger der Rindertuberkulose (RTB) bzw. sind die Haupterreger der Ziegentuberkulose (BEZOS et al. 2012b, OIE 2019c).

Klinisch tritt bei kleinen Wiederkäuern eine langsam vorschreitende Bronchopneumonie mit Husten und Dyspnoe (RADOSTITS und DONE 2007) auf. Ziegen zeigen auch noch Inappetenz, Kachexie, Diarrhoe und Mastitis sowie Abfall der Milchleistung (BEZOS et al. 2012a, BROUGHAN et al. 2013, SHANAHAN et al. 2011). Infizierte Tiere scheiden den Erreger, je nach Krankheitsverlauf, über Sekrete der Atemwege, Speichel, Milch, Urin und Fäzes aus (NEILL et al. 2001). Im Vergleich zu Rindern werden generell niedrigere Prävalenzen zu Tuberkulose bei kleinen Wiederkäuern, besonders bei Schafen, nachgewiesen. Dies beruht nicht auf einer stärkeren Resistenz dieser Spezies, sondern auf mangelnder Gelegenheit für eine Infektion aufgrund des natürlichen Verhaltens oder der Haltungsform von Ziegen und Schafen (MALONE et al. 2003, TSCHOPP et al. 2011). Die Bekämpfung wird meist mittels dem Bang'schen Verfahren durchgeführt, dies ist auch in El Salvador der Fall (ANON. 1980, WATERS et al. 2014). Alle empfängliche Spezies sollen in einem Bekämpfungsprogramm miteinbezogen werden, um keine Reservoirs zu bilden (MALONE et al. 2003, NAPP et al. 2013).

TB beim Menschen ist eine alte Krankheit und weltweit einer der zehn häufigsten Todesursachen. Global gesehen erkrankten 10 Millionen Menschen im Jahr 2019 an Tuberkulose und schätzungsweise leiden ein Viertel der Weltbevölkerung an einer latenten TB. Die Krankheit gilt als endemisch in Afrika und Asien (WHO 2020). Bei diesen Zahlen spielt *M. bovis* eine untergeordnete Rolle bzw. die Dunkelziffer, an nicht festgestellten Infektionen mit *M. bovis*, ist sehr groß (DÜRR et al. 2013, WHO

Literaturübersicht

2020). In Lateinamerika wird in der Humanmedizin *M. bovis* nicht von *M. tuberculosis* in der Diagnostik differenziert (DE KANTOR et al. 2010). Dennoch ist *M. bovis* ein bedeutender Zoonoseerreger, besonders in Entwicklungsländern (MODA et al. 1996). Die Zahl neuer TB-Fälle in der Humanmedizin steigt in El Salvador seit 2010 an und 2015 waren 37,9 Personen pro 100.000 Einwohner positiv für alle Typen von TB getestet worden (MINSAL 2019). Menschen, die sich mit *M. bovis* infizieren, entwickeln normalerweise eine extra pulmonale Tuberkulose, mit Einbezug der Hals- und Achsellymphknoten. Darüber hinaus können auch der Intestinaltrakt, die Nieren, die Knochen und das Zentralnervensystem betroffen sein. Der häufigste Infektionsweg ist über Rohmilch und ungereifte nicht-pasteurisierte Milchprodukte von infizierten Tieren. Eine Infektion über Aerosole kommt in endemischen Gebieten meist bei berufstätigen Personen wie Schlächtern, Viehbesitzern als auch bei Tierärzten vor und verursacht eine pulmonale Tuberkulose (LOBUE et al. 2010, MODA et al. 1996).

In vielen Entwicklungsländern ist die RTB noch endemisch (MICHEL 2014). In Tabelle 3 werden Prävalenzen bei Wiederkäuern aus Studien in Lateinamerika vorgestellt. In El Salvador ist die RTB noch endemisch mit einer Herdenprävalenz von 4,51 % und einer Einzeltierprävalenz von 1,50 % in Rindermilchherden (MAG 2011). Mittels Ziehl-Nielsen Färbung wurden säurefeste Stäbchen in histologischen Präparaten nachgewiesen (TA GUILLERMO MARTÍNEZ, LA PAZ, März 2014).

Tabelle 3: Übersicht über das Vorkommen von Bakterien des MTC bei Wiederkäuern in Lateinamerika

Land	Spezies	Erreger	Einzeltierprävalenz	Literaturquelle
Brasilien	Ziege	<i>M.bovis</i>	0,1 %	(HIGINO et al. 2011)
Brasilien	Ziege	<i>M.bovis</i>	16,6 %	(MARASSI et al. 2009)
Brasilien	Rind	<i>M.bovis</i>	1,3 %	(CARNEIRO et al. 2020)
	Wasserbüffel		9,4 %	
Argentinien	Schaf	k.A.	0,7 %	(JORGE et al. 2000)
Ecuador	Rind	<i>M.bovis</i>	3,9 %	(PROANO-PEREZ et al. 2006)
Mexiko	Rind	<i>M.bovis</i>	0,9 %	(CISNEROS et al. 2012)

Kl. Wdk kleine Wiederkäuer, k.A. keine Angabe

2.4.3 Diagnostische Verfahren: indirekter und direkter Erregernachweis

M. bovis sowie *M. caprae* sind intrazelluläre Erreger und die Immunantwort basiert hauptsächlich auf T-Lymphozyten, einer sogenannten zellvermittelten Immunantwort. Erst im Spätstadium der Infektion und bei umfangreichen Tuberkeln bilden sich zirkulierende Ak. Der intrakutane Tuberkulintest beruht auf der zellvermittelten Immunantwort und ist dadurch sensibler als Verfahren, die Ak nachweisen (DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006, GOOD und DUGNAN 2011). Der Test wird als Mono- [in dem nur Rindertuberkulin (PPDB) appliziert wird] bzw. als Simultantest [in dem PPDB und Geflügeltuberkulin (PPDA) appliziert werden] durchgeführt (ÁLVAREZ et al. 2008). Die nach 72 h *post injectionem* entstehende Tuberkulinreaktion ist eine allergische Reaktion vom Spättyp, die von sensibilisierten T-Lymphozyten vermittelt wird. In Europa wird der Monotest am Hals des Tieres durchgeführt, in Nordamerika, Australien und Neuseeland an der Schwanzfalte. Der Simultantest wird immer am Hals durchgeführt. Für die Interpretation des Tests am Hals wird ein Kutimeter benötigt (MONAGHAN et al. 1994). PPDB und PPDA sind gereinigte Proteinderivate aus Kulturen von *M. bovis* bzw. *M. avium*. Die Herstellung von Tuberkulin ist weitestgehend standardisiert und muss die Bedingungen der OIE erfüllen. Dennoch gibt es Unterschiede in der Wirksamkeit und jede Charge muss vor dem Erlass durch Tierversuche getestet werden (GOOD und DUGNAN 2011, OIE 2019c). Die Proteine im PPDB werden von mehreren Mykobakterien produziert. Deshalb können auch Tiere, die durch atypische sowie umweltassoziierte Mykobakterien sensibilisiert sind, auf den Tuberkulintest positiv reagieren (falsch positive Reaktoren). Um falsch positive Reaktoren rauszufiltern, wird der Simultantest verwendet (POLLOCK et al. 2000). Nach einer Tuberkulinapplikation sind die Tiere für ca. 42 Tage desensibilisiert, d.h. innerhalb dieses Zeitraumes entsteht keine Tuberkulinreaktion bei einem erneuten Test. Bei diagnostischem Verfahren in Serie müssen immer 42- 60 Tage zwischen den Tests eingehalten werden, um keine falsch negative Reaktionen zu erhalten (MONAGHAN et al. 1994). Für die Anwendung des intrakutanen Tuberkulintests bei kleinen Wiederkäuern gibt es keine standardisierten Richtlinien und daher werden die Richtlinien für Rinder verwendet (TSCHOPP et al. 2011). Die Sensibilität und Spezifität für den Einzeltest an der Schwanzfalte bei Rindern beträgt 63,2 % - 96,8 % bzw. 96,8 % - 99,0 %. Der Monotest am Hals weist eine höhere Sensibilität (71,0 % - 100 %), aber niedrigere Spezifität (81,6 - 96,8 %) bei Rindern und Ziegen auf. Die niedrigste Sensibilität hat der Simultantest (42,7 - 100 %), er hat aber eine höhere Spezifität (88,8 - 100 %) bei Ziegen und Rindern (ÁLVAREZ et al. 2008, DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006, GUTIÉRREZ et al. 1998, NORBY et al. 2004). Die Sensibilität der Tuberkulintests

Literaturübersicht

wird von verschiedenen Faktoren wie z.B. Co-Infektion mit Paratuberkulose, Testdurchführung direkt *post partum* oder direkt nach einer Tuberkuloseinfektion, negativ beeinflusst (ÁLVAREZ et al. 2008, DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006).

Der Nachweis von Interferon-gamma (IFN- γ) ist ein Bluttest, der auch auf der zellulären Immunität beruht. Heparinisiertes Blut wird innerhalb von 8 h (spätestens 24 h) mit PPDB bzw. PPDA für ca. 20 h inkubiert. Danach wird der Plasmaüberstand entzogen und der IFN- γ Gehalt mittels ELISA quantifiziert (BEZOS et al. 2011, GORMLEY et al. 2006). Der Test gilt als positiv, wenn der Wert für IFN- γ , nach Stimulation mit PPDB, höher ist als die Negativkontrolle und die PPDA stimulierte Probe (LIÉBANA et al. 1998). Die Sensibilität und Spezifität dieses Verfahrens liegen bei 58,0 - 92,9 % bzw. 96,0 - 100 % bei Ziegen (BEZOS et al. 2012a). Die Spezifität des IFN- γ -Tests kann durch Zusatz von *M. bovis* spezifischen Antigenen (ESAT-6 und CFP-10) erhöht werden, da Blut von sensibilisierten oder geimpften Tieren bei diesem Verfahren keine falsch positive Reaktion auslösen (BUDDLE et al. 2001, PÉREZ DE VAL et al. 2011). Der Nachweis von IFN- γ hat sich hauptsächlich als Ergänzungstest zum Tuberkulintest bewährt; als Paralleltest, z.B. bei hoher Tuberkuloseprävalenz, um die Sensibilität der Verfahren zu erhöhen oder als Serientest, z.B. bei niedriger Tuberkuloseprävalenz, um die Spezifität der Testverfahren zu erhöhen (DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006, GONZÁLEZ LLAMAZARES et al. 1999). Vorteile mit dem Nachweis von IFN- γ gegenüber des Tuberkulin-Hauttests sind ein früherer Nachweis bei Neuinfektion sowie die Unterbindung von Reaktionen sensibilisierter Tiere durch den Einsatz von spezifischen Antigenen. Des Weiteren verwendet dieses Verfahren eine objektive und standardisierte Interpretation und es entsteht keine Desensibilisation bei einem erneuten Test. Darüber hinaus müssen die Tiere nur einmal untersucht werden. Nachteile gegenüber dem Tuberkulintest sind die Logistik des Verfahrens, da die Blutproben zeitnah inkubiert werden müssen. Außerdem wird ein teures Laborequipment benötigt und laut einigen Studien soll die IFN- γ Freisetzung, bei vorherigem Monotest, geboostet werden (DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006).

Der Lymphozytenproliferationstest basiert auch auf der zellvermittelten Immunität, ist aber bei der Routinediagnostik nicht von Bedeutung, da das Testverfahren sehr zeitaufwändig und mit einem hohen technischen Aufwand verbunden ist (OIE 2019c). Der ELISA detektiert humorale Ak und ist als Einzeltest ungeeignet. In Testverfahren zusammen mit dem Tuberkulin-Monotest weist er eine hohe Sensibilität

Literaturübersicht

und eine gute Spezifität auf, da er auch Tiere mit einem vorgeschrittenem Tuberkulosestadium erfasst (GUTIÉRREZ et al. 1998).

Der Erregernachweis mittels bakteriologischer Kultur gilt auch bei der Tuberkulosedagnostik als „Goldstandard“ (BRAISSANT et al. 2010). Mykobakterien wachsen sehr langsam und die Proben müssen vorbehandelt werden, um die schneller wachsende Begleitflora zu unterdrücken. Wichtig sind qualitativ gute Proben, um die Isolierchancen zu erhöhen. Auf manchen Nährböden sind Kolonien von *M. bovis* schon nach drei Wochen sichtbar, aber die beimpften Kulturen sollten bis zu 12 Wochen inkubiert werden (mindestens 8 Wochen) (AZEVEDO ISSA et al. 2017, DANIEL et al. 2009, KASSA et al. 2012, MARASSI et al. 2009, OIE 2019c). Organproben mit sichtbaren pathologischen Veränderungen und Milch eignen sich als Material zum Anzüchten. Bei fehlenden visuellen Läsionen sollten Lymphknoten aus dem Kopf, Thorax und Bauchhöhle zu einer Poolprobe gemischt werden (BUDDLE et al. 2001, FRANCO et al. 2013, GUTIÉRREZ et al. 1998, MALONE et al. 2003, MARASSI et al. 2009, PROANO-PEREZ et al. 2006). Gewachsene Kolonien können anhand ihrer phänotypischen Merkmale oder PCR identifiziert werden (AZEVEDO ISSA et al. 2017).

Die PCR kann, wie oben erwähnt, als Bestätigungstest für die bakteriologische Kultur verwendet oder als primäre Diagnostikmethode für den Direktnachweis und die Genotypisierung eingesetzt werden (COLLINS 2011, LIÉBANA et al. 1997). Der Direktnachweis an Gewebeproben ist im Vergleich zur Anzucht viel schneller (Ergebnis nach 48 h) und die für die Amplifikation am häufigsten verwendeten DNA-Sequenzen sind 16S RNA, *gyrA*, *hsp65* und *rpoB*. Allerdings ist ein negatives Ergebnis unzuverlässig, da Studien zeigen, dass die PCR bei Proben mit niedriger Bakterienzahl, nicht ausreichend sensitiv ist (COLLINS 2011, PROANO-PEREZ et al. 2006).

Die Genotypisierung dient der Differenzierung von angezüchteten Bakterienstämmen und ist ein wichtiges epidemiologisches Instrument, da es Auskunft über z.B. den Ursprung einer Tuberkuloseerkrankung, den Zusammenhang zwischen verschiedenen Krankheitsausbrüchen, den Zusammenhang zwischen Tuberkulose bei Haussäugetieren und der Wildtierpopulation, gibt (HADDAD et al. 2004). Zu den gängigsten Methoden zählen die Untersuchung der Insertionssequenz IS 6110 mittels RFLP, der Sequenz PGRS mittels RFLP, die Spoligotypisierung (PCR Amplifikation der DR Region, um den Polymorphismus der dazwischenliegende Spacer Regionen zu untersuchen) und die MIRU-Typisierung mittels PCR (COLLINS 2011, HADDAD et al. 2004, O'BRIEN et al. 2000). Die Muster die nach

der Spoligotypisierung entstehen, können auf einer internationalen Datenbank für Bakterienstämme des MTCs animalischen Ursprungs registriert und mit bereits erfassten Mustern verglichen werden (SMITH und UPTON 2012).

Die salvadorianische Ziegenwirtschaft erfuhr zum Zeitpunkt der Datenerhebung einen Aufschwung. Daher war es von Interesse, Informationen zur CAE als Ziegenkrankheit von wirtschaftlicher Bedeutung in der Dissertation ebenfalls zu erfassen, zumal sie auch in den Nachbarländern nachgewiesen wurde. Die Tierseuche wird im nächsten Kapitel beschrieben.

2.5 Caprine Arthritis-Encephalitis

2.5.1 Taxonomie, Erregerigenschaften, Epidemiologie und Klinik

Die Arthritis-Encephalitis der Ziege (CAE) wird von einem Retrovirus der Gattung *Lentivirus* verursacht. Der Erreger ist ein behülltes einsträngiges RNA Virus und ruft eine lebenslange, chronische Infektion hervor (PHELPS und SMITH 1993, ROSATI et al. 2004). Das CAE Virus (CAEV) wird zusammen mit dem Maedi-Visna Virus (MVV) der Schafe zu den small ruminant lentiviruses (SRLV) zusammengefasst (MINARDI DA CRUZ et al. 2013). Anhand der *gag* und *pol* Gene (codieren virale Strukturproteine) werden die SRLV in den Genotypen A-E eingeteilt und es besteht eine Kreuzreaktivität der *gag* und *env* codierten Proteine (BRINKHOF et al. 2008, MENDIOLA et al. 2019, ROSATI et al. 1999, ROSATI et al. 1995). Das *env* Gen codiert Glykoproteine (Strukturproteine), diese unterliegen einem Antigendrift, der wiederum die Persistenz und die Fortschreitung der Krankheit im Wirt unterstützt (RADOSTITS und DONE 2007, ROLLE et al. 2007). Die verschiedenen Stämme unterscheiden sich in ihrer Virulenz sowie Immunogenität (PHELPS und SMITH 1993). Lentiviren sind im Wesentlichen wirtsspezifisch und die CAE ist keine Zoonose (MINARDI DA CRUZ et al. 2013).

Die CAEV und SRLV Infektionen sind weltweit verbreitet mit Prävalenzen zwischen 30-80 % in Europa und Nordamerika sowie 0-10 % in Südamerika, Afrika und Neuseeland (ADAMS et al. 1984, MINARDI DA CRUZ et al. 2013). Infizierte Tiere in Lateinamerika sind auf Rassemilchziegen aus Europa und Nordamerika zurückzuführen (ASSIS BANDEIRA et al. 2009, PETERHANS et al. 2004, RAMÍREZ et al. 2011). In Tabelle 4 werden CAEV Prävalenzen bei Ziegen auf dem amerikanischen Kontinent dargestellt. In El Salvador sind keine Daten über das Vorkommen von CAEV vorhanden (MAG 2014).

Tabelle 4: Übersicht über das Vorkommen von CAEV bei Ziegen auf den amerikanischen Kontinent

Land	Herdenprävalenz	Einzeltierprävalenz	Literaturquelle
Brasilien	35,0 %	8,2 %	(ASSIS BANDEIRA et al. 2009)
Brasilien	100 %	14,1 %	(LILENBAUM et al. 2007)
Brasilien	k. A.	8,6 %	(MARTINS et al. 2012)
Argentinien	10,5 %	1,5 %	(TREZEGUET et al. 2010)
Mexiko	k. A.	10,0 %	(MARTÍNEZ et al. 2006)
Mexiko	k. A.	80,0 %	(RAMÍREZ et al. 2011)
USA	73,0 %	31,0 %	(CUTLIP et al. 1992)
Kanada	k. A.	59,3 %	(L'HOMME et al. 2015)

k.A. keine Angabe

Die Übertragung vom CAEV geschieht hauptsächlich bei Jungtieren über die Aufnahme von infiziertem Kolostrum und Milch sowie über Aerosole bei Direktkontakt zu seropositiven Tieren (BLACKLAWS et al. 2004). Infizierte Muttertiere sind Dauerausscheider und die höchste Virusausscheidung ist zum Ende der Trächtigkeit und Beginn der Laktation. Mit der Rückbildung des Milchdrüsengewebes fällt die Erregerausscheidung ab und steigt dann zum nächsten Lammtermin wieder an (MILHAU et al. 2005, ROLLE et al. 2007). Die meisten mit CAEV infizierten Ziegen zeigen keine klinischen Symptome, da die Krankheit Jahre benötigt, um sich zu entwickeln. Bei einer Krankheitserscheinung werden vier Erkrankungsbilder unterschieden: Enzephalomyelitis, Arthritis, interstitielle Pneumonie und indurative Mastitis (PHELPS und SMITH 1993, TURCHETTI et al. 2013). Die Bekämpfungsmaßnahmen bestehen aus regelmäßigen Testen und Keulen von seropositiven Tieren. Wichtig ist, seropositive und seronegative Ziegen getrennt zu halten sowie die Trennung neugeborener Lämmer von seropositiven Muttertieren und die Aufzucht mit nicht-infiziertem Kolostrum oder Milch (REINA et al. 2009).

2.5.2 Diagnostische Verfahren: indirekter und direkter Erregernachweis

Es gibt keinen „Goldstandard“ um das CAEV nachzuweisen. Der indirekte Erregernachweis mittels Agardiffusionstest (AGID) und ELISA sind die für Screeningverfahren am häufigsten verwendeten Tests (REINA et al. 2009). Die Sensibilität und Spezifität dieser serologischen Tests sind abhängig von den verwendeten Referenztests sowie vom Virusstamm und von der viralen Antigenzubereitung. Der

Literaturübersicht

Westernblot gilt als Referenztest um Ergebnisse anhand des AGID sowie ELISA zu überprüfen (OIE 2019d). Der AGID verwendet das ganze Virus und reagiert mit Ak des CAEV p28 *core* Ag und dem gp135 *env* Ag. Die Sensibilität sowie die Spezifität liegen zwischen 76,3 - 91 % bzw. 98,3 - 100 % und im Vergleich zum ELISA ist dieser Test weniger sensibel (ANDRÉS et al. 2005). Weiterhin können für diesen Test keine Milchproben verwendet werden und es wird für die Interpretation der Ergebnisse ein routiniertes Personal benötigt (OIE 2019d, TU et al. 2017).

In den letzten Jahren werden häufiger ELISAs zum Nachweis eingesetzt und außer Serumproben können auch Milch- sowie Molkeproben verwendet werden. Sie werden in iELISAs (die entweder das ganze Virus oder rekombinante Proteine als Ag verwenden) und cELISAs eingeteilt (TU et al. 2017). Die Sensibilität und Spezifität für Voll-Ag-ELISAs liegt zwischen 92,0 - 100 % bzw. 93,0 – 100 % (ANDRÉS et al. 2005). Einfache rekombinante ELISAs sind weniger sensitiv als Voll-Ag-ELISAs. Durch die Verwendung von *core* und *env* Ag kann die Sensibilität des rekombinant ELISAs erhöht werden und über gleiche Sensibilität und Spezifität wie der Voll-Ag-ELISA verfügen. Die Sensibilität und Spezifität für cELISAs liegt bei 96,0 - 100 % bzw. 70,0 - 96,4 % (ANDRÉS et al. 2005, TU et al. 2017). Falsch negative Ergebnisse können bei allen ELISA-Verfahren durch eine langsame Serokonversion oder Schwankungen des Ak-Wertes entstehen. Des Weiteren werden für das Testverfahren mittels ELISA die Proben verdünnt, bei schwach positiven Seren kann dies zu einer Erhöhung an falsch negativen Ergebnissen führen. Die Wahl des ELISA Testantigens ist von Bedeutung, da nicht alle Virusstämme von dem gleichen Ag nachgewiesen werden können (TU et al. 2017).

Verschiedene PCR-Methoden sind in der Literatur beschrieben und infizierte Tiere können anhand real-time PCR schon 15 Tage *post-infectionem* detektiert werden (AGID und ELISA positive Ergebnisse erst 40-60 Tage *post-infectionem*). Demzufolge eignet sich die PCR, um infizierte Tiere vor der Serokonversion zu erkennen und als Probenmaterial ist Blut geeigneter als Milch, da bei Milchproben die Sensibilität sinkt (ANDRÉS et al. 2005, TU et al. 2017). Dennoch ist die PCR als Einzeltest eher ungünstig, da infizierte Tiere ggf. nicht erkannt werden. Die hohe Genomvariabilität der CAEV-Stämme (falls die PCR den zu untersuchenden Stamm nicht angepasst ist, wird dieser nicht detektiert) sowie eine niedrige Viruspräsenz im Blut (ca. 1×10^6 Leukozyten sind mit Vieren infiziert, dies kann zu falsch negativen Ergebnissen führen, da die PCR sie nicht wahrnimmt) werden als Gründe für falsche Ergebnisse genannt (ANDRÉS et al. 2005, TU et al. 2017). Eine höhere Testsensibilität kann erreicht

Literaturübersicht

werden, in dem PCR und ELISA parallel verwendet werden sowie eine höhere Spezifität indem PCR und ELISA in Serie eingesetzt werden (PANNEUM und RUKKWAMSUK 2017).

CAE-Viren können auch direkt anhand Isolierung in Zellkulturen, gefolgt von Antigenfärbung oder zytopathischem Effekt, nachgewiesen werden. Häufig wird Blut als Probenmaterial verwendet und die bei CAE niedrige Viruskonzentration im Blut beeinflusst den Erfolg dieses Verfahrens. Eine weitere Methode ist die in-situ-Hybridisierung, die sich für den Nachweis per Histologie eignet (PETERHANS et al. 2004).

3 Publikationen

3.1. First results on small ruminant brucellosis and tuberculosis and caprine arthritis-encephalitis in El Salvador

Kristina Linderot de Cardona, Abelardo De Gracia Scanapieco, Peggy G. Braun

Tropical Animal Health and Production (2016) 48: 1083-1087

DOI: 10.1007/s11250-016-1044-3

Erklärung zum Eigenteil:

Zusammen mit TA De Gracia und Prof. Braun entstand die Projektidee, kleine Wiederkäuer auf BR, TB und CAE zu untersuchen. Das detaillierte Versuchskonzept wurde zusammen mit TA De Gracia, TA Espinoza TÄ Valladares, PhD Zepeda und TÄ Bravo vor Ort abgestimmt. Die Feldarbeit wurde unter meiner Anleitung zusammen mit mehreren amtlichen Tierärzten des MAG durchgeführt. An sämtlichen Ziegen habe ich Blut abgenommen und die Tuberkulinprobe durchgeführt. An 90 % der Schafe habe ich die Blutprobe selbst genommen und diese auch tuberkulinisiert, die restlichen 10 % wurden von amtlichen Tierärzten beprobt. Die Blutproben wurden vom Fachpersonal des Zentrallabors für Tiermedizinische Diagnostik des MAG in San Salvador analysiert. Die auf die Tuberkulinprobe positive Ziege wurde mit technischer Unterstützung pathologisch untersucht. Ich habe das Probenmaterial für die mikrobiologische und histologische Untersuchung entnommen und das Fachpersonal im Labor für Veterinärmedizinische Diagnostik und Untersuchungen des MIDA hat das Material histologisch untersucht und angezüchtet. Mitarbeiter im INDICASAT AIP haben die PCR durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Studie wurden von mir zusammengestellt und unter Rücksprache mit PhD Zepeda, TA De Gracia und Dr. Köthe statistisch ausgewertet. Dieses Manuskript wurde von mir erstellt und von Prof. Braun, Dr. Köthe und TA De Gracia korrigiert. Abschließend gehört die Überarbeitung des Manuskripts im Rahmen des Review Prozesses und die Beantwortung der Kritikpunkte der Gutachten weiter zum Eigenteil.

First results on small ruminant brucellosis and tuberculosis and caprine arthritis-encephalitis in El Salvador

K. Linderot de Cardona^{a, c, *}, A. De Gracia Scanapieco^{a, b}, P. G. Braun^c

^a Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), Headquarters, Calle Ramón Belloso, Final Pasaje Isolde, Edificio OIRSA, Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador

^b OIRSA Representation in Panama, Área Social de Clayton, Calle Hocker, Casa 1012 A-B, Panama

^c Institute of Food Hygiene, Center of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Leipzig University, An den Tierkliniken 1, 04103 Leipzig, Germany

* Corresponding author. *E-mail address:* klinderot@gmail.com (K. Linderot de Cardona)

Abstract

This paper reports a first-time study performed in El Salvador on the presence or absence of antibodies to three important animal diseases in small ruminants. The work was conducted in the west and central departments of the country, selecting 42 and 43 cantons with an existing sheep and goat population, respectively. Serum samples were collected from 396 sheep and 335 goats and tested for seropositivity to *Brucella* (*B*) spp. The specimens from goats were also tested for antibodies to caprine arthritis-encephalitis (CAE) virus. Four (1 %) sheep and none of the goats were seropositive by Rose Bengal test. All animals were negative by indirect ELISA (iELISA) for *B. abortus*. All animals were negative by iELISA for CAE. 383 sheep and 330 goats underwent the single intradermal cervical tuberculin (SICT) test for tuberculosis. Seventy (18 %) sheep and 43 (13 %) goats reacted to the SICT test. Those reactors were subjected to the single intradermal comparative cervical tuberculin (SICCT) test and one (0.3 %) goat was deemed to be a positive reactor. No mycobacteria were diagnosed in concluding analyses, and further studies are considered necessary to determine the prevalence of the investigated diseases. Additionally, it is recommended that small ruminants should be included in the national eradication program on bovine brucellosis and tuberculosis to prevent potential reservoirs.

Keywords: Brucellosis; Caprine arthritis-encephalitis; El Salvador; Small ruminants; Tuberculosis

Introduction

Brucellosis and tuberculosis are common zoonotic infections worldwide and are a great risk to public health, especially in developing countries where control and eradication programs in cattle and other species have not yet been successful (DÜRR et al. 2013, GODFROID et al. 2014, OIE 2019b, OIE 2019c). The principal route of infection for humans is by consumption of unpasteurized milk and dairy products or close contact with infected animals (GARRO et al. 2005, GUMI et al. 2012). Brucellosis in goats and sheep is generally caused by *B. melitensis*, however, sporadic infections with *B. abortus* in small ruminants have been described in Latin America (GAROFOLO et al. 2013, LUCERO et al. 2008, MARTINS et al. 2012). Tuberculosis in ruminants is most commonly caused by *M. bovis* and *M. caprae*, two species of bacteria included in the *Mycobacterium (M) Tuberculosis Complex* (MTC) (ACEVEDO et al. 2013, ROMICH 2008). Although small ruminants are susceptible to the strains causing bovine tuberculosis (bTB), infection in sheep is rare (BROUGHAN et al. 2013). In developing countries small ruminants are often kept together with cattle and the cross-infection of these species with *B. abortus* as well as bacteria of the MTC, promotes the formation of reservoirs which affects the success of eradication programs in bovines (DIAZ APARICIO 2013, MUÑOZ MENDOZA et al. 2012, TSCHOPP et al. 2011). Caprine arthritis-encephalitis (CAE) is a virus infection that causes significant economic loss in goat herds in several countries all over the world. Caprine arthritis-encephalitis virus (CAEV) induces a lifelong infection and is manifested as chronic arthritis, interstitial pneumonia, mastitis or encephalomyelitis. Frequently infected animals show no clinical signs but are able to transmit the virus (GOMEZ-LUCIA et al. 2013, TURCHETTI et al. 2013). The virus is mainly transmitted from dams to their offspring by the ingestion of infected colostrum or milk; however, horizontal transmission by direct contact or via aerosols can also occur (DE SOUZA et al. 2015). High prevalence of seropositive animals have been described in Brazil and Mexico (MARTÍNEZ et al. 2006, MARTINS und LILENBAUM 2011). For El Salvador there is no data available on the status of the abovementioned diseases (Personal communication with the Salvadoran Ministry of Agriculture and OIRSA) (MORENO 2002). The purpose of this study was to determine the occurrence of antibodies for brucellosis and tuberculin-reactors in small ruminants and the seropositivity for CAEV in goats. This information should contribute to the understanding of the current situation of the infections in sheep and goats and supply a basis for further studies.

Material and methods

For administrative purposes, El Salvador is divided into four regions containing 2.310 cantons (MAG 2014). The study was conducted in Region I-III from May 2013 to July 2014 (Figure 1). A two-stage cluster sampling technique was used for each species. Due to the absence of detailed official data on sheep and goat population and their distribution, the cantons were selected by clusters. The number of cantons to be sampled was calculated according to the table by Cannon (2001) with an estimated prevalence of 5 % and a confidence level of 95 %. Forty-three cantons with goats and 42 cantons with sheep were randomly selected using MS-Excel. The number of animals to be sampled was estimated according to the present population of the canton (Table 1). Female and male animals older than 6 months were tested.

The study animals were managed mainly under a traditional production system, mixed with other species such as cattle, pigs and poultry. Mean goat herd size was two animals per household while mean sheep herd size was up to six animals per proprietor. A total of 335 goats and 396 sheep were serum sampled for the detection of *Brucella* antibodies and 330 goats and 383 sheep were skin tested for tuberculosis. The 335 goats were also tested for CAE seropositivity.

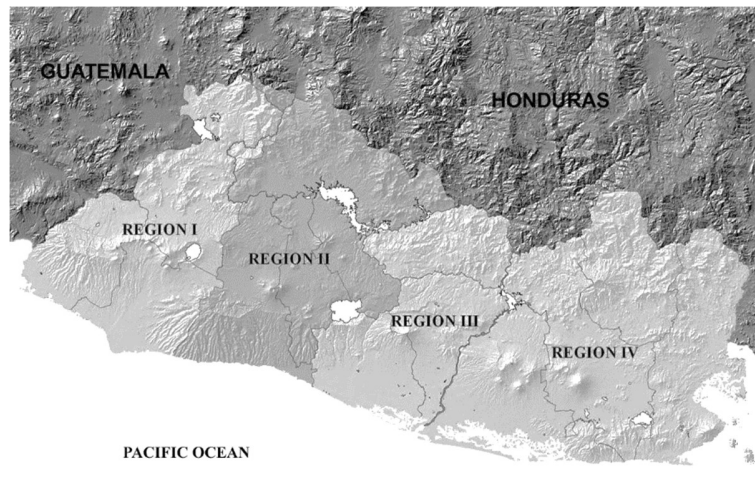


Figure 1: Administrative division of El Salvador by the Salvadorian Ministry of Agriculture. The study was conducted in Region I-III. Source: Modified map from the Salvadorian Ministry of Agriculture

Blood samples were collected from the jugular vein and within 24 hours transported to the Central Laboratory of Veterinary Diagnostics, Ministry of Agriculture in San Salvador for analysis. All animals were screened for tuberculosis by the single intradermal cervical tuberculin (SICT) test and positive as well as inconclusive reactors were submitted to the single intradermal comparative cervical tuberculin (SICCT) test a minimum of 42 days after the SICT test. As specific guidance for testing and interpretation of results for small ruminants is not published, the guidance given for cattle in the OIE Terrestrial

Manual (2009) was used. We worked with a caliper (Hauptner-Heberholz, Germany), 3000 IU bovine purified protein derivative (PPD) and 2500 IU avian PPD (Prionics, Switzerland). Due to the small cervical region of goats and sheep, both sides of the mid-neck were inoculated for the SICCT (bovine PPD on the left side and avian PPD on the right side).

Table 1: Number of animals tested proportionally to the present population

Population of the canton: animals > 6 months	Number of animals to be tested
1-10	All animals were tested
11-20	18
21-40	24
41-60	27
60 or more	28

The serum samples were screened for *Brucella* spp. applying the Rose Bengal test (RBT) according to the methods described by the OIE for small ruminants, using one part of RBT antigen (SENASA, Honduras) and three parts of serum. In parallel, all serum samples were tested for *B. abortus* using an indirect ELISA (iELISA) commercial kit (Brucellosis Serum X2 Ab Test, IDEXX Laboratories, USA) following the procedures described by the OIE. Sera from all the goats were tested for CAEV antibodies utilizing a commercial iELISA (CAEV/MVV Total Ab Test, IDEXX Laboratories, USA) according to the methodology described by the OIE (OIE 2019b, OIE 2019d). The one goat that reacted to the SICCT test was sacrificed and examined for granulomatous lesions. Samples (retropharyngeal, bronchial and intestinal lymph nodes with and without visible lesions, lung, liver, spleen, kidney and colon) were taken (OIE 2019c) and sent to the Laboratory of Veterinary Diagnostics and Investigation, Panamanian Ministry of Agriculture, Panama, for microscopic examination of acid-fast organisms by Ziehl-Neelsen and an attempt to isolate mycobacteria. The same specimen were also analyzed using PCR-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) of the *hsp65* gene (restriction enzymes: HaeIII and BstEII) by the Institute of Scientific Research and High Technology Services INDICASAT AIP, Panama.

Results

The results of the serological tests, SICT and SICCT are summarized in Table 2. A total of 396 sheep and 335 goat serum samples were tested for *Brucella* spp. by RBT. Four (1 %) sheep were found to be

seropositive, while all the samples from goats were negative. Both sheep and goats were found seronegative by iELISA for *B. abortus*. In the SICT, out of 383 sheep and 330 goats, 9 (2 %) and 11 (3 %) were positive reactors while 61 (16 %) and 32 (10 %) were inconclusive reactors, respectively. The reactors [70 (18 %) sheep and 43 (13 %) goats] were subjected to the SICCT. All the sheep were negative reactors and only one (0.3 %) goat was a positive reactor. In the case of CAE all the samples (335) tested by the iELISA were seronegative. The one goat positive to the SICCT was slaughtered and examined for gross tuberculous lesions. Lesions were detected in retropharyngeal and mandibular lymph nodes that showed a yellowish caseous material upon incision. Disseminated calcifications were found in the wall of the colon and one calcification in the caudal lung lobe. A small induration was detected in the liver. Samples for microscopic examination and cultivation were taken from the organs with lesions and from further organs with no visible alterations. The histopathological examination found granulomas with structures of trematodes in the samples with lesions from the lymph nodes and the colon. The lesion in the lung represented an osseous metaplasia. No acid-fast organisms were observed by histopathology; furthermore, no mycobacteria were isolated from the samples and the PCR results were negative.

Table 2: Results of serological and intradermic tests from the sampled animals

	RBT	iELISA (BR)	iELISA (CAE)	SICT+ ^a	SICT +/- ^b	SICCT+
Sheep	4/396	0/396	-	9/383	61/383	0/70
Goats	0/335	0/335	0/335	11/330	32/330	1/43

^a Positive reactors, ^b Inconclusive reactors

Discussion

The present study is a preliminary investigation of two important zoonoses and an important production disease in sheep and goats in El Salvador. It has shown that the prevalence of brucellosis and tuberculosis is negligible low and that no reactors to CAEV were detected. All the examined animals were seronegative to *B. abortus*, the most isolated species in Latin America and the only isolated species in El Salvador (LUCERO et al. 2008, TIQUE et al. 2010). Most brucellosis cases in small ruminants are caused by *B. melitensis* (DIAZ APARICIO 2013, PÉREZ-SANCHO et al. 2014); however, it was not possible at the time of the present study, to extend investigations in El Salvador to include *B. melitensis* or *B. ovis*.

This important gap in knowledge will need to be addressed by further investigations. Considering the small number of reacting animals to the RBT, the results could be due to cross-reactions of the *Brucella* antigen with antibodies from other bacteria such as *Yersinia enterocolitica*, *Francisella tularensis*, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. (BOUKARY et al. 2013, MEGERSA et al. 2012, ROMAN et al. 2013). The infection with *B. ovis* is not probable since the RBT does not detect “rough” *Brucella* antigens (GODFROID et al. 2010). Authors describe prevalence below 4 % or only sporadic occurrences of *B. melitensis* and *B. abortus* in Latin American goats and sheep (LILENBAUM et al. 2007, MARTINS et al. 2012, TIQUE et al. 2010). These reports and the results from this study leads to the assumption that the prevalence for small ruminant brucellosis in Latin America seems to be low in general.

In this study, tuberculosis was not diagnosed in small ruminants. The one goat positive to the SICCT showed visible lesions at necropsy, but they were not caused by bacteria of the MTC nor by *Mycobacteria* spp. Animals can become positive reactors due to non-specific reactions by mycobacteria from the *Mycobacterium Avium Complex* (MAC), non-pathogenic environmental mycobacteria or other bacteria such as *Nocardia* spp. and *Corynebacterium pseudotuberculosis* (BEZOS et al. 2012b, DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006, GOOD und DUGNAN 2011). More than 10 % of the tested sheep and goats were positive or inconclusive reactors by the SICT possibly as a result of non-specific sensitization either caused by bacteria of the MAC or environmental mycobacteria. From the literature, it is known that sensitization is frequently caused through contact with domestic or wild birds (ÁLVAREZ et al. 2008, BUDDLE et al. 2015, PROANO-PEREZ et al. 2006). Almost all animal owners in this study kept poultry ranging freely among small ruminants, inferring that the goats and sheep were probably sensitized.

None of the 335 sampled goats were seropositive for CAEV. Although not detected in this study, the CAEV has been described in Argentina, Mexico and Brazil (MARTÍNEZ et al. 2006, RODRIGUES DE SOUSA et al. 2014, TREZEGUET et al. 2010). In these countries, CAE infections seem higher in regions with intense dairy production and the origin of CAEV in Latin America is traced back to dairy goats imported from the USA or Europe (ASSIS BANDEIRA et al. 2009, PETERHANS et al. 2004, RAMÍREZ et al. 2011). In El Salvador a specialization in milk production is practically non-existent, concluding that the seronegativity of goats in this study is due to the fact that all animals were local crossbreds and none of the sampled herds had imported dairy goats.

Finally, the estimated prevalence of this study was set at 5 % with a confidence level of 95 %, leading to the conclusion that the possible existence of the investigated diseases is below a prevalence of 5 %. It is recommended that further studies implying bigger sample sizes are continued, to determine the grade of infection in small ruminants. Although the occurrence of seropositive goats and sheep may be very low, bovine brucellosis and tuberculosis are existent in Salvadorian cattle and present a public health threat as well as a great economic loss. For a successful eradication program in cattle, small ruminants should be included in the official sampling plan to prevent them from forming possible reservoirs.

Acknowledgements

This work was financially and technically supported by OIRSA. The authors would like to thank the technical staff and the Central Laboratory of Veterinary Diagnostics, Salvadorian Ministry of Agriculture for the assistance of the field work and diagnostics. They thank also the Laboratory of Veterinary Diagnostics and Investigation, Panamanian Ministry of Agriculture and the Institute of Scientific Research and High Technology Services INDICASAT- Panama AIP for their contribution in further diagnostics. Thanks also expressed to C. Zepeda and E. Bravo for help with statistics.

Ethical approval

For this type of study a formal consent is not required. All applicable international and national guidelines for the care and use of animals were followed. Persons gave their informed consent prior to inclusion in the study.

Conflict of interest statement

None of the authors of this paper has a financial or personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence or bias the content of the paper.

3.2. Goat Production in El Salvador: A Focus on Animal Health, Milking Hygiene and Raw Milk Quality

Kristina Linderot de Cardona, Abelardo De Gracia Scanapieco, Peggy G. Braun

Hindawi Publishing Corporation, Journal of Food Quality, Volume 2017, Article ID 8951509, 7 pages

DOI: 10.1155/2017/8951509

Erklärung zum Eigenteil:

Nach Gesprächen mit den Veterinärmedizinischen Universitäten und einer Landwirtschaftshochschule in El Salvador, sollte anschließend die salvadorianische Ziegenhaltung, der Gesundheitsstatus der Tiere sowie die Ziegenmilchqualität untersucht werden. Nach Rücksprache mit Prof. Braun wurde die Untersuchung der Ziegenmilch näher definiert und von mir wurde das Budget errechnet und das benötigte Material gekauft. Nach Erstellung des Stichprobenplans wurden Fragebögen, Untersuchungsang, Routen sowie Arbeitsweise von mir erstellt und vor Ort mit TA De Gracia diskutiert. Die zu dem Zeitpunkt aktuelle Ziegenpopulation wurde mit Hilfe von amtlichen Tierärzten erfasst. Ich habe alle Ziegen untersucht und alle Milchproben gezogen. Alle Interviews zur Ziegenhaltung, Milchhygiene, Konsum und Vermarktung wurden von mir, anhand des Fragebogens, durchgeführt. Die Milchproben wurden von mir ins Zentrallabor für Tiermedizinische Diagnostik des MAGs in San Salvador, transportiert und von dem salvadorianischen Fachpersonal analysiert. Ich habe die Hautgeschabsel genommen und auf Ektoparasiten mikroskopisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie wurden von mir zusammengestellt und mit der Hilfe von Dr. Köthe statistisch ausgewertet. Ich habe das Paper erstellt und die Korrekturen wurden von Prof. Braun und TA De Gracia vorgenommen. Auch für diese Publikation habe ich die Überarbeitung des Manuskripts, im Zusammenhang mit dem Review Prozess, realisiert.

Goat production in El Salvador – a focus on animal health, milking hygiene and raw milk quality

Kristina Linderot de Cardona^{a, c, *}, Abelardo De Gracia Scanapieco^{a, b}, Peggy G. Braun^c

^a Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), Headquarters, Calle Ramón Belloso, Final Pasaje Isolde, Edificio OIRSA, Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador

^b OIRSA Representation in Panama, Área Social de Clayton, Calle Hocker, Casa 1012 A-B, Panama

^c Institute of Food Hygiene, Center of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Universität Leipzig, An den Tierkliniken 1, 04103 Leipzig, Germany

* Corresponding author. *E-mail address:* klinderot@gmail.com (K. Linderot de Cardona)

Abstract

Often referred to as “the poor man’s cow” goats are important livestock in developing countries and in El Salvador goat management and milk is growing in popularity. This study focuses on the general health of Salvadoran goats, national husbandry systems as well as goat products and milking hygiene. The survey was submitted in western and central parts of the country: 191 goat owners were interviewed on animal management and production, 434 goats underwent a basic clinical exam, and raw milk samples were taken from 60 lactating does. Milk samples were examined for total plate count, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, and *Listeria monocytogenes*. The majority of goats were managed under a traditional husbandry system naming milk production as their main purpose. Based on the physical exam, the overall goat health was acceptable but in need of improvement. The results of the raw milk samples did not indicate a mayor microbial contamination. Development programs and education of Salvadoran goat owners is recommended to improve goats’ health and productivity in El Salvador. Further studies on the microbial quality on raw goat’s milk are necessary to determine the health risk when consumed. The information obtained in this investigation will serve as a base for future projects.

Keywords: El Salvador; Goats; Management; Milk samples; Production

Introduction

Goats were among the first animals to be domesticated 8,000 BC and to this day, it is the species with the largest growth in population around the world (BOYAZOGLU et al. 2005). In addition, more than 90 % of goats are found in developing countries, where they play an important role in the sustenance of rural households (DEVENDRA 2013, KOSGEY und OKEYO 2007). They are usually kept in smallholder production systems under basic husbandry circumstances providing poor families with meat, milk and fiber. Aside their beneficial products that assure a supply of high valuable protein to people living on the poverty line, goats also present an insurance against crop failures, function as investments for emergencies and social events (DEVENDRA 1981, HOLST 1999).

These small ruminants are highly adaptable to harsh environments surviving on little feed and water (PEACOCK 2005). Goats efficiently convert nutrients from poor quality forage to relatively high milk yields and in comparison to livestock, demand less feed, care and economic input (KOSGEY und OKEYO 2007, LEBBIE 2004). Goat milk production has increased significantly in the past decades and goats have become important for milk production in humid tropics as it represents an economic substitute to milk from cattle (DEVENDRA 1980, MORAND-FEHR et al. 2004, SCHETTINO et al. 2013). The composition of goat milk has nutritional advantages to people with health problems and its consumption is often recommended by health care professionals (HAENLEIN und ABDELLATIF 2004, VRIES 2008). Aid projects with goats have led to improvement of subsistence for many families in developing countries. However, little scientific information is available on small ruminants in less developed countries and enhancement programs can only become successful, if the current situation on goat husbandry is known (AHUYA et al. 2009, KOSGEY et al. 2008, VRIES 2008).

For El Salvador the circumstances are no exception; there is no official data available on the existing goat population, herd sizes, herd distribution, feeding, animal health and control, management systems, and so forth (Personal communication with the Salvadoran Ministry of Agriculture and Salvadoran Faculties of Veterinary Science). In addition, the consumption of goat milk has grown in popularity since it is considered to have medical benefits and animals are many times milked on the local market for fresh consumption with no control by authorities (Personal communication with Salvadoran Ministry of Agriculture and locals). This study attempts to provide elementary information on the present condition and health of Salvadoran goats, the most common husbandry systems

practiced and the principal products gained and their process hygiene. Furthermore, this survey will function as a base for future investigations and aid projects.

Material and methods

Study area and design

Known as the Land of Volcanoes, El Salvador is the smallest Central American country bordering the Pacific Ocean, Guatemala and Honduras. The climate is tropical with an annual rain season from May to October and a dry season from November to April. The maximum altitude is 2.730 m above sea level (CIA 2015). The Human Development Index for El Salvador is 0.666 (rank 116, 2014) and the Gross National Income per capita is 3,920 US\$ (2014) (UNDP 2019, WORLD BANK 2018). For administrative purposes of the public and agricultural sector, the country is divided into four regions (MAG 2011). A two-stage cluster sampling technique was conducted in region I-III (region IV was excluded due to logistical reasons) to determine the farms to be included. As a result of nonexistent data on the goat population and its distribution, cantons were selected by clusters and the number of cantons to be included in the study was calculated in conformity with the table by Cannon (CANNON 2001). 43 cantons with an existing goat population were randomly selected using Excel 2010 (Microsoft Inc., USA). 178 farmers from selected cantons entered the survey that was carried out between May 2013 and May 2014. Since those 178 farmers only kept a few animals per establishment, 13 large herd animal owners that sell milk for a commercial purpose, entered the study additionally [additional group (AG)]. The results of this group were evaluated separately.

Data collection and analysis

The survey was conducted by personal interviews with farmers using a set of structured questionnaires (available in Spanish upon request). During the interview 44 questions, mostly in the form of open questions, were read out to the farmer. The answers given by the livestock owner were ticked against a prepared list in the questionnaire and if the answers did not exist, they were written down. The inquiry was designed to obtain information on general flock sizes, type of husbandry and establishments, feeding management, animal health as well as veterinary services. Corresponding to the obtained information, herds were assigned to a management system as follows: *semi-intensive*: establishment with stable or corral with weather shield; registering estrous, mated animals and births; use improved

pastures and concentrate feeds, *extensive*: establishment with corral, registering of estrous as well as mated animals and/or births; feeding of supplements, *traditional*: animals pasture free or a tethered; records nonexistent; no feeding of supplements (DEVENDRA 1981, IMPASTATO PLANELLES 2013). Furthermore, the questionnaire was designed to gain information on the purpose of keeping goats, an estimation of milk yields and lactation length, milking hygiene and the consumption of raw milk, and the commercialization of milk and meat. All herds within the selected canton entered the survey; however, a few exceptions were made due to refusal by the goat owner or as a consequence of unsafe neighborhoods. All female and male goats older than 6 months underwent a short general examination to evaluate their overall condition, mean age and gender as well as most common breeds. A total of 335 animals were examined (further 99 goats from the AG). The nutritional condition of the goats was evaluated with the means of a body condition score (BCS). Scores were assigned by applying a scale from zero to five as follows; BCS 0: cachectic, BCS 1: very thin, BCS 2: thin, BSC 3: backbone is not prominent, BCS 4: backbone and ribs cannot be seen, BCS 5: excessive fat (BAUMGARTNER 2005, CIMEN und TOPCU 2013, SMITH und SHERMAN 2009). The length of the hooves was evaluated and registered either as physiological length or as overgrown. Samples were taken upon detection of external parasites, preserved in individual tubes with 70 % ethyl alcohol and classified at the end of the survey. The results are presented in three main subjects: animal condition and health, animal management, products, and their microbial quality.

Raw milk samples and diagnosis

To determine the microbial quality of the milk, 60 lactating goats from herds distributing the milk for commercial purpose were sampled (herds from selected cantons and AG). The udder was cleaned, disinfected with 70 % ethyl alcohol and several streams of milk were discarded prior to collection of aseptic milk samples (200 mL) from both udder halves. Samples were promptly refrigerated ($+8^{\circ}\text{C} \leq T \leq +10^{\circ}\text{C}$) and transported within five hours to the Central Laboratory of Veterinary Diagnostics, Ministry of Agriculture in San Salvador. Microbiological cultures were plated for aerobic mesophilic counts [total plate count (TPC)], *Staphylococcus (S) aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia (E) coli* and *Listeria (L) monocytogenes*. Samples were tested and interpreted by accredited assays according to AOAC (Association of Official Analytical Chemists) and BAM/FDA (Bacteriological Analytical Manual/Food and Drug Administration) (AOAC 2014, BAM/FDA 2014).

Results

Animal condition and health

Out of 335 (99 in the AG) examined goats, 265 (79 %) were female and 62 (21 %) were male [AG: 85 (86 %) and 13 (14 %) respectively]. Seven (two percent) bucks were castrated [AG: one (seven percent)] and one animal was a hermaphrodite. All animals were crossbred (criollo) goats, however, a dominance of phenotype from exotic breeds was detected as follows: 67 % Anglo-Nubian, 7 % Saanen and Alpine and 5 % Toggenburg (AG: 76 %, 6 %, 4 %, and 3 % respectively). The majority of goats were four years or older (41 %, AG: 58 %) and had a BCS of one, two or three [20 %, 36 % and 42 % (AG: 21 %, 39 % and 37 %) respectively]. 61 % of the animals (AG: 38 %) had overgrown feet and 23 % (AG: 25 %) were infested with external parasites. All the parasites had the same morphology and were diagnosed as goat biting lice [*Bovicola (Damalinia) caprae*] by microscopic identification (BATES 2012, PENN VET 2009). During examination, pathologies such as dilation of teats, abnormal hoof structures, nonphysiologic vaginal discharge and testicle asymmetry were detected sporadically in different animals. 33 farmers (AG: 5) reported animal losses due to disease and 44 (25 %) [AG: 3 (25 %)] informed on a number of visible clinical signs (abortion, mastitis, weak lambs, infertility, anorexia, dystocia, metritis, diarrhea and sudden death). Only six farmers (AG: three) sought veterinary help.

Animal management

The vast majority of farmers owned 1-5 animals (95 %). Out of the additional group 54 % had small herds and 23 % were keeping flocks of 20-40 individuals. 92 % (AG: 69 %) practiced a traditional husbandry system, 8 % (AG: 15 %) were identified as extensive management systems and only one farm from the AG managed their animals in a semi-intensive system. 16 % reported (AG: 38 %) to hold a record on either breeding dates or births and 72 % (AG: 62 %) acquired a method to determine estrous. The majority had been practicing goat husbandry for the last one to five years (63 %, AG: 54 %) and most goats were kept under a mixed herding system together with other species (Figure 1). 89 % of the farmers (AG: 69 %) reported a complete lack of hoof trimming. Vaccination of animals was scarce, 6 (3 %) animal holders vaccinated against anthrax (*Bacillus anthracis*) and/or *Pasteurella multocida*, *Mannheimia haemolytica*, *Clostridium (C) chauvoei* and *C. septicum*. For the additional group, three (23 %) owners were vaccinating their animals. In 48 % of the establishments (AG: 69 %) goats were treated with anthelmintics, whereby the majority applied Avermectins [(Ivermectin, Doramectin) 88 %,

AG: 78 %], Benzimidazoles [Albendazole, Fenbendazole (12 %, AG: 33 %)] and Levamisole (1 %, AG: 11 %). Tethering (92 %), followed by free ranging (40 %) was the most common form of letting the goats graze in selected cantons. The herds from the AG were larger and 77 % let their animals pasture freely and 69 % also used to tether them. 34 % of the establishment (AG: 62 %) had some sort of corral or stable to lock up their livestock and the majority (95 %, AG: 100 %) held a weather shield. 10 % (AG: 15 %) kept their animals in the house at night or as a protection against rain. Only 17 % of the goats from selected cantons had access to water ad libitum whereas the number from the AG was 54 %. The forage derived from grass, shrubs, trees and wild herbs. Only five farmers (AG: 0) additionally fed hay or silage; however, 164 (92 %) goat owners [AG: 10 (77 %)] fed supplements (concentrate feed, corn and/or sorghum) throughout the year or during lactation. 150 (84 %) also fed household residues [AG: 8 (62 %)].

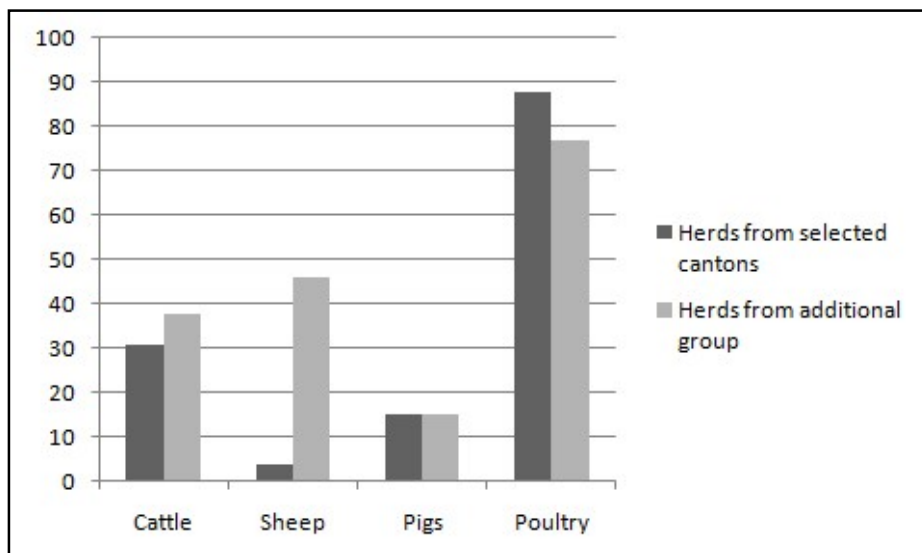


Figure 1: Herds stating mixed farming systems: divided by species and presented in percentage

Products and milking hygiene

53 % of the animal owners (AG: 54 %) put milk production to be the principal function of their animals, followed by dual-purpose animal keeping (30 % AG: 31 %). Only 3 % (AG: 8 %) had goats mainly for meat production, commerce or adornment. It should be noted that farmers were asked to name the main reason for having goats; naturally those interested in milk production also used animals for breeding and commerce. 74 % (AG: 13 %) held dairy goats for subsistence milk needs, whereas 25 % (AG: 88 %)

also sold the milk, primarily (94 %) directly from their homes. The majority of dairy goat owners from the AG (57 %) distributed the milk on local markets, either in bottles or milking the goats directly in the street. The numbers are similar for meat production, 89 % of farmers had goats for their personal needs and 50 % from the AG slaughtered the animals for their own use or commerce. The goats were either sold alive or freshly slaughtered at the establishment.

Most farmers estimated lactation length to be 150-180 days (35 %, AG: 50 %) and 90-120 days (33 %, AG: 25 %). Some households milked their goats up to a year (10 %, AG: 25 %). The majority (91 %, AG: 100 %) were milking their goats once a day, usually in the morning, leaving the rest of the milk for the lambs. Notice that kids are not weaned and the milk is shared for human purpose and offspring nutrition. Main milk yield was estimated between 750-1500 mL and less than 750 mL (74 % and 16 % respectively). The majority of goats from the AG had a somewhat higher production rate: 50 % produced 750-1500 mL and 38 % yielded up to 1500-2250 mL.

Almost all goat holders (99 %, AG: 100 %) indicated to wash their hands prior milking, however, 18 % (AG: 0 %) did not clean the udder. 16 % (AG: 38 %) never filtered the milk before consumption, especially those milking directly in cups for sale on the market. Neither milk (84 %) nor meat (66 %) was accustomed to be cooled, thus consumed directly or dried. On the contrary, 75 % from the AG indicated to refrigerate the milk and 50 % cooled or froze the meat after slaughter. For the most part, people were only interested in the milk production, when asked upon other dairy products, 8 % (AG: 38 %) indicated to manufacture cheese from leftover milk. One farmer alone had also made butter. 88 % (AG: 75 %) consume raw milk and 46 % (AG: 50 %) boil the milk, amongst those were people that usually consume the milk raw but occasionally drank boiled milk. Microbiological results from the raw milk samples are summarized in Table 1.

Table 1 Results of 60 raw milk specimens. The range of cell counts from all samples is presented in colony forming units per milliliter (CFU/mL).

	TPC ^a CFU/mL	<i>S. aureus</i> CFU/mL	<i>Salmonella</i> spp. in 25 mL	<i>E. coli</i> CFU/mL	<i>L. monocytogenes</i> in 25 mL
CFU (range)	<10-4.8x10 ³	<10-3.9x10 ³	absence	<10	absence

^aTotal Plate Count (aerobic mesophilic bacteria)

Discussion

This is the first study on caprine health, management and production in El Salvador and the purpose was to provide a better understanding of the goat husbandry systems practiced. In Latin America the main purpose of keeping goats is for their meat and estimations by the FAO on goat products for El Salvador only include meat production since information on milk production is lacking (FAO 2013, SMITH und SHERMAN 2009). However, the results of this survey reveal that the major use for goats is milk production and to a smaller extent dual-purpose. The animal holders' preference of keeping does instead of bucks leads back to the main purpose of owning goats. In accordance to the findings of this study, the crossing of criollo goats with exotic dairy breeds have been described in El Salvador, Guatemala and Costa Rica (CATIE 1987, GALDÁMEZ LÓPEZ 2009).

Over 55 % of the animals in this study had a fairly acceptable to poor body condition (BCS: one to two) and according to literature, the mean BCS under intensive dairy goat conditions should be three for good milk yields. An inadequate nutritional state leads to reduced production and fertility performance (MORAND-FEHR 2005, SMITH und SHERMAN 2009). Most goats were four years or older and a fourth were infested with lice, a similar situation was found in an Argentinean study where goat herds were made up by older animals with poor body conditions and infested with biting lice (MARTÍNEZ et al. 2013). The most widespread ectoparasites of goats are lice and in general, animals of poor body condition are infested. Furthermore, biting lice cause irritation to their hosts which may lead to reduced feed intake and poor performance (BATES 2012, ECKERT 2008, SMITH und SHERMAN 2009). While there was no difference in BCS and lice infestation of the two groups, more than half of the goats of the AG had a physiological hoof length in comparison to goats from selected cantons (39%). In general, a fourth of the animals from both groups had overgrown hooves, which is led back to the complete lack of hoof trimming among goat owners. Trimming should be realized according to the amount of exercise the goat gets, but at least once a year. Overgrown feet lead to diminished feed intake which leads to weak kids with low birth weight, decreased milk yield and lower weight gain (STROBEL 2014). Only a handful of goat keepers reported to seek veterinary assistance, however, comparing the two groups animal owners in the AG were more disposed to do so than the ones from selected cantons. Although the Official Veterinary services offered by the Salvadoran Ministry of Agriculture are free, goat owners were unaware of this service or did not know that the veterinarians also attended goats. In less developed

countries, it is common that Veterinary Assistance is focused on large livestock which is seen as economically more important, leaving small scale farmers marginalized from these vital services (ALEXANDRE und MANDONNET 2005, PEACOCK 2005, PHILLIPS 2012, VRIES 2008).

The goats were managed under a traditional or extensive management system, a husbandry practice common in the tropics. These systems are of advantage since they require little economical input such as family labor, small flocks, basic establishments, small feed investments and are of little risk. However, the level of productivity is low because of circumstances such as underfeeding, diseases as well as poor husbandry and these negative characteristics were all determined in this study (DE LA ROSA CARBAJAL 2011, DEVENDRA 1981, IMPASTATO PLANELLES 2013, LEBBIE 2004). Goats were tethered or grazing freely, which gives them the opportunity to seek diversity in their ingesta containing necessary nutrients at no additional cost. Nevertheless, studies show that the energy supply in plants of the tropics is often reduced (ALEXANDRE und MANDONNET 2005, RAMIREZ 1999). Farmers would give supplements rich in starch but this can only compensate low energy forage in limited amounts, since goats are very sensitive to feeds poor in fiber and rich in concentrates (MORAND-FEHR 2005). As mentioned before, underfeeding is common in the tropics and often not controlled, furthermore, the poor body condition of the goats in this survey is probably due to inadequate nutrition (ALEXANDRE und MANDONNET 2005, DEVENDRA 1980). In Central America supplements normally consist of corn, sorghum, and to a low extent concentrate feeds for dairy cattle (because of the economic input). A cheap alternative to increase the goats' energy intake could be the feeding of bananas (CATIE 1987, LEDIVIDICH et al. 1976). Most goats in this study did not have access to water ad libitum although a sufficient water intake takes priority over the animals' nutritional needs and under tropical conditions, the water necessity is higher than the requirement for energy. When goats consume fiber rich diets low in energy, their water intake rises even more and ignored water demand leads to lower feed consumption (MORAND-FEHR 2005).

About half of the goat keepers administer anthelmintics; the other half did not think of deworming as necessary or had no knowledge of its practice. However, the majority of substances applied were Avermectins, which have a milk withdrawal time up to 60 days or are not authorized to be applied in dairy goats because of the potential toxicity of residues (FREY und ALTHAUS 2007, JACOBBER et al. 2006). In El Salvador and Latin America in general, there are no restrictions on the purchase and use of most

medicines, leading to pesticide input with no veterinary supervision. Furthermore, Ivermectin is sold under a number of different brands, many at a low and very accessible price, which is the main reason for a wide input, resulting in growing resistances among parasites and high residues in products that if controlled, would be inappropriate for human consumption (HENRIOUD 2011, KOLBERG et al. 2009, MOLENTO et al. 2011).

Managing goats was something recently initiated by half of the animal owners. The majority in both groups could determine estrous in animals but a minority kept a record of mating and births, however, goat owners in the AG were more likely to keep a register. These facts together with the lack of hoof trimming, almost to none vaccination regimes and the absence or inadequate use of anthelmintics testify of insufficient education on the basic management of goats, a common situation in developing countries (BOYAZOGLU et al. 2005, MARTÍNEZ et al. 2013). To improve the situation, farmers should be trained on basic husbandry such as adequate feeding, animal health, breeding and production. One efficient way of distributing education is helping smallholders to form associations that have access to education on goat management and veterinary service. Improving the welfare for animals will also improve the welfare of their owners (LEBBIE 2004, PHILLIPS 2012, VRIES 2008). While cattle owners are members of different local associations, such a group is still absent for goat owners in El Salvador (Personal communication MAG).

The animal owners charted from the selected cantons kept one to two goats mainly for their own personal needs of milk and meat, which explains the small flock sizes. Herds from the additional group consisted of 20-40 animals and goat keepers emphasized the commercial purpose of the products. A similar situation on the purpose of goat products has been reported in Honduras and Guatemala (CATIE 1987). The mean lactation length reported in this study is comparable to data from Honduras, Guatemala, Ethiopia and the tropical Asian region, but much lower than in Costa Rica and Chile. In selected cantons milk yield was about 750 mL/ goat /day, similar amounts have been described in other tropical countries. Goats from the AG had an estimated milk production of 1500 mL/ day, although of a shorter lactation length, these yields are comparable to animals in more intense production systems in Mexico, Chile and Costa Rica (BONILLA ESPÍNDOLA et al. 2001, CATIE 1987, DEGEN 2007, DEVENDRA 1980, HAENLEIN und RAMIREZ 2007). In general, lower milk yields and shorter lactation lengths are

common in the tropics and a result of limited water supplies and inadequate nutrition, such as low energy intake and mineral deficiencies (DEVENDRA 1980, HAENLEIN und RAMIREZ 2007).

A basic milking hygiene (i.e. washing of hands and udder, filtration of milk) was practiced by most goat keepers; comparing the two groups owners in the AG were more prone to clean udders before milking but less likely to filtrate the milk than those in selected cantons. Whether or not meat and milk were cooled was of little significance, since milking or slaughtering was executed contemporary to consumption or preparation. The great majority of people in this survey were consuming raw goat milk, although some stated an occasional boiling of the milk before drinking. The health hazards associated with raw milk consumption is the ingestion of infectious pathogens and this risk outweighs any nutritional benefits that may come from drinking unpasteurized milk (AAP 2014, LEJEUNE und RAJALA-SCHULTZ 2009, OLIVER et al. 2009). Many people were unaware of these perils, once again stating the necessity of education among goat keepers. In addition to ignorance, a great number of people drink raw milk because of costume or convenience and the milk sold directly in the streets is under no regulations. It is highly recommended that unpasteurized goat milk commercialized to the public should be subjected to official controls (KLINGER und ROSENTHAL 1997).

The raw milk samples from 60 goats did not indicate a major microbial contamination and there were no significant differences between milk samples from selected cantons and AG. The low number of microorganisms in the milk samples of this study could be related to the fact that the goats sampled came from rather small herds that were all milked by hand. Further it could be based on good pre-milking standards, no influence of inadequate clean milking equipment (in this study no farms used milking equipment) and a low threat of infection due to small herds which has also been described by other authors (CORNELL UNIVERSITY 2008, D'AMICO und DONNELLY 2010). The results for TPC in this study correspond to the quality of a grade A milk according to the Salvadoran code for raw cow's milk¹ (no Salvadoran standard for raw goat milk is available) (CONACYT 2006). TAUFIK et al. (2011) reported similar results for TPC (5.4×10^3 CFU/mL) in raw goats' milk from udder half milk samples in Indonesia. In comparison to an investigation from South Africa (TPC of 4.8×10^4 CFU/mL in caprine udder half milk samples) the results for TPC assessed in this survey were lower (KYOZAIRE et al. 2005). The isolations

¹ Classification of raw cow's milk; Grade A: $\leq 300\,000$ CFU/mL, Grade B: $> 300\,000 \leq 600\,000$ CFU/mL, Grade C: $> 600\,000 < 900\,000$ CFU/mL.

of *E. coli* were insignificant (< 10 CFU/mL) and the absence of *Salmonella* spp. and *L. monocytogenes* has been described by other authors (ARAYA et al. 2008, FOSCHINO et al. 2002, SUGUNA et al. 2012). The maximum limits for *S. aureus* are not contemplated by the Salvadoran norm for raw cow's milk and the amounts necessary for this germ to produce sufficient toxins that would cause a food-borne intoxication is 10^5 CFU/mL. With the amounts presented in this investigation ($< 10\text{-}3.9 \times 10^3$ CFU/mL), there is no risk of illness if the milk is consumed instantly. Nevertheless, farmers claimed that milk usually was not cooled and when stored under room temperature, growth of bacteria could exceed this limit (CUPÁKOVÁ et al. 2012, GIEZENDANNER et al. 2009).

Conclusions

The results from this study reveal the requirement for development programs in Salvadoran goat husbandry. Education of goat owners and improved accessibility of veterinary services would promote not only animal health and wellbeing but enhance goats' productivity. Furthermore, a better management system also implies an advanced subsistence of rural households that own goats. In addition, the implementation of official microbiological controls of goat milk is highly recommended, since consumption and commerce of raw milk are executed at a large scale. The samples in this survey did not exceed health code regulations, however, additional investigations emphasizing on the microbial quality on Salvadoran goat milk are necessary for a reliable statement that excludes a public health risk associated with drinking raw goat milk in El Salvador.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgements

This work was financially and technically supported by Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). The authors would like to thank the technical staff and the Central Laboratory of Veterinary Diagnostics, Salvadorian Ministry of Agriculture for the assistance of the field work and diagnostics. They thank also C. Zepeda and E. Bravo for help with statistics.

4 Übergreifende Diskussion

Die vorliegende Arbeit sollte den bisher kaum berücksichtigten Aspekt des gesundheitlichen Verbraucherschutzes in El Salvador vor dem Hintergrund des steigenden Rohmilchkonsums beleuchten und bestand daher aus folgenden Zielstellungen: mit der ersten Studie wurde, zum ersten Mal in El Salvador als einheitliches Projekt, die Prävalenz von Brucellose und Tuberkulose bei Schafen und Ziegen sowie das Vorkommen von CAE als Tierseuche untersucht. In der zweiten Studie wurde die salvadorianische Ziegenhaltung erfasst, mit dem Fokus auf Tiermanagement und Tiergesundheit allgemein sowie Melkhygiene, Rohmilchqualität als auch Konsum und Vermarktung der Ziegenprodukte.

Insgesamt stellt sich hinsichtlich der beiden Zoonosen BR und TB mit angenommenen Prävalenzraten < 5 % die Situation als relativ günstig da. LUCERO et al. (2008) berichten zwar von *B. abortus* Isolaten bei salvadorianischen Rindern, aber die Ergebnisse in der ersten Studie dieser Dissertation belegen keine seropositiven Schafe und Ziegen (*B. abortus*). Eine Untersuchung auf *B. melitensis*, dem Haupterreger der Schaf- und Ziegenbrucellose (GODFROID et al. 2010), war zu dem Zeitpunkt der Studie nicht möglich, (da keine kommerziellen Testkits für diesen Erreger nach El Salvador geliefert werden konnten). Allerdings sind, mit der Ausnahme von Mexico [hier *B. melitensis* (SOLORIO-RIVERA et al. 2007)], in Lateinamerika meist niedrige Prävalenzen (um 1 %) von *B. abortus* bei kleinen Wiederkäuern beschrieben (LILENBAUM et al. 2007, MARTINS et al. 2012, SOLORIO-RIVERA et al. 2007, TIQUE et al. 2010). BOUKARY et al. (2013), MUÑOZ et al. (2005) und ROMAN et al. (2013) beschreiben falsch-positive Ergebnisse im RBT aufgrund Kreuzreaktionen mit Ak zu *Yersinia enterocolitica* O:9, *Escherichia coli* O:157, *Vibrio cholerae*, *Francisella tularensis* und *Salmonella* der Gruppe N. Die schwache Agglutination im RBT der vier Schafseren, sind wahrscheinlich auf solche Kreuzreaktionen zurückzuführen. Da der RBT Brucellen, die in der R-Form wachsen, nicht detektiert werden, ist eine Infektion mit *B. ovis* unrealistisch. Dieser Meinung sind auch ABDOEL et al. (2008) und GODFROID et al. (2010). Es ist davon auszugehen, dass die Prävalenz von BR bei kleinen Wiederkäuern, wie in anderen lateinamerikanischen Ländern (LILENBAUM et al. 2007, MARTINS et al. 2012, TIQUE et al. 2010), unter 5 % liegt (Studienprävalenz war auf 5 % mit einem Konfidenzniveau von 95 % gesetzt). Mit dieser Dissertation wurde belegt, dass Schafe- und Ziegen hauptsächlich in kleinen Herden gehalten werden. Hier ist eher eine geringe Anzahl an seropositiven Reaktoren zu erwarten, da die Erregerübertragung

Übergreifende Diskussion

nicht begünstigt wird. Dies sind auch die Aussagen von COELHO et al. (2008) und SOLORIO-RIVERA et al. (2007) in BR-Prävalenzstudien kleiner Wiederkäuer in Portugal bzw. Mexiko.

Tuberkuloseinfizierte Schafe und Ziegen konnten mit diesen Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Die eine Ziege, die nach dem Simultantest eine positive Reaktion aufwies und auch pathognomische Läsionen zeigte, ergab sich als nicht infiziert (weder mit Erreger des MTC noch mit *Mycobacterium* spp.) in der weiterführenden Diagnostik. POLLOCK et al. (2000) beschreiben unspezifische und falsch positive Reaktionen beim Tuberkulin Hauttest. Dies war auch in der Studie zu dieser Arbeit der Fall, da 18 bzw. 13 % der untersuchten Tiere auf den Monotest reagierten, aber sich im Simultantest als negativ erwiesen. Solche Reaktionen beruhen meist auf Sensibilisierungen von umweltassoziierten Mykobakterien, Bakterien aus dem MAC sowie Kreuzreaktionen mit *Nocardia* spp. und *Corynebacterium pseudotuberculosis* (BEZOS et al. 2012b, DE LA RUA-DOMENECH et al. 2006, SHANAHAN et al. 2011). Des Weiteren wird häufig der Kontakt zu Haus- und Wildgeflügel als Quelle für die Sensibilisierung diskutiert (ÁLVAREZ et al. 2008, BUDDLE et al. 2015, PROANO-PEREZ et al. 2006). Die Befragung innerhalb der Dissertation ergab, dass kleine Wiederkäuer vor allem mit Geflügel zusammengehalten werden. BEZOS et al. (2010) dokumentieren, dass Co-infektionen mit *M. paratuberculosis* bei Ziegen zu einem falsch negativen Ergebnis im Simultantest führen. Da der Status der Paratuberkulose bei salvadorianischen Haustieren unbekannt ist, kann ein möglicher Einfluss auf die Ergebnisse dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Wie bereits bei der Diskussion zu den BR-Daten schon erwähnt, ist auch im Zusammenhang mit der ovinen und caprinen TB davon auszugehen, dass im Falle eines Vorkommens in El Salvador, die Prävalenz unter 5 % liegt. HIGINO et al. (2011) und JORGE et al. (2000) nennen Prävalenzen < 1 % zu der ovinen und caprinen TB in Brasilien bzw. Argentinien. Diese Zahlen wären für kleine Wiederkäuer in El Salvador nicht unwahrscheinlich. TSCHOPP et al. (2011) sind der Meinung, dass das Grasungsverhalten von kleinen Wiederkäuern eine Ansteckung erschwert und dies sei einer der Gründe weshalb die TB-Prävalenz äthiopischer Schafe und Ziegen niedrig sei. Dies ist wahrscheinlich für El Salvador auch der Fall. Das extensive Tiermanagement und die Haltung kleiner Tiergruppen zur Unterbindung der Erregerübertragung wird, wie bei der Brucellose, hier ebenfalls beschrieben (ABALOS und RETAMAL 2004, MALONE et al. 2003). Da, wie der Dissertation zu entnehmen ist, salvadorianische Schafe und Ziegen extensiv und meist in kleinen

Übergreifende Diskussion

Tiergruppen gehalten werden, sind auch sehr niedrige Prävalenzen von Tuberkulose bei diesen Spezies in El Salvador zu erwarten.

Das Dekret Nr. 19 ist die regelnde Gesetzgebung für das salvadorianische Bekämpfungsprogramm der RBR und RTB. Es stammt bereits aus dem Jahr 1980 und ist seitdem nicht mehr geändert worden. Kleine Wiederkäuer werden im Dekret erwähnt (bei positiven Zufallsbefund werden Tiere gekeult), aber sind generell nicht im Tilgungsprogramm mit einbegriffen (d.h. sie werden regulär nicht untersucht) (ANON. 1980). Schafe und Ziegen gelten aber als suszeptible Spezies für RBR sowie RTB und sollten daher in das Bekämpfungsprogramm aufgenommen werden, um keine Reservoirs zu bilden. Dieser Ansicht ist auch DIAZ APARICIO (2013) bezüglich der BR-Bekämpfung bei Rindern im Allgemeinen. Ebenso berichtet MALONE et al. (2003) über eine TB-Reservoirbildung bei Schafen in Irland und England die für das RTB-Bekämpfungsprogramm berücksichtigt werden sollte. Das Gleiche beschreiben auch NAPP et al. (2013) für TB-positive Ziegen in Spanien. Des Weiteren müsste das Dekret, bezüglich der diagnostischen Methoden, auf den heutigen Wissensstand gebracht werden. Auch die Erfassung der Tierverbringungen sowie Untersuchungen von Tieren und Tierkörpern an Schlachthöfen sollten in ein erfolgreiches Tilgungsprogramm inkludiert werden. Dies wird bspw. auch von CRESPO LEON et al. (2012) bei der BR-Bekämpfung kleiner Wiederkäuer in der EU und von DUIGNAN et al. (2012), im irischen TB-Tilgungsprogramm, gefordert. In dieser Arbeit wurde bestätigt, dass in El Salvador weder ein Tierregister noch ein System der Rückverfolgbarkeit zur Verfügung steht und geschlachtete Tiere generell weder *ante mortem* noch *post mortem* untersucht werden. Im Sinne des Verbraucherschutzes sollten im Dekret sowie im Bekämpfungsprogramm daher dringend Anpassungen zu den beiden Tierarten ergänzt werden.

CAEV infizierte Ziegen stellen zwar für die menschliche Gesundheit kein Risiko dar, dennoch verursacht diese Tierseuche hohe finanzielle Verluste und sollte daher miterfasst werden. Alle in dieser Arbeit untersuchten Ziegen waren CAEV negativ. In Lateinamerika wird das Vorkommen dieser Erkrankung auch hauptsächlich in Ländern mit einer intensiven Milchziegenwirtschaft wie Mexiko und Brasilien beschrieben (MARTÍNEZ et al. 2006, RODRIGUES DE SOUSA et al. 2014). Das Virus soll dabei durch Importe reinrassiger Milchziegen aus Europa und den USA eingeschleppt worden sein (ASSIS BANDEIRA et al. 2009, PETERHANS et al. 2004, RAMÍREZ et al. 2011). Milchziegenrassen wie Saanen und Toggenburg sind sehr Infektionsanfällig, während einheimische Rassen (auch die hier untersuchte

Übergreifende Diskussion

Criollo- Ziege) als widerstandsfähiger charakterisiert bzw. in Criollo-Herden meist niedrige Prävalenzen beschrieben werden (LARRUSKAIN und JUGO 2013, LEYVA GRADO et al. 1998). Daher ist ein Ergebnis, auch da keine Direktimporte aus Endemiegebieten erfasst wurden, mit seronegativen Ziegen in El Salvador nicht überraschend. Allerdings könnten falsch negative Ergebnisse in Voll-Ag-iELISAs (in dieser Arbeit verwendet) vorkommen. TU et al. (2017) beschreiben fluktuierende Ak-Spiegel, eine späte Serokonversion und die phylogenetische Vielfalt des CAEV als mögliche Gründe für ein falsch seronegatives Ergebnis. Die Situation in El Salvador kann also abschließend als günstig hinsichtlich CAE bewertet werden, allerdings sind 2016 und 2017 CAE Einzelfälle in Guatemala, im Department Zacapa, aufgetreten (WAHIS 2019). Eine Einschleppung vom CAEV nach El Salvador ist möglich, da durch diese Dissertation auch nicht offizielle Importe von Ziegen aus Guatemala erfasst wurden.

Die Daten aus dieser Arbeit bestätigten, dass die salvadorianische Ziegenhaltung, der in der Literatur beschriebenen SPS entspricht (KOSGEY und OKEYO 2007). Im Gegensatz zu Statistiken der FAO und Studien aus anderen Entwicklungsländern, die Ziegenhaltung hauptsächlich der Fleischproduktion zuordnen (FAO 2013, LEBBIE 2004), zeigt sich in dieser Arbeit, dass in El Salvador Ziegen hauptsächlich der Milchproduktion dienen. Die salvadorianischen Ziegen werden extensiv gehalten; meistens frei grasend oder getüdert um ihr eigenes Futter zu suchen, in der Mehrheit ohne Kraftfutterfütterung und ohne Wasser ad libitum. Die mittlere Laktationslänge (150-180 Tage), entsprach beschriebenen Daten aus den Nachbarländern Honduras und Guatemala, in denen ähnliche Haltungssysteme vorhanden sind (CATIE 1987). Die mittleren Milchleistungen (1500 ml/Tag) der Ziegen aus der AG sind mit Zahlen aus Mexico, Chile und Costa Rica vergleichbar, obwohl dort eine intensivere Ziegenproduktion zu verzeichnen ist (BONILLA ESPÍNDOLA et al. 2001, CATIE 1987, HAENLEIN und RAMIREZ 2007). Die Milchleistungen der meisten Ziegen waren aber generell niedriger (750 ml/Tag) und entsprachen der von CATIE (1987) beschriebenen Milchleistung guatemaltekischer Ziegen. Zusammenfassend wiesen die Ziegen aus dieser Studie einen mäßigen BCS (1-2) sowie eine relativ kurze Laktation und eine niedrige Milchleistung auf. Diese Leistungseinbußen bei in den Tropen gehaltenen Ziegen sind meist in direktem Zusammenhang mit der schwankende Qualität des Raufutters sowie mit dem erhöhten Wasserbedarf zu sehen (ALEXANDRE und MANDONNET 2005, MORAND-FEHR 2005), was auch für die in dieser Dissertation untersuchten Tiere zu bestätigen ist.

Übergreifende Diskussion

Mangelnder Ernährungszustand der Tiere, Ektoparasitenbefall und zu lange Klauen wurden in den hier vorgelegten Untersuchungen häufig erfasst, die befragten Ziegenhalter gaben sonstige Erkrankungen allerdings nur selten an. SILVA et al. (2014) berichteten in brasilianischen Rinder-, Schaf- und Ziegenherden über weniger Gesundheits- und Haltungsproblemen durch niedrigere Besatzdichte in nicht-intensiven Haltungssystemen, was auch für die hier untersuchten extensiv gehaltenen Ziegen gelten könnte. Allerdings könnte auch ein nicht Erkennen von Symptomen und Läsionen der Grund für die niedrige berichtete Anzahl an Krankheitsereignissen sein, wie es MARTÍNEZ et al. (2013) für eine Studie über Ziegengesundheit in Argentinien beschreiben. BOYAZOGLU et al. (2005) referierten über ein häufiges Fehlen an Managementkenntnissen bei Ziegenhaltern in Entwicklungsländern und die Ergebnisse aus den Studien zu dieser Arbeit bestätigen, dass es in El Salvador ebenfalls zutrifft. Geringe Kenntnisse über Tierernährung, Klauenpflege, Parasitenkontrolle und Impfungen sowie der fehlende Zugang zu tierärztlicher Versorgung der Ziegen drücken den Bedarf an Bildung der salvadorianischen Tierhalter als auch eine Verbesserung des salvadorianischen Tiergesundheitsdienstes aus, wie auch schon PEACOCK (2005) für Afrika hervorhebt.

Die Mehrheit der salvadorianischen Bevölkerung konsumieren Milch roh, da sie auch hauptsächlich so angeboten wird. JAYARAO et al. (2006) nennen Geschmack sowie Bequemlichkeit als Gründe für den Verzehr von unpasteurisierter Milch und die gleichen Argumente für den Rohmilchkonsum konnten in dieser Arbeit dokumentiert werden. Wie in anderen Ländern, existiert auch in der salvadorianischen Bevölkerung ein Aberglaube, der roher Ziegenmilch besondere Gesundheitseffekte zuschreibt (LEJEUNE und RAJALA-SCHULTZ 2009, PIERI et al. 2014, TAUFIK et al. 2011). Ein Ergebnis dieser Arbeit ist auch, dass sich die meisten Salvadorianer der Gefahr der potenziellen Aufnahme von pathogenen Keimen durch Rohmilchkonsum nicht bewusst sind. Dies steht im Einklang mit Studien von GUH et al. (2010) und PIERI et al. (2014) in denen auch Gewohnheiten zu Rohmilchkonsum in den USA bzw. Brasilien, untersucht wurden. HAENLEIN (2004) berichtete über gesundheitliche und medizinische Vorteile durch den Konsum von Ziegenmilch allgemein und diese werden auch vom medizinischen Fachpersonal, besonders in ländlichen Gebieten, in El Salvador empfohlen. Durch die Befragung wurde festgestellt, dass die meisten Ziegen als Milchquelle für ein Kind, ein älteres oder krankes Familienmitglied gehalten wurden. Der Großteil der Ziegenhalter waren aber nicht aufgeklärt, dass das

Übergreifende Diskussion

mögliche Erkrankungsrisiko durch pathogene Erreger in Rohmilch bei Kindern, älteren und immungeschwächten Menschen, höher ist (AAP 2014).

Die Ergebnisse von den 60 untersuchten Ziegenmilchproben in dieser Studie sind vergleichbar mit denen anderer Studien mit ähnlichen Haltungs- und Produktionsbedingungen: eine Gesamtkeimzahl (GKZ) $< 10^4$ KbE/ml aus Eutermilchproben wurde bspw. auch in einer indonesischen Studie von TAUFIK et al. (2011) festgestellt, in der 300 Eutermilchproben aus drei verschiedenen Ziegenherden untersucht wurden. PARK und HUMPHREY (1986) berichten von GKZen von $2,5 \times 10^4$ KbE/ml bei 32 US-amerikanischen Ziegen, die über fünf Monate beprobt wurden. Auch KYOZAIRE et al. (2005) beschreiben höhere GKZen ($3,4 \times 10^4$ KbE/ml) in Südafrika, wo 45 Ziegen dreimal beprobt wurden. Die GKZ in Ziegenmilch beträgt normalerweise $2,5 \times 10^4$ – $3,9 \times 10^5$ KbE/ml (EFSA 2015) und in der EU-VO 853/2004, Anhang III, Abschnitt IX, ist ein Grenzwert für die GKZ Milch anderer Tierarten von 1.500 000 KbE/ml festgelegt, der in dieser Studie weit unterschritten wird. Dies beruht wahrscheinlich auf die hier verwendete kleine Stichprobenzahl bestehend aus einer einmaligen Milchprobe und kann nicht als repräsentativer Mittelwert für salvadorianische Ziegen verwendet werden.

Ähnlich zu den Befunden in dieser Studie beschrieben ARAYA et al. (2008) Werte $> 10^2$ KbE/ml für *S. auerus* sowie eine Abwesenheit von *Salmonella* spp. und *L. monocytogenes* in 25 Handgemelksproben von Ziegen in Costa Rica. Ebenso nannten FOSCHINO et al. (2002) aus Italien Werte für *S. auerus* ($> 10^2$ KbE/ml), *E. coli* (< 10 KbE/ml) und keinen Nachweis von *Salmonella* spp. in Milchtankproben von roher Ziegenmilch. Auch CAVICCHIOLI et al. (2015) haben in einer brasilianischen Studie in der 53 rohe Ziegenmilchproben analysiert wurden, weder *Salmonella* spp. noch *L. monocytogenes* nachgewiesen. Für Ägypten beschreiben OSMAN et al. (2014) ein niedriges Vorkommen (2 %) von *L. monocytogenes* in 107 Handgemelksproben von Ziegen. SUGUNA et al. (2012) konnten keine *L. monocytogenes* Keime aber Werte von $7,9 \times 10^2$ KbE/ml für *Salmonella* spp. in Milchpoolproben von zwei Ziegenherden in Malaysia nachweisen. In der Hinsicht auf die Ergebnisse aus dieser Arbeit, scheint die Wahrscheinlichkeit auf eine Kontamination mit *Salmonella* spp. und *L. monocytogenes* in Ziegenmilch gering zu sein. Dieser Meinung sind auch GONZALES-BARRON et al. (2017) in dem sie niedrige Prävalenzen dieser Keime in Ziegenmilch in einem Review beschreiben.

Übergreifende Diskussion

Auch wenn sich die Befunde der Milchproben aus dieser Studie sehr positiv darstellen, ist der Konsum von roher Ziegenmilch in El Salvador nicht zu empfehlen. Die meisten Ziegenhalter gaben zwar in der Befragung eine grundlegende Melkhygiene (Reinigung von Händen und Euter vor dem Melken, Nutzung von sauberen Gefäßen) an, aber bei der Begehung wurde eher das Gegenteil beobachtet (besonders während des Verkaufs auf der Straße durch die AG). Im Gegensatz zu einer Ausscheidung direkt vom Tier ausgehend, plädieren mehrere Autoren einen unhygienischen Melkvorgang als Hauptursache für eine Kontamination der Milch mit pathogenen Keimen (GAYA et al. 1996, GUH et al. 2010, MAZUREK et al. 2004, ROBERTS 1985, SPANU et al. 2013). Die Ziegenmilch in El Salvador wird generell nicht gekühlt, aber nach Angaben von den Tierhaltern meist sofort verzehrt. Einige Ziegenhalter in El Salvador melken ihre Tiere direkt auf der Straße für den Direktverkauf. Andere Tierbesitzer verkaufen die frisch gemolkene Ziegenmilch auf dem Markt. Die Praxis Milch roh und ungekühlt zu vermarkten, ist laut SWAI und SCHOONMAN (2011) in Entwicklungsländern üblich. Problematisch wird es, wenn die Milch nicht sofort verzehrt wird, sich pathogene Keime, besonders in einem tropischen Klima, vermehren können (POPOVIC-VRANJES et al. 2015, SWAI und SCHOONMAN 2011). Die Befunde für *S. aureus* ($< 10^{-3.9} \times 10^3$ KbE/ml) in den aus dieser Studie frisch ermolkenen Milchproben, stellen bei Sofortverzehr zunächst keine Gesundheitsgefahr dar, weil dieses Bakterium erst ab Werten von $> 10^5$ KbE/ml Toxine bildet (ZEAKI et al. 2019). Es ist aber kritisch zu sehen, wenn die Milch nicht sofort konsumiert wird, da eine Vermehrung und Bildung von Toxinen unter unzureichender Kühlung (CREMONESI et al. 2007, JØRGENSEN et al. 2005) in dem salvadorianischen Klima begünstigt wird. Da bisher eine Regulierung der Qualität und Vermarktung von Ziegenmilch in El Salvador fehlt (MAG 2014), sollte dies nach Auswertungen der Ergebnisse dringend erfolgen. Wie bereits KLINGER und ROSENTHAL (1997) empfehlen, sollte unpasteurisierte Ziegenmilch, die in der Öffentlichkeit vermarktet wird, von der zuständigen Behörde kontrolliert bzw. ggf. eine Erhitzungspflicht eingeführt werden.

Zusammenfassend belegen die Ergebnisse dieser Arbeit den Bedarf an gegenwärtiger Gesetzgebung sowie Bildung in El Salvador. Das Landwirtschaftsministerium (MAG) könnte zusammen mit NROs Workshops direkt in den verschiedenen Kantonen halten. Somit könnten den Ziegenhaltern grundlegende Kenntnisse zur Tierhaltung und Gesundheit, Melkhygiene sowie Zoonosen direkt vermittelt werden. Die Bekanntmachung solcher Workshops sollte am besten über die Gesundheitspromotoren der jeweiligen Kantone realisiert werden. Dabei muss die Ausbildung

Übergreifende Diskussion

praxisorientiert, am besten mit Demonstrationen direkt am Tier und einfach gehalten werden. Zudem sollte vermittelt werden, dass auch Schaf- und Ziegenhalter einen Anspruch auf den kostenlosen Tiergesundheitsdienst des MAG haben. Darüber hinaus kann nur das MAG als zuständige Behörde die Legislativversammlung von El Salvador unter Druck setzen, um das Bekämpfungsprogramm für BR und TB zu aktualisieren. Neben Kontrollen der öffentlich vermarkteten Ziegenmilch sollten die Tierhalter hinsichtlich möglicher Gesundheitsgefahren aufgeklärt werden, um ihren Kunden vom Rohverzehr abzuraten oder eine Erhitzungspflicht (ähnlich wie in der in Deutschland geltenden Tier-LMHV § 17 Abgabe von Rohmilch an Verbraucher) einzuführen. Problematisch ist es, dass ein Großteil der Milch in den ländlichen Gebieten verkauft sowie verzehrt wird und eine Kontrolle aus logistischen Gründen schwer möglich ist. Weitere Aufklärungsmöglichkeiten wären über TV, soziale Medien und die Verteilung von Flyern umsetzbar.

Des Weiteren wurde mit dieser Arbeit erstmalig die salvadorianische Schaf- und Ziegenpopulation stichprobenhaft übergreifend erfasst und die daraus aufgezeichneten Daten dienen als Grundlage für weitere Studien. Eine detaillierte Studie über einen längeren Zeitraum mit einer größeren Stichprobenzahl ist rein praktisch möglich, wenn sie von den regionalen Tierärzten des MAG durchgeführt wird. Dazu müssten die finanziellen Mittel und die Motivation der amtlichen Tierärzte aufgebracht werden. Intensive Langzeituntersuchungen der Ziegenmilch mit höherer Aussagekraft könnten an einer großen Herde in der Nähe von San Salvador durchgeführt werden.

Abschließend soll erwähnt werden, dass die vorlegte Arbeit die Initiative für eine nationale Studie zu BR, TB und CAE bei salvadorianischen Schafen und Ziegen war. Neben den ermittelten Ergebnissen der Studie wurde auch das erste Register zu kleinen Wiederkäuern in El Salvador begonnen.

5 Zusammenfassung

Kristina Linderot de Cardona

Tiergesundheit kleiner Wiederkäuer und Verbraucherschutz hinsichtlich Milchkonsum in El Salvador

Institut für Lebensmittelhygiene, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

Eingereicht im Mai 2021

53 Seiten, 2 Abbildungen, 7 Tabellen, 276 Literaturangaben, 1 Anhang

Schlüsselwörter: Brucellose, Caprine Arthritis-Enzephalitis, kleine Wiederkäuer, Milchhygiene, Tiergesundheit, Tuberkulose, Ziegenhaltung

Einleitung: Die Ziegenmilchproduktion gewinnt in El Salvador ständig an Bedeutung. Salvadorianische Entrepreneurinnen bringen ihre Ziegen in die Stadt, um sie dort zu melken und die Milch direkt auf der Straße zu verkaufen. Es gibt in El Salvador allerdings weder Kontrollen von der an die Öffentlichkeit vermarkteten Ziegenmilch, noch Information zur Ziegenpopulation insgesamt. Die Zoonosen Brucellose (BR) und Tuberkulose (TB) sind in der salvadorianischen Rinderpopulation endemisch. Bislang waren keine Daten über die Prävalenz dieser Erkrankungen bei kleinen Wiederkäuern bzw. zur Qualität der vorwiegend roh verzehrten Ziegenmilch vorhanden. Die Arthritis-Enzephalitis der Ziege (CAE) ist in Mexiko weit verbreitet und wird vereinzelt im benachbarten Guatemala nachgewiesen. Auch hier fehlen Daten für El Salvador für diese relevante Tierseuche.

Zielstellung: Ziel dieser kumulativen Dissertation war daher, das Vorkommen von BR und TB bei kleinen Wiederkäuern sowie CAE bei Ziegen in El Salvador festzustellen. Des Weiteren sollte die salvadorianische Ziegenhaltung in Bezug auf Tiergesundheit und –haltung sowie Melkhygiene als auch Vermarktung und Konsum der Produkte erfasst werden. Darüber hinaus sollte die mikrobiologische Beschaffenheit der rohen Ziegenmilch beurteilt werden.

Material und Methoden: Die Untersuchungen wurden in der Mitte und im Westen El Salvadors durchgeführt. Serumproben wurden von 335 Ziegen und 396 Schafen gewonnen und mittels Rose-Bengal-Test (RBT) auf *Brucella* spp. untersucht sowie, anhand eines kommerziellen indirekten ELISA (iELISA), auf *Brucella (B) abortus* analysiert. Die Proben von den Ziegen wurden zusätzlich mittels iELISA auf CAE diagnostiziert. Der Tuberkulin-Monotest wurde an 330 Ziegen sowie 383 Schafen durchgeführt

Zusammenfassung

und positive als auch fragliche Ergebnisse wurden mittels dem Tuberkulin-Simultantest erneut untersucht. Eine nach dem Simultantest positive Ziege wurde euthanasiert und auf typische Läsionen untersucht. Des Weiteren wurden Organproben für die Histologie, die bakteriologische Anzucht auf *Mycobacterium* spp. und die PCR, gewonnen. Die 335 Ziegen (178 Tierhalter) aus der ersten Studie wurden auch als Probanden in der zweiten Studie verwendet. Ergänzend wurden noch 13 Großherdenhalter (99 Ziegen) als Zusatzgruppe (AG) der Untersuchung beigefügt. Alle Ziegen (n= 434) unterlagen einer allgemeinen Untersuchung und die Haltung, die Melkhygiene sowie der Verzehr als auch der Verkauf der Ziegenmilch wurden mittels Fragebogen erfragt bzw. beobachtet. 60 Milchproben von Ziegen (dessen Milch dem Weiterverkauf diente) wurden mittels bakteriologischer Anzucht auf Gesamtkeimzahl, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* und *Listeria monocytogenes* untersucht. Die Daten wurden mittels deskriptiver Statistik beschrieben.

Ergebnisse: Vier (1 %) Schafe und keine von den Ziegen waren seropositiv im RBT. Bei keinem Tier konnten Antikörper gegen *B. abortus* und dem CAE-Virus nachgewiesen werden. 70 (18 %) Schafe und 43 (13 %) Ziegen zeigten im Tuberkulin- Monotest eine Reaktion, aber nur eine (0,3 %) war nach dem Simultantest positiv. In der weiterführenden Diagnostik wurden keine Mykobakterien nachgewiesen. Das salvadorianische Ziegenmanagement entsprach generell einer traditionellen sowie extensiven Ziegenhaltung und der allgemeine Gesundheitszustand der Tiere war akzeptabel. Die Ziegenmilch wurde roh sowie ungekühlt vermarktet und hauptsächlich unerhitzt verzehrt. Die mikrobiologische Beschaffenheit der Ziegenmilch aus dieser Studie ergab keine pathogenen Erreger und eine zufriedenstellende Gesamtkeimzahl.

Schlussfolgerungen: Insgesamt stellt sich bezüglich der untersuchten Erkrankungen (Prävalenz < 5 % für BR, TB und CAE) sowie zufriedenstellende Daten zur Milchqualität eine günstige Situation dar. Dennoch dienen die Daten aus der vorliegenden Arbeit als Grundlage für umfangreichere Untersuchungen zu Prävalenzbestimmungen der untersuchten Krankheiten bzw. zur Rohmilchqualität, mit denen bereits begonnen wurde. Um keine Reservoirs zu bilden, sollten kleine Wiederkäuer dringend in das Bekämpfungsprogramm der Rinder-BR und -TB miteinbezogen werden. Die an die Öffentlichkeit vermarktete Ziegenmilch sollte behördlichen Kontrollen unterliegen. Des Weiteren besteht ein dringender Bedarf an Bildung für Tierbesitzer und Verbraucher, um die Haltung sowie die Gesundheit der Ziegen zu verbessern als auch über Zoonosen aufzuklären.

6 Summary

Kristina Linderot de Cardona

Health of small ruminants and consumer protection regarding consumption of raw milk in El Salvador

Institute of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Leipzig

Submitted in May 2021

53 pages, 2 figures, 7 tables, 276 references, 1 appendix

Keywords: animal health, brucellosis, caprine arthritis-encephalitis, goat management, milk hygiene, small ruminants, tuberculosis

Introduction: In El Salvador goat milk production is becoming more important. Salvadoran entrepreneurs bring their goats into the city to sell fresh-from-the-goat milk directly in the streets. In El Salvador there are no official controls of goat milk sold to the public nor was there any information available on the goat population in general. Brucellosis (BR) and tuberculosis (TB) are two zoonoses endemic in Salvadoran cattle. Up to this point, no information on these diseases were available for small ruminants nor on the quality of goat milk which is mostly consumed raw. Caprine arthritis-encephalitis (CAE) is widely distributed in Mexico and has been detected in neighboring Guatemala. However, this animal disease had not been investigated in El Salvador.

Objective: Aim of this cumulative doctoral thesis was to detect the presence or absence of BR and TB in small ruminants as well as CAE in goats in El Salvador. Furthermore, the second study was to determine the national husbandry system with focus on goat health and management, milking hygiene as well as sale and consumption of goat products. In addition, the microbial composition in raw goat milk was to be assessed.

Materials and methods: Both surveys were submitted in the western and central parts of El Salvador. Serum samples were collected from 335 goats and 396 sheep and tested for antibodies to *Brucella* spp. by Rose Bengal test (RBT) as well as *Brucella (B) abortus* by an indirect ELISA (iELISA) commercial kit. The goat serum was also tested for CAE by iELISA. A total of 330 goats and 383 sheep underwent the single intradermal cervical tuberculin (SICT) test for tuberculosis. Reactors to the SICT test were

Summary

submitted to the single intradermal comparative cervical tuberculin (SICCT) test. The one positive reactor (a goat) was culled and subjected to necropsy for pathognomonic lesions. Specimen were taken for histological examination, bacteriological cultivation of *Mycobacterium* spp. as well as PCR. The 335 goats (178 farmers) from the first investigation were used as subjects in the second study. Furthermore, 13 large herd animal owners (99 goats) also entered this survey as an additional group (AG). All goats (n= 434) underwent a basic clinical exam and the goat owners were interviewed or observed to determine animal management, milking hygiene, consumption along with sale of goat milk. Samples (from goat milk for commercial purposes) were collected from 60 lactating does and examined for total plate count, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* by microbial cultures. All collected data was analyzed by descriptive statistical methods.

Results: Four (1 %) sheep and none of the goats were seropositive by RBT. In this survey no antibodies to *B. abortus* nor CAE-virus were detected in small ruminants. Seventy (18 %) Sheep and 43 (13 %) goats reacted to the SICT but only one goat (0,3 %) was deemed positive by the SICCT. No mycobacteria were determined in concluding diagnostic tests. Salvadoran goats are kept under a traditional production system in general and the overall goat health was acceptable. Goat milk was sold raw as well as unchilled and most of the times consumed without heat treatment. The microbial quality of the goat milk in this study did not indicate any pathogens and resulted in a satisfying total plate count.

Conclusions: The overall situation of the investigated diseases (prevalence < 5 %) as well as the microbial quality of goat milk resulted to be favorable. However the information gathered from this doctoral thesis was a first step towards determining the prevalence of the investigated diseases as well as to ascertain the quality of raw goat milk. The data from these studies will serve as a base for future projects. Moreover, small ruminants should be included in the national eradication program on bovine BR and TB to prevent potential reservoirs. Likewise, official microbiological controls of raw goat milk sold for public consumption should be implemented along with consumer information regarding the risks of raw milk consumption. Finally, development programs and education of farmers are necessary to improve animal management and health as well as to create awareness amongst small ruminant owners regarding zoonoses.

7 Literaturverzeichnis

Auswärtiges Amt (AA) 2020. El Salvador: Reise- und Sicherheitshinweise (zitiert vom 17.04.2021) <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/laender/elsalvador-node/elsalvadorsicherheit/221864#content_0>.

Abalos P, Retamal P. Tuberculosis: ¿una zoonosis re-emergente? Rev Sci Tech. 2004;23(2):583-94.

Abdoel T, Dias IT, Cardoso R, Smits HL. Simple and rapid field tests for brucellosis in livestock. Vet Microbiol. 2008;130(3-4):312-9.

Acevedo P, Romero B, Vicente J, Caracappa S, Galluzzo P, Marineo S et al. Tuberculosis epidemiology in islands: insularity, hosts and trade. PLoS One. 2013;8(7):e71074.

Acha PN, Szyfres B. Zoonoses and communicable diseases common to man and animals: Zoonoses y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 3. Aufl. Washington D.C.: Pan American Health Organization; 2005.

Acosta-González RI, Infante F, Flores-Gutiérrez GH. Epidemiological patterns of caprine brucellosis in an unvaccinated area, Mexico. Rev Med Vet. 2009;160(3):145-8.

Adame-Gómez R, Toribio-Jimenez J, Vences-Velazquez A, Rodríguez-Bataz E, Santiago Dionisio MC, Ramirez-Peralta A. Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Artisanal Cheeses in México. Int J Microbiol. 2018;2018:8760357.

Adams DS, Oliver RE, Ameghino E, DeMartini JC, Verwoerd DW, Houwers DJ et al. Global survey of serological evidence of caprine arthritis-encephalitis virus infection. Vet Rec. 1984;115(19):493-5.

Literaturverzeichnis

- Ahuya CO, Ojango JMK, Mosi RO, Peacock CP, Okeyo AM. Performance of Toggenburg dairy goats in smallholder production systems of the eastern highlands of Kenya. *Small Ruminant Res.* 2009;83(1-3):7-13.
- Albarracín C Y, Poutou P R, Carrascal C A. *Listeria* spp., *L. monocytogenes* en leche cruda de cabra. *Rev MVZ Córdoba.* 2008;13(2):1326-32.
- Alexandre G, Mandonnet N. Goat meat production in harsh environments. *Small Ruminant Res.* 2005;60(1-2):53-66.
- Álvarez J, Juan L, Bezos J, Romero B, Sáez J, Reviriego Gordejo F et al. Interference of paratuberculosis with the diagnosis of tuberculosis in a goat flock with a natural mixed infection. *Vet Microbiol.* 2008;128(1-2):72-80.
- Alves CJ, de Figueiredo, SM, de Azevedo, SS, Clementino IJ, Keid LB, Vasconcellos SA et al. Detection of *Brucella ovis* in ovine from Paraíba State, in the Northeast region of Brazil. *Braz J Microbiol.* 2010;41(2):365-7.
- American Academy of Pediatrics (AAP). Policy Statement: Consumption of raw or unpasteurized milk and milk products by pregnant women and children. *Pediatrics.* 2014;133(1):175-9.
- Andino A, Hanning I. *Salmonella enterica*: survival, colonization, and virulence differences among serovars. *Sci World J.* 2015;2015:520179.
- Andrés D de, Klein D, Watt NJ, Berriatua E, Torsteinsdottir S, Blacklaws BA et al. Diagnostic tests for small ruminant lentiviruses. *Vet Microbiol.* 2005;107(1-2):49-62.
- Anon. Decreto No. 19- Reglamento para el control de la tuberculosis y brucelosis bovina en El Salvador. Tomo No. 267. San Salvador, martes 22 de abril 1980. Número 74 (Diario Oficial).

Literaturverzeichnis

- Aranaz A, Liebana E, Gomez-Mampaso E, Galan JC, Cousins D, Ortega A et al. *Mycobacterium tuberculosis* subsp. *caprae* subsp. *nov.*: a taxonomic study of a new member of the *Mycobacterium tuberculosis* complex isolated from goats in Spain. *Int J Syst Bacteriol.* 1999;49 Pt 3:1263-73.
- Araújo BR, Costa JN, de Souza TS, de Lima CCV, Leite MDX, Costa Neto AO et al. Seroepidemiology of sheep brucellosis in the microregion of Feira de Santana, BA, Brazil. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2013;50(2):129-35.
- Araya V, Gallo L, Quesada C, Chaves C, Arias ML. Evaluación bacteriológica de la leche y queso de cabra distribuidos en el area metropolitana de San José, Costa Rica. *Arch Latinoam Nutr.* 2008;58(2):182-6.
- Assis Bandeira D, Soares de Castro R, Oliveira Azevedo E, de Souza Seixas Melo L, Barros de Melo C. Seroprevalence of caprine arthritis–encephalitis virus in goats in the Cariri region, Paraíba state, Brazil *Vet J.* 2009;180(3):399-401.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) International 2014. Official Methods of Analysis: Chapter 17: Method 989.10/991.14 (zitiert vom. 01.12.2020) <<https://www.aoac.org>>.
- Ayele WY, Neill SD, Zinsstag J, Weiss MG, Pavlik I. Bovine tuberculosis: an old disease but a new threat to Africa. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2004;8(8):924-37.
- Azevedo Issa M de, Martins Soares Filho P, Fonseca Júnior AA, Arrais Hodon M, Cristian Dos Santos L, Karlisson Pimenta Dos Reis J et al. Comparative study of *Mycobacterium bovis* primary isolation methods. *Braz J Microbiol.* 2017;48(1):139-44.
- Bamaiyi PH, Hassan L, Khairani-Bejo S, Zainal Abidin M, Ramlan M, Krishnan N et al. Isolation and molecular characterization of *Brucella melitensis* from seropositive goats in Peninsula Malaysia. *Trop Biomed.* 2012;29(4):513-8.

Literaturverzeichnis

Bartels AC. Untersuchungen zum Vorkommen von Verotoxin-bildenden *Escherichia coli* (VTEC) bei Rehwild in Hessen [Dissertation med. vet.]. Gießen: Univ. Gießen; 2014.

Bates P. External parasites of small ruminants: A practical guide to their prevention and control. 1. Aufl. Wallingford: CABI; 2012.

Baumgartner W. Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere. 6. Aufl. Stuttgart: Parey; 2005.

Bemrah N, Sanaa M, Cassin MH, Griffiths MW, Cerf O. Quantitative risk assessment of human listeriosis from consumption of soft cheese made from raw milk. *Prev Vet Med.* 1998;37(1-4):129-45.

Bezos J, Alvarez J, Juan Ld, Romero B, Rodríguez S, Castellanos E et al. Factors influencing the performance of an interferon- γ assay for the diagnosis of tuberculosis in goats. *Vet J.* 2011;190(1):131-5.

Bezos J, Alvarez J, Romero B, Aranaz A, Juan Ld. Tuberculosis in goats: assessment of current in vivo cell-mediated and antibody-based diagnostic assays. *Vet J.* 2012a;191(2):161-5.

Bezos J, Álvarez J, Mínguez O, Marqués S, Martín O, Vigo V et al. Evaluation of specificity of tuberculosis diagnostic assays in caprine flocks under different epidemiological situations. *Res Vet Sci.* 2012b;93(2):636-40.

Bezos J, Juan L de, Romero B, Alvarez J, Mazzucchelli F, Mateos A et al. Experimental infection with *Mycobacterium caprae* in goats and evaluation of immunological status in tuberculosis and paratuberculosis co-infected animals. *Vet Immunol Immunopathol.* 2010;133(2-4):269-75.

Blacklaws BA, Berriatua E, Torsteinsdottir S, Watt NJ, Andres D de, Klein D et al. Transmission of small ruminant lentiviruses. *Vet Microbiol.* 2004;101(3):199-208.

Literaturverzeichnis

Bonilla Espíndola W, Cofré Banderas P, González Urbina J, Jahn Bolland E, Larraín Riesco G, Ovalle Molina C et al. Producción de cabras lecheras -Boletín INIA Nº 66. Chillán, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias; 2001.

Boukary A, Saegerman C, Abatih E, Fretin D, Alamedji Bada R, Deken R et al. Seroprevalence and potential risk factors for *Brucella* spp. infection in traditional cattle, sheep and goats reared in urban, periurban and rural areas of Niger. PLoS One. 2013;8(12):e83175.

Bounaadja L, Albert D, Chénais B, Hénault S, Zygmunt MS, Poliak S et al. Real-time PCR for identification of *Brucella* spp.: A comparative study of IS711, bcsp31 and per target genes. Vet Microbiol. 2009;137(1-2):156–64.

Boyazoglu J, Hatziminaoglou I, Morand-Fehr P. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. Small Ruminant Res. 2005;60(1-2):13-23.

Braissant O, Wirz D, Göpfert B, Daniels AU. "The heat is on": Rapid microcalorimetric detection of mycobacteria in culture. Tuberculosis (Edinb). 2010;90(1):57-9.

Bricker BJ. PCR as a diagnostic tool for brucellosis. Vet Microbiol. 2002;90(1-4):435–46.

Brinkhof JMA, van Maanen C, Wigger R, Peterson K, Houwers DJ. Specific detection of small ruminant lentiviral nucleic acid sequences located in the proviral long terminal repeat and leader-gag regions using real-time polymerase chain reaction. J Virol Methods. 2008;147(2):338-44.

Broughan J, Downs S, Crawshaw T, Upton P, Brewer J, Clifton-Hadley R. *Mycobacterium bovis* infections in domesticated non-bovine mammalian species. Part 1: Review of epidemiology and laboratory submissions in Great Britain 2004-2010. Vet J. 2013;198(2):339-45.

Literaturverzeichnis

Buddle B, de Lisle G, Griffin J, Hutchings S. Epidemiology, diagnostics, and management of tuberculosis in domestic cattle and deer in New Zealand in the face of a wildlife reservoir. *N Z Vet J.* 2015;63 Suppl 1:19-27.

Buddle BM, Ryan TJ, Pollock JM, Andersen P, de Lisle, G W. Use of ESAT-6 in the interferon-gamma test for diagnosis of bovine tuberculosis following skin testing. *Vet Microbiol.* 2001;80(1):37-46.

Cannon RM. Sense and sensitivity- designing surveys based on an imperfect test. *Prev Vet Med.* 2001;49(3-4):141-63.

Carneiro PAM, Pasquatti TN, Takatani H, Zumárraga MJ, Marfil MJ, Barnard C et al. Molecular characterization of *Mycobacterium bovis* infection in cattle and buffalo in Amazon Region, Brazil. *Vet Med Sci.* 2020;6(1):133-41.

Carrascal Camacho AK, Albarracín Contreras Y, Sarmiento Torres P. Incidencia de *Listeria monocytogenes* en leche de vaca expendida en el municipio de Pamplona, Colombia. *BISTUA.* 2007;5(2):49-57.

Cavicchioli VQ, Scatamburlo TM, Yamazi AK, Pieri FA, Nero LA. Occurrence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and enterotoxigenic *Staphylococcus* in goat milk from small and medium-sized farms located in Minas Gerais State, Brazil. *J Dairy Sci.* 2015;98(12):8386-90.

Central Intelligence Agency (CIA) 2015. The World Factbook: Central America- El Salvador (zitiert vom 20.04.2021) <<https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/el-salvador>>.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Situación de la producción caprina en Centroamérica y República Dominicana. Costa Rica: CATIE; 1987.

Literaturverzeichnis

Cimen M, Topcu H. Effect of body condition score on biochemical milk parameters having economic importance in dairy goat during the first month of postpartum period. *Int J Agric Biol.* 2013;15(2):395-7.

Cisneros LF, Valdivia AG, Waldrup K, Díaz-Aparicio E, Martínez-de-Anda A, Cruz-Vázquez CR et al. Surveillance for *Mycobacterium bovis* transmission from domestic cattle to wild ruminants in a Mexican wildlife-livestock interface area. *Am J Vet Res.* 2012;73(10):1617-25.

Coelho A, García Díez J, Coelho AC. Brucelosis en pequeños rumiantes: etiología, epidemiología, sintomatología, diagnóstico, prevención y control. *REDVET.* 2014;15(5):051401.

Coelho AM, Coelho AC, Góis J, Pinto MdL, Rodrigues J. Multifactorial correspondence analysis of risk factors for sheep and goat brucellosis seroprevalence. *Small Ruminant Res.* 2008;78(1-3):181-5.

Collins DM. Advances in molecular diagnostics for *Mycobacterium bovis*. *Vet Microbiol.* 2011;151(1-2):2-7.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) 2006. Norma salvadoreña obligatoria 67.01.01:06 Leche cruda de vaca- primera actualización (zitiert vom 20.04.2021):1-6
<<https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/LACTEOS/NSO67.01.01.06%20LECHE%20CRUDA%20DE%20VACA.pdf>>.

Cornell University 2008. Raw Milk Quality Tests- Dairy Foods Science Notes des Department of Food Science vom 07.11.08 (zitiert vom 20.04.2021): 1-2,
<<https://foodsafety.foodscience.cornell.edu/sites/foodsafety.foodscience.cornell.edu/files/shared/documents/CU-DFScience-Notes-Milk-Raw-Tests-Summary-07-08.pdf>>.

Cremonesi P, Perez G, Pisoni G, Moroni P, Morandi S, Luzzana M et al. Detection of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* isolates in raw milk cheese. *Lett Appl Microbiol.* 2007;45(6):586-91.

Literaturverzeichnis

- Crespo Leon F, Saez Llorente, J L, Reviriego Gordejo, F J, Rodriguez Ferri, E F, Duran Ferrer M. Complementary tools for the control and eradication of caprine and ovine brucellosis in the European Union. *Rev Sci Tech.* 2012;31(3):985-96.
- Cupáková Š, Pospíšilová M, Karpíšková R, Janštová, B, Vorlová L. Microbiological quality and safety of goat's milk from one farm. *Acta Univ Agric Silvic Mendel Brun.* 2012;60(6):33-8.
- Cutlip RC, Lehmkuhl HD, Sacks JM, Weaver AL. Prevalence of antibody to caprine arthritis-encephalitis virus in goats in the United States. *J Am Vet Med Assoc.* 1992;200(6):802-5.
- D'Amico DJ, Donnelly CW. Microbiological quality of raw milk used for small-scale artisan cheese production in Vermont: effect of farm characteristics and practices. *J Dairy Sci.* 2010;93(1):134-47.
- Daniel R, Evans H, Rolfe S, La Rua-Domenech R de, Crawshaw T, Higgins RJ et al. Outbreak of tuberculosis caused by *Mycobacterium bovis* in golden Guernsey goats in Great Britain. *Vet Rec.* 2009;165(12):335-42.
- Davis DS, Elzer PH. Brucella vaccines in wildlife. *Vet Microbiol.* 2002;90(1-4):533-44.
- de Kantor I N, LoBue PA, Thoen CO. Human tuberculosis caused by *Mycobacterium bovis* in the United States, Latin America and the Caribbean. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2010;14(11):1369-73.
- De La Rosa Carbajal S. Manual de producción caprina. 1. Aufl. Laguna Yema: Selbstverlag; 2011
- de la Rua-Domenech R, Goodchild A, Vordermeier H, Hewinson R, Christiansen K, Clifton-Hadley R. Ante mortem diagnosis of tuberculosis in cattle: A review of the tuberculin tests, γ -interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. *Res Vet Sci.* 2006;81(2):190-210.

Literaturverzeichnis

de Souza T, Pinheiro R, Costa J, de Lima C, Andrioli A, de Azevedo D et al. Interspecific transmission of small ruminant lentiviruses from goats to sheep. *Braz J Microbiol.* 2015;46(3):867-74.

Degen AA. Sheep and goat milk in pastoral societies. *Small Ruminant Res.* 2007;68(1-2):7-19.

Devendra C. Milk Production in Goats Compared to Buffalo and Cattle in Humid Tropics. *J Dairy Sci.* 1980;63(10):1755-67.

Devendra C. Potential of sheep and goats in less developed countries. *J Anim Sci.* 1981;51(2):461-73.

Devendra C. Smallholder Dairy Production Systems in Developing Countries: Characteristics, Potential and Opportunities for Improvement - Review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2001;14(1):104-13.

Devendra C. Investments on Pro-poor Development Projects on Goats: Ensuring Success for Improved Livelihoods. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2013;26(1):1-18.

Diaz Aparicio E. Epidemiology of brucellosis in domestic animals caused by *Brucella melitensis*, *Brucella suis* and *Brucella abortus*. *Rev Sci Tech.* 2013;32(1):53-60.

Duignan A, Good M, More SJ. Quality control in the national bovine tuberculosis eradication programme in Ireland. *Rev Sci Tech.* 2012;31(3):845-60.

Dürr S, Müller B, Alonso S, Hattendorf J, Laise C, van Helden P et al. Differences in primary sites of infection between zoonotic and human tuberculosis: results from a worldwide systematic review. *PLoS Negl Trop Dis.* 2013;7(8):e2399.

Eckert J. *Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin.* 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 2008.

Literaturverzeichnis

European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Opinion on the public health risks related to the consumption of raw drinking milk. EFSA J. 2015;13(1):3940.

Ejeh EF, Raji MA, Bello M, Lawan FA, Francis MI, Kudi AC et al. Prevalence and direct economic losses from bovine tuberculosis in makurdi, Nigeria. Vet Med Int. 2014;2014:904861.

El-Tayeb MA, Ibrahim ASS, Al-Salamah AA, Almaary KS, Elbadawi YB. Prevalence, serotyping and antimicrobials resistance mechanism of *Salmonella enterica* isolated from clinical and environmental samples in Saudi Arabia. Braz J Microbiol. 2017;48(3):499-508.

Espinoza M A, Magali De La Torre B, Marianella Salinas F, Víctor Sánchez P. Determinación de *Listeria monocytogenes* en quesos frescos de producción artesanal que se expenden en los mercados del distrito de Ica, enero-marzo 2003. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2004;21(2):71-5.

Falkinham III JO. Surrounded by mycobacteria: nontuberculous mycobacteria in the human environment. J Appl Microbiol. 2009;107(2):356-67.

Food and Agriculture Organization (FAO) 2013. Statistics Division- Data: Livestock Primary (zitiert vom 20.04.2021) <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>.

Food and Drug Administration (BAM/FDA) 2014. Bacteriological Analytical Manual: Chapters 5/10/12 (zitiert vom 20.04.2021) <<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>>.

Fernández Camacho E, Gómez Villalobos F. Brucellosis (Revisión Bibliográfica). Rev Med Costa Rica. 2009;66(590):399-404.

Ficht T. Brucella taxonomy and evolution. Future Microbiology. 2010;5(6):859-66.

Literaturverzeichnis

Foschino R, Invernizzi A, Barucco R, Stradiotto K. Microbial composition, including the incidence of pathogens, of goat milk from the Bergamo region of Italy during a lactation year. *J Dairy Res.* 2002;69(02):213-25.

Franco MMJ, Paes AC, Ribeiro MG, Figueiredo Pantoja JC de, Santos ACB, Miyata M et al. Occurrence of mycobacteria in bovine milk samples from both individual and collective bulk tanks at farms and informal markets in the southeast region of Sao Paulo, Brazil. *BMC Vet Res.* 2013;9:85.

Frey H-H, Althaus FR. *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin.* 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 2007.

Gagneux S. Host-pathogen coevolution in human tuberculosis. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2012;367(1590):850-9.

Galdámez López JE. El papel de la producción caprina tecnificada en la seguridad alimentaria Láctea Familiar. *Revista Somos/USAM.* 2009;9(27):16-7.

Galina MA, Silva E, Morales R, Lopez B. Reproductive performance of Mexican dairy goats under various management systems. *Small Ruminant Res.* 1995;18(3):249-53.

García J. Hermanos venden leche de cabra en calles capitalinas. *El Diario de Hoy: Noticias Nacional* 2012 April 24.

García-Yoldi D, Marín CM, Miguel MJd, Muñoz PM, Vizmanos JL, López-Goñi I. Multiplex PCR Assay for the Identification and Differentiation of all *Brucella* Species and the Vaccine Strains *Brucella abortus* S19 and RB51 and *Brucella melitensis* Rev1. *Clin Chem.* 2006;52(4):779-81.

Garin-Bastuji B, Blasco JM, Marín C, Albert D. The diagnosis of brucellosis in sheep and goats, old and new tools. *Small Ruminant Res.* 2006;62(1-2):63-70.

Literaturverzeichnis

Garofolo G, Di Giannatale E, De Massis F, Zilli K, Ancora M, Camma C et al. Investigating genetic diversity of *Brucella abortus* and *Brucella melitensis* in Italy with MLVA-16. *Infect Genet Evol.* 2013;19:59-70.

Garro E, Delgado A, Evaristo R, Manchego A. Prevalencia de brucelosis caprina en la provincia de Barranca, Lima. *Rev Investig Vet Peru.* 2005;16(2):184-6.

Gaya P, Saralegui C, Medina M, Nuñez M. Occurrence of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. in Raw Caprine Milk. *J Dairy Sci.* 1996;79(11):1936-41.

Giezendanner N, Meyer B, Gort M, Müller P, Zweifel C. Rohmilch-assoziierte *Staphylococcus aureus* intoxication bei kindern. *Schweiz Arch Tierheilkd.* 2009;151(7):329-31.

Godfroid J, DeBolle X, Roop RM, O'Callaghan D, Tsolis RM, Baldwin C et al. The quest for a true One Health perspective of brucellosis. *Rev Sci Tech.* 2014;33(2):521-38.

Godfroid J, Nielsen K, Saegerman C. Diagnosis of brucellosis in livestock and wildlife. *Croat Med J.* 2010;51(4):296-305.

Gomez-Lucia E, Rowe J, Collar C, Murphy B. Diversity of caprine arthritis-encephalitis virus promoters isolated from goat milk and passaged in vitro. *Vet J.* 2013;196(3):431-8.

Gonzales-Barron U, Gonçalves-Tenório A, Rodrigues V, Cadavez V. Foodborne pathogens in raw milk and cheese of sheep and goat origin: a meta-analysis approach. *Curr Opin Food Sci.* 2017;18:7-13.

González Llamazares OR, Gutiérrez Martín CB, Alvarez Nistal D, de la Puente Redondo VA, Domínguez Rodríguez L, Rodríguez Ferri EF. Field evaluation of the single intradermal cervical tuberculin test and the interferon- γ assay for detection and eradication of bovine tuberculosis in Spain. *Vet Microbiol.* 1999;70(1-2):55-66.

Literaturverzeichnis

- Good M, Duignan A. Perspectives on the history of bovine TB and the role of tuberculin in bovine TB eradication. *Vet Med Int.* 2011;2011:410470.
- Gormley E, Doyle MB, Fitzsimons T, McGill K, Collins JD. Diagnosis of *Mycobacterium bovis* infection in cattle by use of the gamma-interferon (Bovigam) assay. *Vet Microbiol.* 2006;112(2-4):171-9.
- Guh A, Phan Q, Nelson R, Purviance K, Milardo E, Kinney S et al. Outbreak of *Escherichia coli* O157 associated with raw milk, Connecticut, 2008. *Clin Infect Dis.* 2010;51(12):1411-7.
- Gül S, Satılmış OK, Ozturk B, Gökçe MI, Kuscu F. Seroprevalence of brucellosis among children in the Middle Anatolia Region of Turkey. *J Health Popul Nutr.* 2014;32(4):577-9.
- Gumi B, Schelling E, Berg S, Firdessa R, Erenso G, Mekonnen W et al. Zoonotic transmission of tuberculosis between pastoralists and their livestock in South-East Ethiopia. *Ecohealth.* 2012;9(2):139-49.
- Gürsoy MO, Tursun İ, Alpua M, Haykır Solay A, Tokat Çobanlı M, Demirtaş H et al. Brucellosis impairs endothelial functions in chronic symptomatic patients without overt cardiac involvement. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2015;43(3):242-9.
- Gutiérrez M, Tellechea J, García Marín, Juan Francisco. Evaluation of cellular and serological diagnostic tests for the detection of *Mycobacterium bovis*-infected goats. *Vet Microbiol.* 1998;62(4):281-90.
- Gwida M, Al Dahouk S, Melzer F, Rosler U, Neubauer H, Tomaso H. Brucellosis - regionally emerging zoonotic disease? *Croat Med J.* 2010a;51(4):289-95.

Literaturverzeichnis

- Gwida MMAS. Isolation, identification and typing of *Brucella* species as zoonotic pathogens by using conventional and molecular biological methods [Dissertation med. vet.]. Berlin: Freie Univ. Berlin; 2010b.
- Haddad N, Masselot M, Durand B. Molecular differentiation of *Mycobacterium bovis* isolates. Review of main techniques and applications. *Res Vet Sci.* 2004;76(1):1-18.
- Haenlein GFW. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Res.* 2004;51(2):155-63.
- Haenlein GFW, Abdellatif MA. Trends in small ruminant husbandry and nutrition and specific reference to Egypt. *Small Ruminant Res.* 2004;51(2):185-200.
- Haenlein GFW, Ramirez RG. Potential mineral deficiencies on arid rangelands for small ruminants with special reference to Mexico. *Small Ruminant Res.* 2007;68(1-2):35-41.
- Headrick ML, Timbo B, Klontz KC, Werner SB. Profile of raw milk consumers in California. *Public Health Rep.* 1997;112(5):418-22.
- Heifets L. Mycobacterial infections caused by nontuberculous mycobacteria. *Semin Respir Crit Care Med.* 2004;25(3):283-95.
- Hamdy ME, Amin AS. Detection of *Brucella* species in the milk of infected cattle, sheep, goats and camels by PCR. *Vet J.* 2002;163(3):299-305.
- Henrioud AN. Towards sustainable parasite control practices in livestock production with emphasis in Latin America. *Vet Parasitol.* 2011;180(1-2):2-11.
- Higino SSdS, Pinheiro SR, de Souza GO, Dib CC, do Rosário TR, Melville PA et al. *Mycobacterium bovis* infection in goats from the Northeast region of Brazil. *Braz J Microbiol.* 2011;42(4):1437-9.

Literaturverzeichnis

Holst PJ. Recording and on-farm evaluations and monitoring: Breeding and selection. *Small Ruminant Res.* 1999;34(3):197-202.

Hoste H, Torres-Acosta JF, Paolini V, Aguilar-Caballero A, Etter E, Lefrileux Y et al. Interactions between nutrition and gastrointestinal infections with parasitic nematodes in goats. *Small Ruminant Res.* 2005;60(1-2):141-51.

Impastato Planelles M 2013. Quesos caseros El Blog- Sistemas de producción caprino (zitiert vom 20.04.2021) <<http://www.capraispana.com/sistemas-de-produccion-caprino/>>.

Islam MA, Khatun MM, Werre SR, Sriranganathan N, Boyle SM. A review of *Brucella* seroprevalence among humans and animals in Bangladesh with special emphasis on epidemiology, risk factors and control opportunities. *Vet Microbiol.* 2013;166(3-4):317-26.

Jacober P, Ochs H, Torgerson PR, Schnyder M, Deplazes P. A method for sheep scab control by applying selective treatment based on flock serology. *Vet Parasitol.* 2006;136(3-4):373-8.

Jayarao BM, Donaldson SC, Straley BA, Sawant AA, Hegde NV, Brown JL. A survey of foodborne pathogens in bulk tank milk and raw milk consumption among farm families in Pennsylvania. *J Dairy Sci.* 2006;89(7):2451-8.

Jorge MC, Schettino DM, Torres P, Bernardelli A. Primera descripción de infección concomitante de tuberculosis y paratuberculosis en ovinos lecheros en Argentina. *Rev Sci Tech.* 2000;19(3):800-9.

Jørgensen HJ, Mørk T, Høgåsen HR, Rørvik LM. Enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in bulk milk in Norway. *J Appl Microbiol.* 2005;99(1):158-66.

Jorzik O 2020. Pazifischer Feuerring- Naturgefahren, Earth System Knowledge Platform (zitiert vom 20.04.2021) <<https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/pazifischer-feuerring-935857/>>.

Literaturverzeichnis

Kassa GM, Abebe F, Worku Y, Legesse M, Medhin G, Bjune G et al. Tuberculosis in Goats and Sheep in Afar Pastoral Region of Ethiopia and Isolation of *Mycobacterium tuberculosis* from Goat. *Vet Med Int.* 2012;2012:869146.

Klinger I, Rosenthal I. Public health and the safety of milk and milk products from sheep and goats. *Rev Sci Tech.* 1997;16(2):482-8.

Kolberg DIS, Presta MA, Wickert C, Adaime MB, Zanella R. Rapid and accurate simultaneous determination of abamectin and ivermectin in bovine milk by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Brazil Chem Soc.* 2009;20(7):1220-6.

Köse Ş, Serin Senger S, Akkoçlu G, Kuzucu L, Ulu Y, Ersan G et al. Clinical manifestations, complications, and treatment of brucellosis: Evaluation of 72 cases. *Turk J Med Sci.* 2014;44:220-3.

Kosgey IS, Okeyo AM. Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems: Technical and infrastructural issues. *Small Ruminant Res.* 2007;70(1):76-88.

Kosgey IS, Rowlands GJ, van Arendonk JAM, Baker RL. Small ruminant production in smallholder and pastoral/extensive farming systems in Kenya. *Small Ruminant Res.* 2008;77(1):11-24.

Kyozaire JK, Veary CM, Petzer J-M, Donkin EF. Microbiological quality of goat's milk obtained under different production systems. *J S Afr Vet Assoc.* 2005;76(2):69-73.

Larruskain A, Jugo BM. Retroviral infections in sheep and goats: small ruminant lentiviruses and host interaction. *Viruses.* 2013;5(8):2043-61.

Lebbie SHB. Goats under household conditions. *Small Ruminant Res.* 2004;51(2):131-6.

Literaturverzeichnis

Ledividich J, Geoffroy F, Canope I, Chenost M. Using waste bananas as animal feed. *Wld Anim Rev (FAO)*. 1976;(20):22-30.

LeJeune JT, Rajala-Schultz PJ. Food safety: unpasteurized milk: a continued public health threat. *Clin Infect Dis*. 2009;48(1):93-100.

Leyla G, Kadri G, Umran O. Comparison of polymerase chain reaction and bacteriological culture for the diagnosis of sheep brucellosis using aborted fetus samples. *Vet Microbiol*. 2003;93(1):53-61.

Leyva Grado VH, Martinez Rodriguez HA, Gonzalez Rodriguez MG, Cornejo Cortes MA, Rosales ME, Garrido Farina G et al. Identification of caprine arthritis encephalitis virus using histopathological, immunohistochemical, and ultrastructural examination of tissues from seropositive goats in Mexico. *Rev Latinoam Microbiol*. 1998;40(1-2):33-8.

L'Homme Y, Leboeuf A, Arsenault J, Fras M. Identification and characterization of an emerging small ruminant lentivirus circulating recombinant form (CRF). *Virology*. 2015;475:159-71.

Liébana E, Aranaz A, Urquia JJ, Mateos A, Dominguez L. Evaluation of the gamma-interferon assay for eradication of tuberculosis in a goat herd. *Aust Vet J*. 1998;76(1):50-3.

Liébana E, Aranaz A, Dominguez L, Mateos A, González-Llamazares O, Rodriguez-Ferri EF et al. The insertion element IS6110 is a useful tool for DNA fingerprinting of *Mycobacterium bovis* isolates from cattle and goats in Spain. *Vet Microbiol*. 1997;54(3-4):223-33.

Lilenbaum W, Nunes de Souza G, Ristow P, Cortez Moreira M, Fraguas S, da Silva Cardoso V et al. A serological study on *brucella abortus*, caprine arthritis-encephalitis virus and leptospira in dairy goats in Rio de Janeiro, Brazil. *Vet J*. 2007;173(2):408-12.

Literaturverzeichnis

LoBue PA, Enarson DA, Thoen CO. Tuberculosis in humans and animals: an overview. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2010;14(9):1075-8.

Lu PL, Lin YC, Yang YC, Jou R, Huang SC, Jenh YS et al. Evaluation of a membrane array for detection of *Mycobacterium tuberculosis* complex and nontuberculous mycobacteria in positive liquid cultures. *Diagn Microbiol Infect Dis.* 2013;75(4):337-41.

Lucero N, Ayala S, Escobar G, Jacob N. *Brucella* isolated in humans and animals in Latin America from 1968 to 2006. *Epidemiol Infect.* 2008;136(4):496-503.

Malone FE, Wilson EC, Pollock JM, Skuce RA. Investigations into an outbreak of tuberculosis in a flock of sheep in contact with tuberculous cattle. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health.* 2003;50(10):500-4.

Marassi C, Almeida C, Pinheiro S, Vasconcellos S, Lilenbaum W. The use of MPB70-ELISA for the diagnosis of caprine tuberculosis. *Brazil Vet Res Commun.* 2009;33(8):937-43.

Martin A. Identification of *Mycobacteria*- Microbiology Focus Edition 2.2 - Information des Sigma-Aldrich vom 29. November 2011 (zitiert vom 20.04.2021): 1-4, <<https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/articles/microbiology-focus/pdf/identification-of0.pdf>>.

Martínez A, Bincz J, Brihuega B, Sheridan M, Mozgovej M, Parreño V et al. Relevamiento sanitario en caprinos en una zona de peri-valle de la provincia de Río Negro, Argentina. *Vet Arg.* 2013;30(303):1-11.

Literaturverzeichnis

Martínez RHA, García RLI, Arcila LT, Medina FE. Serological testing of caprine arthritis encephalitis (CAE) in bucks from Guanajuato State of México. Proceedings of the XXXI Jornadas Científicas y X Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia; 2006 Sep 20-22; Zamora, Spain. Junta de Castilla y León.

Martins G, Lilenbaum W. Possible effect of association with cooperatives in the control of caprine arthritis-encephalitis in Rio de Janeiro, Brazil Vet Rec. 2011;169(16):416.

Martins G, Penna B, Hamond C, Leite R, Silva A, Ferreira A et al. Leptospirosis as the most frequent infectious disease impairing productivity in small ruminants in Rio de Janeiro, Brazil. Trop Anim Health Prod. 2012;44(4):773-7.

Matope G, Muma JB, Toft N, Gori E, Lund A, Nielsen K et al. Evaluation of sensitivity and specificity of RBT, c-ELISA and fluorescence polarisation assay for diagnosis of brucellosis in cattle using latent class analysis. Vet Immunol Immunopathol. 2011;141(1-2):58-63.

Mazurek J, Salehi E, Propes D, Holt J, Bannerman T, Nicholson LM et al. A multistate outbreak of *Salmonella enterica* serotype *typhimurium* infection linked to raw milk consumption--Ohio, 2003. J Food Prot. 2004;67(10):2165-70.

McGiven JA, Tucker JD, Perrett LL, Stack JA, Brew SD, MacMillan AP. Validation of FPA and cELISA for the detection of antibodies to *Brucella abortus* in cattle sera and comparison to SAT, CFT, and iELISA. J Immunol Methods. 2003;278(1-2):171-8.

Megersa B, Biffa D, Abunna F, Regassa A, Godfroid J, Skjerve E. Seroepidemiological study of livestock brucellosis in a pastoral region. Epidemiol Infect. 2012;140(5):887-96.

Literaturverzeichnis

- Mendiola WPS, Tórtora JL, Martínez HA, García MM, Cuevas-Romero S, Cerriteño JL et al. Genotyping based on the LTR region of small ruminant lentiviruses from naturally infected sheep and goats from Mexico. *Biomed Res Int*. 2019;2019:4279573.
- Meyer-Broseta S, Diot A, Bastian S, Rivière J, Cerf O. Estimation of low bacterial concentration: *Listeria monocytogenes* in raw milk. *Int J Food Microbiol*. 2003;80(1):1-15.
- Michel AL. Improving specific disease outcomes through a One Health approach--tuberculosis. *Rev Sci Tech*. 2014;33(2):583-92.
- Milhau N, Renson P, Dreesen I, Greenland T, Bellaton C, Guiguen F et al. Viral expression and leukocyte adhesion after in vitro infection of goat mammary gland cells with caprine arthritis-encephalitis virus. *Vet Immunol Immunopathol*. 2005;103(1-2):93-9.
- Minardi da Cruz JC, Singh DK, Lamara A, Chebloune Y. Small ruminant lentiviruses (SRLVs) break the species barrier to acquire new host range. *Viruses*. 2013;5(7):1867-84.
- Minas A, Stournara A, Christodouloupoulos G, Katsoulos PD. Validation of a competitive ELISA for diagnosis of *Brucella melitensis* infection in sheep and goats. *Vet J*. 2008;177(3):411-7.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) 2011. Estudio para determinar la prevalencia de brucelosis y tuberculosis bovina en las cuencas ganaderas bovinas de El Salvador, año 2010 – 2011. San Salvador Juni 2011.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) 2014. Offizielle Information zu kleinen Wiederkäuern in El Salvador im Zeitraum 2011-2014 (zitiert vom 20.04.2021): <<http://www.mag.gob.sv/>>.
- Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales (MARN) 2020. Clima en El Salvador (zitiert vom 20.04.2021): <<http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>>.

Literaturverzeichnis

Ministerio de Salud (MINSAL) 2019. Unidad del Programa de Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias (zitiert vom 20.04.2021): <<https://www.salud.gob.sv/unidad-del-programa-de-tuberculosis-y-enfermedades-respiratorias/>>.

Moda G, Daborn CJ, Grange JM, Cosivi O. The zoonotic importance of *Mycobacterium bovis*. Tubercle and Lung Disease. 1996;77(2):103-8.

Molento MB, Fortes FS, Pondelek DAS, Borges FdA, Chagas, Ana Carolina de Souza, Torres-Acosta, Juan Felipe de J et al. Challenges of nematode control in ruminants: focus on Latin America. Vet Parasitol. 2011;180(1-2):126-32.

Monaghan ML, Doherty ML, Collins JD, Kazda JF, Quinn PJ. The tuberculin test. Vet Microbiol. 1994;40(1-2):111-24.

Morand-Fehr P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. Small Ruminant Res. 2005;60(1-2):25-43.

Morand-Fehr P, Boutonnet JP, Devendra C, Dubeuf JP, Haenlein GFW, Holst P et al. Strategy for goat farming in the 21st century. Small Ruminant Res. 2004;51(2):175-83.

Moreno E. Brucellosis in Central America. Vet Microbiol. 2002;90(1-4):31-8.

Muma JB, Toft N, Oloya J, Lund A, Nielsen K, Samui K et al. Evaluation of three serological tests for brucellosis in naturally infected cattle using latent class analysis. Vet Microbiol. 2007;125(1-2):187-92.

Muñoz PM, Marín CM, Monreal D, González D, Garin-Bastuji B, Díaz R et al. Efficacy of several serological tests and antigens for diagnosis of bovine brucellosis in the presence of false-positive serological results due to *Yersinia enterocolitica* O:9. Clin Diagn Lab Immunol. 2005;12(1):141-51.

Literaturverzeichnis

Muñoz Mendoza M, de Juan L, Menéndez S, Ocampo A, Mourelo J, Sáez J et al. Tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium caprae* in sheep. *Vet J.* 2012;191(2):267-9.

Napp S, Allepuz A, Mercader I, Nofrarías M, López-Soria S, Domingo M et al. Evidence of goats acting as domestic reservoirs of bovine tuberculosis. *Vet Rec.* 2013;172(25):663.

Neill SD, Bryson DG, Pollock JM. Pathogenesis of tuberculosis in cattle. *Tuberculosis (Edinb).* 2001;81(1-2):79-86.

Nielsen K. Diagnosis of brucellosis by serology. *Vet Microbiol.* 2002;90(1-4):447-59.

Nielsen K, Smith P, Widdison J, Gall D, Kelly L, Kelly W et al. Serological relationship between cattle exposed to *Brucella abortus*, *Yersinia enterocolitica* O:9 and *Escherichia coli* O157:H7. *Vet Microbiol.* 2004;100(1-2):25-30.

Nielsen K, Smith P, Yu WL, Elmgren C, Nicoletti P, Perez B et al. Second generation competitive enzyme immunoassay for detection of bovine antibody to *Brucella abortus*. *Vet Microbiol.* 2007;124(1-2):173-7.

Norby B, Bartlett PC, Fitzgerald SD, Granger LM, Bruning-Fann CS, Whipple DL et al. The sensitivity of gross necropsy, caudal fold and comparative cervical tests for the diagnosis of bovine tuberculosis. *J Vet Diagn Invest.* 2004;16(2):126-31.

O'Brien R, Flynn O, Costello E, O'Grady D, Rogers M. Identification of a novel DNA probe for strain typing *Mycobacterium bovis* by restriction fragment length polymorphism analysis. *J Clin Microbiol.* 2000;38(5):1723-30.

Literaturverzeichnis

- Ocampo Ibáñez ID, González C, Moreno SL, Calderón C, Flórez Elvira LJ, Olaya MB et al. Presencia de *Listeria monocytogenes* en quesos frescos artesanales comercializados en Cali-Colombia. *Acta Agron.* 2019;68(2):108-14.
- Ocampo-Sosa AA, Agüero-Balbín J, García-Lobo JM. Development of a new PCR assay to identify *Brucella abortus* biovars 5, 6 and 9 and the new subgroup 3b of biovar 3. *Vet Microbiol.* 2005;110(1-2):41-51.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Informe final consultoría regional para elaborar un estudio sobre la situación sanitaria de la brucelosis bovina, la tuberculosis bovina y la enfermedad de newcastle. San Salvador: OIRSA; 2014.
- Oliver SP, Boor KJ, Murphy SC, Murinda SE. Food safety hazards associated with consumption of raw milk. *Foodborne Pathog Dis.* 2009;6(7):793-806.
- Oseguera Montiel D, Frankena K, Udo H, Keilbach Baer NM, van der Zijpp A. Prevalence and risk factors for brucellosis in goats in areas of Mexico with and without brucellosis control campaign. *Trop Anim Health Prod.* 2013;45(6):1383-9.
- Osman KM, Zolnikov TR, Samir A, Orabi A. Prevalence, pathogenic capability, virulence genes, biofilm formation, and antibiotic resistance of *Listeria* in goat and sheep milk confirms need of hygienic milking conditions. *Pathog Glob Health.* 2014;108(1):21-9.
- O'Reilly LM, Daborn CJ. The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infections in animals and man: a review. *Tuber Lung Dis.* 1995;76 Suppl 1:1-46.
- Panneum S, Rukkwamsuk T. Diagnosis of caprine arthritis encephalitis virus infection in dairy goats by ELISA, PCR and Viral Culture. *Pol J Vet Sci.* 2017;20(2):347-53.

Literaturverzeichnis

Pappas G. The changing *Brucella* ecology: novel reservoirs, new threats. *Int J Antimicrob Agents*. 2010;36 Suppl 1:S8-11.

Pappas G, Papadimitriou P, Akritidis N, Christou L, Tsianos EV. The new global map of human brucellosis. *Lancet Infect Dis*. 2006;6(2):91-9.

Park YW, Humphrey RD. Bacterial cell counts in goat milk and their correlations with somatic cell counts, percent fat, and protein. *J Dairy Sci*. 1986;69(1):32-7.

Park YW, Juárez M, Ramos M, Haenlein GFW. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res*. 2007;68(1-2):88-113.

Peacock C. Goats—A pathway out of poverty. *Small Ruminant Res*. 2005;60(1-2):179-86.

Penn Vet. VPTH 603 Veterinary Parasitology. Philadelphia: School of Veterinary Medicine- University of Pennsylvania; 2009.

Pérez de Val B, López-Soria S, Nofrarías M, Martín M, Vordermeier HM, Villarreal-Ramos B et al. Experimental model of tuberculosis in the domestic goat after endobronchial infection with *Mycobacterium caprae*. *Clin Vaccine Immunol*. 2011;18(11):1872-81.

Pérez-Sancho M, Adone R, García-Seco T, Tarantino M, Diez-Guerrier A, Drumo R et al. Evaluation of the immunogenicity and safety of *Brucella melitensis* B115 vaccination in pregnant sheep. *Vaccine*. 2014;32(16):1877-81.

Peterhans E, Greenland T, Badiola J, Harkiss G, Bertoni G, Amorena B et al. Routes of transmission and consequences of small ruminant lentiviruses (SRLVs) infection and eradication schemes. *Vet Res*. 2004;35(3):257-74.

Literaturverzeichnis

Phelps SL, Smith MC. Caprine arthritis-encephalitis virus infection. J Am Vet Med Assoc. 1993;203(12):1663-6.

Phillips CJC. The Welfare of Dairy Goats. First Asia Dairy Goat Conference; 2012 Apr 9-12; Kuala Lumpur, Malaysia. Malaysia: Universiti Putra Malaysia and FAO; 2012.

Pieri FA, Colombo M, Merhi CM, Juliati VA, Ferreira MS, Nero MA et al. Risky consumption habits and safety of fluid milk available in retail sales outlets in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. Foodborne Pathog Dis. 2014;11(6):490-6.

Pollock JM, Girvin RM, Lightbody KA, Clements RA, Neill SD, Buddle BM et al. Assessment of defined antigens for the diagnosis of bovine tuberculosis in skin test-reactor cattle. Vet Rec. 2000;146(23):659-65.

Popovic-Vranjes A, Popovic M, Jevtic M. Raw milk consumption and health. Srp Arh Celok Lek. 2015;143(1-2):87-92.

Proano-Perez F, Rigouts L, Brandt J, Dorny P, Ron J, Chavez M-A et al. Preliminary observations on *Mycobacterium* spp. in dairy cattle in Ecuador. Am J Trop Med Hyg. 2006;75(2):318-23.

Quinn PJ, Markey BK, Leonard FC, FitzPatrick ES, Fanning S, Hartigan PJ. Veterinary microbiology and microbial disease. 2. Aufl. Chichester: Wiley-Blackwell; 2011.

Radostits OM, Done SH. Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses. 10. Aufl. New York: Elsevier Saunders; 2007.

Ramirez RG. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. Small Ruminant Res. 1999;34(3):215-30.

Literaturverzeichnis

- Ramírez H, Glaria I, de Andrés X, Martínez H, Hernández, M, Reina R et al. Recombinant small ruminant lentivirus subtype B1 in goats and sheep of imported breeds in Mexico. *Vet J*. 2011;190(1):169-72.
- Ramirez-Pfeiffer C, Nielsen K, Marin-Ricalde F, Rodríguez-Padilla C, Gomez-Flores R. Comparison of fluorescence polarization assay with card and complement fixation tests for the diagnosis of goat brucellosis in a high-prevalence area. *Vet Immunol Immunopathol*. 2006;110(1-2):121-7.
- Raynal-Ljutovac K, Lagriffoul G, Paccard P, Guillet I, Chilliard Y. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Res*. 2008;79(1):57-72.
- Reina R, Berriatua E, Lujan L, Juste R, Sanchez A, Andres D de et al. Prevention strategies against small ruminant lentiviruses: an update. *Vet J*. 2009;182(1):31-7.
- Rosa-Hernández M de la, Cadena-Ramírez A, Téllez-Jurado A, Gómez-Aldapa CA, Rangel-Vargas E, Chávez-Urbiola EA et al. Presence of Multidrug- Resistant Shiga Toxin- Producing *Escherichia coli*, Enteropathogenic *Escherichia coli*, and Enterotoxigenic *Escherichia coli* on fresh cheeses from local retail markets in Mexico. *J Food Prot*. 2018;81(11):1748-54.
- Rhyan JC, Gidlewski T, Roffe TJ, Aune K, Philo LM, Ewalt DR. Pathology of brucellosis in bison from Yellowstone National Park. *J Wildl Dis*. 2001;37(1):101-9.
- Roberts D. Microbiological aspects of goat's milk. A Public Health Laboratory Service survey. *J Hyg (Lond)*. 1985;94(1):31-44.
- Rodrigues de Sousa V, Araújo Sousa F, da Silva Filho O, Grassi Rici R, das Neves Diniz A, da Silva Moura L et al. Comparative study by computed radiography, histology, and scanning electron microscopy of the articular cartilage of normal goats and in chronic infection with caprine arthritis-encephalitis virus. *Microsc Res Tech*. 2014;77(1):11-6.

Literaturverzeichnis

Rolle M, Mayr A, Büttner M. Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 8. Aufl. Stuttgart: Enke; 2007.

Roman K, Castillo R, Gilman R, Calderon M, Vivar A, Cespedes M et al. A foodborne outbreak of brucellosis at a police station cafeteria, Lima, Peru. *Am J Trop Med Hyg.* 2013;88(3):552-8.

Romich JA. Understanding zoonotic diseases. Clifton Park: Thomson Delmar Learning; 2008.

Rosati S, Mannelli A, Merlo T, Ponti N. Characterization of the immunodominant cross-reacting epitope of visna maedi virus and caprine arthritis-encephalitis virus capsid antigen. *Virus Res.* 1999;61(2):177-83.

Rosati S, Pittau M, Tolari F, Erre G, Kwang J. Genetic and antigenic characterization of caev (caprine arthritis-encephalitis virus) recombinant transmembrane protein. *Vet Microbiol.* 1995;45(4):363-70.

Rosati S, Profiti M, Lorenzetti R, Bandecchi P, Mannelli A, Ortoffi M et al. Development of recombinant capsid antigen/transmembrane epitope fusion proteins for serological diagnosis of animal lentivirus infections. *J Virol Methods.* 2004;121(1):73-8.

Roth F, Zinsstag J, Orkhon D, Chimed-Ochir G, Hutton G, Cosivi O et al. Human health benefits from livestock vaccination for brucellosis: case study. *Bull World Health Organ.* 2003;81(12):867-76.

Rovid Spickler A, Roth JA, Galyon J. Enfermedades emergentes y exóticas de los animales. 1. Aufl. Ames: The Center for Food Security & Public Health; 2010.

Saegerman C, De LW, Gilson D, Godfroid J, Thiange P, Michel P et al. Evaluation of three serum i-ELISAs using monoclonal antibodies and protein G as peroxidase conjugate for the diagnosis of bovine brucellosis. *Vet Microbiol.* 2004;100(1-2):91-105.

Literaturverzeichnis

Samartino L, Gall D, Gregoret R, Nielsen K. Validation of enzyme-linked immunosorbent assays for the diagnosis of bovine brucellosis. *Vet Microbiol.* 1999;70(3-4):193-200.

Samartino LE, Enright FM. Pathogenesis of abortion of bovine brucellosis. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 1993;16(2):95-101.

Schettino B, Gutiérrez R, Ortiz R, Vega S, Urban G, Ramírez A. Residues of legacy organochlorine contaminants in the milk of alpine and saanen goats from the central region of Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2013;91(2):154-9.

Seifert HSH. *Tropentierhygiene.* Stuttgart: G. Fischer; 1992.

Selbitz H-J, Truyen U, Valentin-Weigand P, Alber G, Rolle M, Mayr A. *Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre.* 9.Aufl. Stuttgart: Enke; 2011.

Shanahan A, Good M, Duignan A, Curtin T, More SJ. Tuberculosis in goats on a farm in Ireland: epidemiological investigation and control. *Vet Rec.* 2011;168(18):485.

Silva E, Galina MA, Palma JM, Valencia J. Reproductive performance of Alpine dairy goats in a semi-arid environment of Mexico under a continuous breeding system. *Small Ruminant Res.* 1998;27(1):79-84.

Silva JB, Fagundes GM, Soares JPG, Fonseca AH, Muir JP. A comparative study of production performance and animal health practices in organic and conventional dairy systems. *Trop Anim Health Prod.* 2014;46(7):1287-95.

Smith MC, Sherman DM. *Goat medicine.* 2. Aufl. Ames: Wiley-Blackwell; 2009.

Literaturverzeichnis

Smith NH., Upton P. Naming spoligotype patterns for the RD9-deleted lineage of the *Mycobacterium tuberculosis* complex; www.Mbovis.org. *Infect Genet Evol.* 2012;12(4):873-6.

Solorio-Rivera JL, Segura-Correa JC, Sanchez-Gil LG. Seroprevalence of and risk factors for brucellosis of goats in herds of Michoacan, Mexico. *Prev Vet Med.* 2007;82(3-4):282-90.

Soto Beltran M, Gerba CP, Porto Fett A, Luchansky JB, Chaidez C. Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* isolated from small Mexican retail markets of queso fresco. *Int J Environ Health Res.* 2015;25(2):140-8.

Spanu V, Scarano C, Viridis S, Melito S, Spanu C, Santis EPL de. Population structure of *Staphylococcus aureus* isolated from bulk tank goat's milk. *Foodborne Pathog Dis.* 2013;10(4):310-5.

Strobel H. Klauenpflege Schaf und Ziege. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer; 2014.

Suguna M, Bhat R, Wan Nadiah WA. Microbiological quality evaluation of goat milk collected from smallscale dairy farms in Penang Island, Malaysia. *Int Food Res J.* 2012;19(3):1241-5.

Swai ES, Schoonman L. Microbial quality and associated health risks of raw milk marketed in the Tanga region of Tanzania. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2011;1(3):217-22.

Swaminathan B, Gerner-Smidt P. The epidemiology of human listeriosis. *Microbes Infect.* 2007;9(10):1236-43.

Taufik E, Hildebrandt G, Kleer JN, Wirjantoro TI, Kreausukon K, Zessin KH et al. Microbiological quality of raw goat milk in Bogor, Indonesia. *Media Paternakan.* 2011;34(2):105-11.

Literaturverzeichnis

The Center for Food Security and Public Health (CFSPH) 2018a. Bovine Brucellosis: *Brucella abortus*- Technical Factsheet von Mai 2018 (zitiert vom 21.04.2021): 1-12, <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis_abortus.pdf>.

The Center for Food Security and Public Health (CFSPH) 2018b. Brucellosis- Technical Factsheet von Mai 2018 (zitiert vom 21.04.2021): 1-14, <<http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis.pdf>>.

The Center for Food Security and Public Health (CFSPH) 2018c. Ovine Epididymitis: *Brucella ovis*- Technical Factsheet von Juni 2018 (zitiert vom 21.04.2021): 1-6, <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis_ovis.pdf>.

The Center for Food Security and Public Health (CFSPH) 2018d. Ovine and Caprine Brucellosis: *Brucella melitensis*- Technical Factsheet von Mai 2018 (zitiert vom 21.04.2021): 1-11, <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis_melitensis.pdf>.

Tique V, Daza E, Álvarez J, Mattar S. Seroprevalencia de *Brucella abortus* y ocurrencia de *Brucella melitensis* en caprinos y en ovinos de Cesar y Sucre. Rev UDCA Actual Divulg Cient. 2010;13(2):133-9.

Tique V, González M, Salim M. Seroprevalencia de *Brucella abortus* en bovinos del departamento de Córdoba. Rev UDCA Actual Divulg Cient. 2009;12(2):51-9.

Touchette MH, Seeliger JC. Transport of outer membrane lipids in mycobacteria. Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids. 2017;1862(11):1340-54.

Trezeguet MA, Debenedetti RT, Suárez MF, Barral LE. Detección de la artritis-encefalitis caprina en majadas generales en Argentina. Vet Arg. 2010;27(270):1-9.

Literaturverzeichnis

Tschopp R, Bobosha K, Aseffa A, Schelling E, Habtamu M, Iwnetu R et al. Bovine tuberculosis at a cattle-small ruminant-human interface in Meskan, Gurage region, Central Ethiopia. BMC Infect Dis. 2011;11:318.

Tu PA, Shiau JW, Lai FY, Yang SS, Wang PH. Diagnostic tests for caprine arthritis-encephalitis virus (CAEV) infection. J Rare Dis Res Treat. 2017;2(5):13-7.

Turchetti A, Paniago J, da Costa L, da Cruz J, Braz G, Gouveia A et al. Distribution of caprine arthritis encephalitis virus provirus, RNA, and antigen in the reproductive tract of one naturally and seven experimentally infected bucks. Theriogenology. 2013;80(8):933-9.

United Nations Development Programme (UNDP) 2019: Human Development Reports- Global Human Development Indicators - El Salvador Jahr 2014 und 2019 (zitiert vom 21.04.2021): <<http://www.hdr.undp.org/en/countries/profiles/>>.

United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF) 2015: Medición multidimensional de la pobreza en El Salvador: Una mirada a las familias con niñas, niños y adolescentes von Dezember 2015 (zitiert vom 21.04.2021): 1-20, <https://www.unicef.org/lac/sites/unicef.org.lac/files/2019-01/Medicion_multidimensional_de_la_pobreza_compressed1.pdf>.

Velásquez López BL. Determinación de *Salmonella* spp. en queso fresco y de capas producido artesanalmente y distribuido en el mercado la terminal zona 4 [Abschlussarbeit]. Guatemala-Stadt: Universidad de San Carlos; 2008.

VERORDNUNG (EG) NR. 853/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. ABl. 30.04.2004; L 139/55.

Literaturverzeichnis

Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung - Tier-LMHV) vom 08.08.2007. BGBl. I S. 480 (18. Apr. 2018).

Vries J de. Goats for the poor: Some keys to successful promotion of goat production among the poor. *Small Ruminant Res.* 2008;77(2-3):221-4.

Waters WR, Thacker TC, Nelson JT, DiCarlo DM, Maggioli MF, Greenwald R et al. Virulence of two strains of mycobacterium bovis in cattle following aerosol infection. *J Comp Pathol.* 2014;151(4):410-9.

Whatmore AM. Current understanding of the genetic diversity of *Brucella*, an expanding genus of zoonotic pathogens. *Infect Genet Evol.* 2009;9(6):1168-84.

World Animal Health Information Database (WAHIS) Interface 2019. Disease Information - Detailed country disease incidence - Guatemala von Januar 2014 bis Dezember 2017 (zitiert vom 21.04.2021): <<https://wahis.oie.int/#/dashboards/country-or-disease-dashboard>>.

World Organization for Animal Health (OIE) 2019a. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2019 Chapter: 3.7.7. von Mai 2015 (zitiert vom 21.04.2021):1-13, <https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.07.07_OVINE_EPID.pdf>.

World Organization for Animal Health (OIE) 2019b. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2019 Chapter: 3.1.4. von Mai 2018 (zitiert vom 21.04.2021):1-44, <https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.01.04_BRUCELLOSIS.pdf>.

World Organization for Animal Health (OIE) 2019c. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2019 Chapter: 3.4.6. von Mai 2009 (zitiert vom 21.04.2021):1-17, <https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.04.06_BOVINE_TB.pdf>.

Literaturverzeichnis

World Organization for Animal Health (OIE) 2019d. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2019 Chapter: 3.7.2. von Mai 2017 (zitiert vom 21.04.2021):1-10, <https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.07.02_CAE_MV.pdf>.

World Health Organization (WHO). Global tuberculosis report 2020. Geneva: World Health Organization; 2020.

World Bank 2018. The World Bank Open Data - Countries and Economies- El Salvador Jahr 2014 und 2018 (zitiert vom 21.04.2021) <<https://data.worldbank.org/>>.

Zeaki N, Johler S, Skandamis PN, Schelin J. The role of regulatory mechanisms and environmental parameters in staphylococcal food poisoning and resulting challenges to risk assessment. *Front Microbiol.* 2019;10:1307.

Anhang

8 Anhang

Fotos von Schafen und einer Ziege während der Datenerhebung:



Quelle: K. Linderot de Cardona



Quelle: K. Linderot de Cardona

Liste mit weiteren Veröffentlichungen

OIRSA

Estudio para determinar la presencia o ausencia de *B. abortus* en caprinos y ovinos, tuberculosis caprina y ovina y artritis encefalitis caprina en El Salvador, año 2013-2014. *Abschlussbericht*.
San Salvador, El Salvador 2014

Kristina Linderot de Cardona, Abelardo De Gracia Scanapieco

A first-time study on small ruminant brucellosis, tuberculosis and caprine arthritis-encephalitis in El Salvador. *Poster*
2nd International Conference on One Medicine One Science
Minneapolis, USA 2016

K. Linderot de Cardona, P. G. Braun

Brucellosis, tuberculosis and caprine arthritis-encephalitis, are goats and sheep in El Salvador affected? *Layman's summary*
Atlas of Science- another view on science, <http://atlasofscience.org>
August 2016

Danksagung

Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Chef in El Salvador, TA Abelardo De Gracia Scanapieco. Ohne sein Vertrauen und seine Unterstützung wäre dieses Dissertationsthema bei der Idee geblieben.

Ebenso bedanke ich mich bei meiner Doktormutter, Frau Prof. Dr. Peggy G. Braun, für ihre Offenheit eine eher unkonventionelle Dissertation zu unterstützen und vor allem für ihre Geduld bei der schriftlichen Zusammenstellung.

Der OIRSA, insbesondere der Abteilung Salud Animal, bin ich für die Finanzierung der beiden Studien sowie für die fachliche Unterstützung während meiner Zeit in El Salvador dankbar. TA Luis Alberto Espinoza Rodezno möchte ich für die Beantwortung aller meiner Fragen besonders danken. Des Weiteren bedanke ich mich bei der Abteilung Trazabilidad für die Hilfe mit der Kennzeichnung der Tiere sowie der Registerkreierung. Ein besonderes Dankeschön geht an das Servicepersonal der OIRSA, die meine Arbeit in El Salvador erleichtert haben.

Ausdrücklich bedanke ich mich beim MAG sowie den amtlichen Tierärzten Edgardo Olivares, Marvin Rios, José David Bolaños, Consuelo de Cienfuegos, Karmen Sermeño, Rolando Cazali, Adonias Ortiz, José Alfredo Gamero, Julio Castro, Guillermo Martínez, Edgardo Ocón und Victor Hugo Ramírez für die Hilfe diese Arbeit praktisch durchzuführen. Besonders bin ich TÄ Ana Mariela Valladares dankbar für die Unterstützung, um die vielen Hindernisse in der Feldarbeit zu überwinden. Für die Analysen der Proben möchte ich dem Fachpersonal im Labor des MAGs danken.

PhD Cristóbal Zepeda und TÄ Eva Bravo danke ich für die didaktische Einführung in die Epidemiologie sowie für den Beistand bei der Erstellung des Stichprobenplans.

Ein besonderer Dank geht an das Fachpersonal im Labor des MIDA sowie des IDICASAT- AIP für die Analysen in der weitergeführten Diagnostik.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Allflex Uruguay und Allflex Europe SA für die Ohrmarken sowie die Ohrmarkenzangen.

Dr. Martin Köthe danke ich für den Beistand mit der Auswertung der Daten sowie für die Hilfe den Anfang der schriftlichen Zusammenstellung zu finden.

Danksagung

Meinem Onkel danke ich für die Korrektur dieses Manuskripts.

Ein besonderer Dank geht an meine Eltern, die immer an mich geglaubt haben und mich unterstützt haben.

Hier besonders möchte ich meinem Mann danken, der mir nicht nur bei allen computertechnischen Fragen und Korrekturen von spanischen Texten zur Seite stand, sondern auch an manchen Wochenenden bei der Probenentnahme, im wahrsten Sinne des Wortes, mit angepackt hat.