

Aus dem Klinischen Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Zentrum für Lebensmittelwissenschaften und öffentliches Veterinärwesen
(Leiterin: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Annemarie Käsbohrer)

Lumpy Skin Disease

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Dominique Bézard

Wien, am 16.09. 2024

Betreuerin:

Univ.-Prof. Dr. med. vet. Annemarie Käsbohrer
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften und öffentliches Veterinärwesen
Klinischen Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen
Veterinärmedizinische Universität Wien

Begutachter:

Johannes Lorenz Khol
Univ. Prof., Dr. med. vet., Dip.
ECBHM

Klinisches Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen
Klinisches Zentrum für Wiederkäuer- und Kamelidenmedizin
Lehr- und Forschungsabteilung für Wiederkäuermedizin im Alpenraum

Danksagung

Diese Arbeit ist meinem Vater gewidmet, der immer an mich geglaubt hat und mich auf meinen weiteren Wegen stets begleiten wird. Der mich geprägt und gelehrt hat.

Lieber Papi danke für all die Zeit und all die schönen Momente an die ich mich erinnern darf.
Du bist in meinem Herzen!

Ebenfalls möchte ich mich bei all jenen bedanken, welche mich auf meinen bisherigen Wegen begleitet haben und weiter an mich glauben. Ganz besonders bei meiner Familie, all unseren Tieren und der Liebe meines Lebens.

Ein besonderer Dank gilt vor allem Frau Professor Käsbohrer, die mit schier unendlicher Geduld und Freundlichkeit meinen langen Weg zum Abschluss dieser Arbeit begleitet hat.

Vielen Dank an Euch alle!

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich, Dominique Bézard, die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen Quellen und andere als die erwähnten Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, am 16.09.2024

Dominique Bézard

ZUSAMMENFASSUNG

Lumpy Skin Disease (LSD) stellt eine Viruserkrankung der Familie der Pockenviren (*Poxviridae*) dar. Zu dieser zählen weiters die Viren der Schaf- (*Capripoxvirus ovis*) und Ziegenpocken (*Capripoxvirus caprae*). Diese virale Erkrankung trat erstmals 1929 in Afrika auf und verbreitete sich rapide 1989 wurden erste Ausbrüche auch außerhalb Afrikas vermeldet. 2015 wurde das Virus in die Europäische Union eingetragen. Mittlerweile kommen LSD Ausbrüche nahezu weltweit vor. Nur der amerikanische Kontinent und Australien sind bisher noch nicht von der Erkrankung betroffen. Die Erkrankung verläuft, so sie nicht subklinisch auftritt, mit Hautläsionen, Fieber, Leistungseinbußen und vereinzelt Todesfällen. Für ihrer Übertragung spielen besonders der nationale und internationale Handel mit Lebewesen, deren Produkte, die Verbreitung von dem Virus übertragende Arthropoden aufgrund wärmerer Temperaturen und die Verbreitung mittels unbelebter Gegenstände wie z.B. Fahrzeuge eine Rolle. Da das Hausrind den Hauptwirt darstellt gehen mit einer Erkrankung auch große finanzielle Einbußen einher. Ebenfalls gehen mit einem Seuchenausbruch massive Maßnahmen, einschließlich Handelsbeschränkungen und Keulung von Tieren einher, welche sowohl in der Akzeptanz der Bevölkerung als auch in der wirtschaftlichen Situation der betroffenen Betriebe tiefe Einschnitte hinterlassen. Demzufolge wird die Europäische Gemeinschaft mit allen verfügbaren Mitteln etwaigen zukünftigen Ausbrüchen entgegenzutreten. Ausbrüche auf der Balkanhalbinsel dienten als wertvolle Möglichkeit veraltete Legislatur an aktuelle Gegebenheiten anzupassen und die Europäische Union in ihren Bestrebungen der Seuchenbekämpfung handlungsfähiger und flexibler zu gestalten. Hierfür wurde die länderübergreifende Zusammenarbeit verbessert und gesetzliche Hürden vereinfacht und vereinheitlicht. Auch die eindrucksvolle Wirksamkeit der durchgeführten Impfkampagnen der Balkanhalbinsel bestärkt die Europäische Union in ihren Seuchenbekämpfungsmaßnahmen und dient als Vorlage für zukünftige Seuchenereignisse. So konnten ebenfalls zukünftige Anforderungen an zu entwickelnde Impfstoffe und vorhandene Testmöglichkeiten erarbeitet und umgesetzt werden. Auch die Anforderungen an die in der EU vorherrschenden Laboratorien wurden nach den gewonnenen Erfahrungen nach den Seuchenausbrüchen auf der Balkanhalbinsel überarbeitet. Hier bestand vor allem in der Kapazität der Laboratorien Handlungsbedarf. Ebenso wurde Handlungsbedarf in der praktischen Durchführung der Seuchenbekämpfung bekämpft. Dies umfasst Probleme von der Beseitigung von Tierkörpern bis hin zu personellen Kapazitäten seitens der verschiedenen Ämter, Tierärzte/Tierärztinnen und geschultem Personal.

ABSTRACT

The Lumpy Skin Disease Virus (LSDV) refers to the family of the poxviruses (*Poxviridae*). Furthermore, this family includes sheeppox virus (*Capripoxvirus ovis*) and goatpox virus (*Capripoxvirus caprae*). It first appeared 1929 in Africa and spread quickly over the continent, in 1989 first outbreaks outside of Africa were reported. In 2015 Greece was the first country affected in der European Union. Nowadays outbreaks occur nearly around the world, only the American continent and Australia are being spared. The disease expresses in severe cases in high fever, skin lesions, a reduction of productivity and sometimes death. As well there are subclinical forms that appears way less severe. Its transfer is mainly provided by the transport of livestock and its products, arthropods and their spread because of climatic changes and vectors such as transport vehicles. As domestic cattle are the main hosts for LSDV the financial losses linked with outbreaks are high. Furthermore, trading restrictions as well as “total stamping out” are measures to be taken, mostly poorly accepted by people. Therefore, the European community will counter future outbreaks with all its force. Highly valuable information could be gathered within the past outbreaks. Those resulted in a change of law as well as an improvement in the interaction of different institutions. Furthermore, outbreaks in the Balkans have shown that there were actions that need to be taken in disposal of cadavers or personal manpower of laboratories, veterinarian services or specialized forces. Also request for future vaccines or laboratory testing could be identified and implemented.

.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	0
1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
1.1 TIERSEUCHEN.....	2
1.2 ZIELSETZUNG.....	3
2 MATERIAL UND METHODEN	4
2.1 LITERATURRECHERCHE	4
2.2 VORGEHENSWEISE ZUR AUSWAHL DER REFERENZEN	6
2.3 DATENAUFBEREITUNG	6
3 DERZEITIGER WISSENSSTAND ZUR LUMPY SKIN DISEASE.....	7
3.1 ERREGER	7
3.2 PATHOLOGIE	9
3.3 VERBREITUNG.....	11
4 DIAGNOSTIK	14
4.1 ERREGERNACHWEIS	17
4.1.1 <i>Virusisolation</i>	18
4.1.2 <i>Elektronenmikroskopie</i>	19
4.1.3 <i>Molekulare Methoden zum Erregernachweis</i>	19
4.2 SEROLOGIE	22
4.2.1 <i>Virus Neutralisation (VNT)</i>	23
4.2.2 <i>Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)</i>	24
4.2.3 <i>Immuno Fluoreszenz Antikörper Test (IFAT)</i>	24
4.2.4 <i>Western Blot</i>	24
5 IMPFUNG UND IMPFSTOFFE.....	25
5.1 GENERELLE ANFORDERUNGEN	25
5.2 TYPEN VON IMPFSTOFFEN GEGEN LSD	27
5.2.1 <i>Homologe Lebendimpfstoffe</i>	27
5.2.2 <i>Heterologe Lebendimpfstoffe</i>	28
5.2.3 <i>Inaktivierte Impfstoffe</i>	29
5.2.4 <i>Rekombinante Impfstoffe</i>	29
5.3 ERFOLGSMODELL BALKANHALBINSEL	30
5.4 WEITERE IMPFSTOFFENTWICKLUNGEN	33
6 ÜBERWACHUNG DER LSD IN DER EU.....	34
6.1 EINORDNUNG VON LSD NACH EU-RECHT	34
6.2 SOFORTMAßNAHMEN NACH EINSCHLEPPUNG	35
6.3 RECHTLICHE VORGABEN BZGL. STATUS EINES LANDES	37
7 SURVEILLANCE	39
7.1 MONITORING UND EVALUATION.....	40
7.2 DATENERFASSUNG	41
7.2.1 <i>Aktive Surveillance</i>	41

7.2.2	<i>Passive Surveillance</i>	42
7.3	DERZEITIGE SURVEILLANCE MAßNAHMEN IN DER EU UND ÖSTERREICH	43
7.4	ÜBERWACHUNGSSYSTEME IM EUROPÄISCHEN UND INTERNATIONALEN KONTEXT	45
8	BEKÄMPFUNGSMABNAHMEN	46
9	RECHTLICHE GRUNDLAGEN	50
9.1	ÖSTERREICH.....	50
9.2	EUROPÄISCHE UNION	53
9.2.1	<i>Vor Inkrafttreten des neuen Tiergesundheitsrechts</i>	53
9.2.2	<i>Neues EU-Recht</i>	53
9.3	INTERNATIONALE RECHTLICHE GRUNDLAGEN	54
10	DISKUSSION	55
11	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	58
12	LITERATURVERZEICHNIS	59
13	RECHTSGRUNDLAGENVERZEICHNIS	65
14	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	67
15	TABELLENVERZEICHNIS	68

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

In vielen Ländern dieser Erde kommt es aufgrund von veränderten klimatischen Bedingungen, Globalisierung des Handels oder des Reiseverkehrs, mit oder ohne Tieren, vermehrt zum Eintrag noch nie vorherrschender Erkrankungen. Diese können ausschließlich den Menschen betreffen, zoonotisches Potential aufweisen oder aber nur für verschiedene Tierarten gefährlich sein. Dies bringt uns dazu sich mit vielen neuen Erkrankungen frühzeitig auseinander zu setzen.

Da Lumpy Skin Disease (LSD), eine in Afrika endemische Viruserkrankung, welche mittlerweile weite Teile des Globus umspannt, sah sich auch Österreich, beziehungsweise die Europäische Union (EU) seit etwa 2010 mit einem möglichen Eintrag konfrontiert. Dank dieser Vorbereitungszeit trafen die ersten Ausbrüche die EU zwar hart, jedoch nicht unvorbereitet. Seitdem konnten viele Lehren daraus gezogen werden.

Dies veranlasst die Bearbeitung der Fragestellung und Klärung der Erkrankung selber, ihrer Ausbreitungswege, der Möglichkeiten ihrer Eindämmung und der Möglichkeiten ihr zu begegnen, ihrer finanziellen und sozialen Auswirkungen sowie der Adaptierung von Impfstoffen und Testverfahren.

Ebenfalls soll es Ziel dieser Arbeit sein, nicht nur die negativen Aspekte des Seucheneintrages auf Europäischem Boden, sondern im Besonderen die daraus erwachsenen Möglichkeiten neue Informationen zu sammeln, Rechtsvorschriften an die aktuellen Gegebenheiten anzupassen und den Erfolg der Impfkampagnen und Maßnahmensetzung, zu beleuchten.

Um im Besonderen auf Österreich einzugehen, wurden vor allem die nationalen rechtlichen Grundlagen ergänzend aufgearbeitet.

1.1 Tierseuchen

Man darf annehmen, dass weltumspannend einem Tierhalter/Tierhalterinnen welcher in vielen Fällen seine Lebensgrundlage aus dem Erfolg seiner Arbeit zieht, die Gesundheit und somit auch Produktivität seiner Herde, höchstes Gut ist. In diesem Kontext stellen Seuchengeschehen nicht nur ein „worst-case“ Szenario dar, sondern führen auch zu einem massiven ökonomischen und psychischen Stress für diese Personengruppe. So muss die effektive und sichere Bekämpfung einer Seuchenlage, sowie die Sicherstellung der Lebensmittelsicherheit für den Staat und seine ausführenden Organe eine der wichtigsten Aufgaben sein. Ebenfalls trägt der Gesetzgeber mit der Verhinderung und Bekämpfung von Seuchen zur Sicherstellung des Tierschutzes bei. Hierbei ist es unumgänglich mit all seinen angrenzenden Nachbarländern, besser noch innerhalb einer Gemeinschaft, beste Kontakte zu pflegen und Maßnahmen im Einklang mit diesen zu implementieren. Dabei nimmt die Rechtsprechung eine der wichtigsten Rollen ein, da sie sicherstellt, dass sich alle handelnden Akteure derselben Regularien bedienen. Es bedarf globaler, internationaler und nationaler Empfehlungen, Richtlinien und Gesetze. Insbesondere bei wirtschaftlich so bedeutenden Einschnitten im Falle eines Seuchenausbruches wie restriktive Handelsbeschränkungen, Keulungen ganzer Bestände, Zonenlegung um Gefahrenbereiche oder auch die Bereitstellung finanzieller Mittel, ist es unerlässlich diese in rechtlich bindenden Verordnungen darzulegen.

So umfasst das Tiergesundheitsgesetz der EU beispielsweise:

- Kompetenzkompass für Tierärzte/Tierärztinnen, Landwirte/Landwirtinnen und andere Interessensvertreter/Interessenvertreterinnen bei der Früherkennung, um Seuchenausbrüche im besten Falle bereits vorab verhindern zu können.
- Eine Vereinfachung im Verwaltungsverfahren, betreffend den Handel mit Lebewesen und deren Erzeugnissen.
- Eindeutige Rechtsgrundlagen für Veterinärbehörden um einem möglichen Ausbruch mit der nötigen Sicherheit der Rechtsprechung in Bezug auf Überwachung, Diagnose und Meldung zu begegnen.
- Ebenfalls wurde den lokalen Gegebenheiten eines Landes, durch mehr Flexibilität bei der Verordnung lokaler Vorschriften, Rechnung getragen.
- Pflicht der Registrierung und Identifizierung jedes einzelnen Tieres, um eine lückenlose Rückverfolgbarkeit gewährleisten zu können.

- Darlegung von „Biosecurity“ Maßnahmen, sowie der zu treffenden Aktionen im Falle eines Ausbruchs, wie etwa die Keulung, Impfung oder weiterführenden Beschränkungen, vor allem den Handel betreffend.

Dies legt dar, dass die Europäische Union (EU) besonderes Augenmerk auf eine Harmonisierung der Rechtsgrundlagen setzt, ohne hierbei auf eine gewisse Flexibilität für betroffene Länder zu verzichten.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, einen aktuellen Blick auf die vorherrschende Situation der Lumpy Skin Erkrankung zu geben, sowohl in zeitlicher Abfolge als auch in der Beschreibung der Erkrankung. Es liegt der Fokus insbesondere auf den Ausbruchsgeschehen innerhalb der EU und es wurde versucht einen Kontext zu Österreich zu schaffen. Die aus den Infektionsgeschehen gezogenen Schlüsse, insbesondere die Aktualisierung älterer Rechtstexte und Zusammenarbeit innerhalb der EU werden ebenso beleuchtet wie der aktuelle Stand der Wissenschaft in Bezug auf verwendete Impfstoffe, Testmethoden und Art der anzuwendenden Gegenmaßnahmen im Falle eines Ausbruchs.

Besonderes Augenmerk wird weiters auf die verschiedenen Möglichkeiten der Überwachung, des Monitorings und der Verhinderung eines Neueintrages in die EU gelegt.

Da LSD eine massive ökonomische Gefahr darstellt, wird ein Einblick über die Kosten und weitreichenden wirtschaftlichen Einschnitte und Einbußen gegeben.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Literaturrecherche

Zur Bearbeitung der Thematik dieser Diplomarbeit wurden sowohl Bücher und Berichte als auch Publikationen gesucht, gesichtet und relevante Informationen extrahiert. Hierbei wurde angestrebt, bestmöglich den aktuellen Wissenstand zu beschreiben. Die Literaturrecherche erfolgte unter Nutzung von Researchgate (www.researchgate.net), Pubmed (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/), EUR-Lex (EU law - EUR-Lex (europa.eu)) und dem Rechtinformationssystem des Bundes (RIS Informationsangebote (bka.gv.at), sowie diversen Internet- und Informationsseiten. Die Suche erfolgte dabei mit folgenden Begriffen oder einer Kombination aus diesen:

control measures & lumpy skin disease, European surveillance & lumpy skin disease
LSD/ Lumpy Skin disease, Lumpy Skin & Österreich & Recht, Lumpy Skin & Publikation
Surveillance, Active Surveillance, passive Surveillance, Seuchen, Verbreitung,
Tierseuchenrecht, Recht, Virusinfektion, Impfungen LSD, LSD Situation, LSD in Österreich
etc.

Ergänzend zur Literaturrecherche wurden folgende Fachzeitschriften/Fachliteratur verwendet:

Eckert et al. 2012. Lehrbuch der Parasitologie

OIE - Terrestrial Animal Health Code

Des Weiteren wurden folgende Internetseiten zur Informationsgewinnung herangezogen:

EFSA – European Food Safety Authority (<http://www.efsa.europa.eu>)

AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (<http://www.ages.at>)

Bei der Recherche und Analyse der rechtlichen Vorschriften wurden jeweils auch weitere Rechtsquellen berücksichtigt, auf die Bezug genommen wurde. Dies ergab sich auch bei der Analyse anderer Informationsquellen.

Die Literaturrecherche erstreckte sich über einen Zeitraum von 2017 bis 2018 und es erfolgte von Juli 2024 bis August 2024 eine Aktualisierung der Arbeit auf den neuesten Stand. Es schließt Publikationen, Studien und Informationen ein, die bis zu diesem Datum veröffentlicht wurden.

2.2 Vorgehensweise zur Auswahl der Referenzen

Nach Ordnung und Sichtung des Ergebnisses der beschriebenen Recherche und der somit in Frage kommenden Studien und Publikationen wurde im Hinblick auf die Relevanz der Literatur zu den jeweiligen Themengebieten eine Auswahl getroffen, um die zu bearbeitenden Quellen einzuschränken und sich auf die Bearbeitung der einzelnen Aspekte zu konzentrieren.

2.3 Datenaufbereitung

Entsprechend der für die Bearbeitung der Fragestellung relevanten Themenblöcke wurden die Referenzen gesichtet und die relevanten Aussagen, Fakten oder Regelungen extrahiert und in inhaltlich sinnvoller Reihenfolge beschrieben. Hierbei wurde auch berücksichtigt, dass sich verschiedene Phasen des Auftretens und der Bekämpfung von LSD unterscheiden lassen. Allein aus europäischer Perspektive kann im Bearbeitungszeitraum dieser Diplomarbeit unterschieden werden, dass es eine Phase der Einschleppung der Seuche, eine Phase der Bekämpfung in benachbarten Ländern und die nun gültigen Regelungen des Europäischen Tiergesundheitsrechts mit einem eher prophylaktischen Ansatz unterscheiden lassen. Dieser wird auch in der gewählten Gliederung der Arbeit reflektiert.

3 Derzeitiger Wissensstand zur Lumpy Skin Disease

3.1 Erreger

Das Krankheitsbild der LSD-Erkrankung wird ausgelöst durch Vertreter der Familie der Pockenviren (*Poxviridae*). Die Familie der Pockenviren nimmt im Reich der Viren eine gesondert zu betrachtende Stellung ein, da sie sowohl die uns größten bekannten Viren beinhaltet und sich ihre Vertreter auch im Aufbau von anderen Viren deutlich unterscheiden.

Poxviridae lassen sich zu den DNA-Viren zählen und sind familientypisch, in beachtlich autonomer Weise, in der Lage sich mithilfe ihrer Vielzahl an viruseigenen Enzymen selbst im Cytoplasma der Wirtszelle ohne Mithilfe des Zellkerns zu vervielfältigen und zu reifen. Das Lumpy skin disease virus (LSDV repliziert im Cytoplasma der Wirtszellen, um genauer zu sein in den intracytoplasmatischen eosinophilen Einschlusskörperchen der Wirtszelle. Diese können lichtmikroskopisch identifiziert werden (1, 2).

Gemein ist ihnen ihre lineare Doppelsträngige DNA sowie ihre äußerst widerstandsfähige Hülle. So bleibt das Virus bei 55 °C über zwei Stunden, sowie bei 65 °C über 30 Minuten infektiös. Gewebeproben welche bei 4 °C gelagert werden können über ein halbes Jahr lang infektiös bleiben. Bemerkenswert ist, dass aus Hautknoten, welche bei einer Temperatur von -80 °C gelagert werden, auch nach zehn Jahren noch Viren isoliert werden konnten. Ebenso ist es äußerst widerstandsfähig gegenüber pH-Wert Verschiebungen von 6.6 bis 8.6. Auch ist es erstaunlich widerstandsfähig gegenüber gebräuchlichen Desinfektionsmitteln, allerdings sensibel gegenüber Substanzen, welche die Lipiddoppelmembran angreifen. Relevant ist ebenso, dass es in getrockneten Häuten mindestens 18 Tage infektiös bleibt. Empfindlich stellt es sich gegenüber Sonnenlicht dar, in dunklen Plätzen wie zum Beispiel Ställen bleibt es jedoch über Monate infektiös (1, 3).

Aktuell wurde eine neue Nomenklatur eingeführt. Diese soll in Kürze beschrieben werden. Jedoch wird in nachfolgender Arbeit die alte Nomenklatur verwendet. Dies erleichtert das Nachlesen der Referenzen, da hier die alte Nomenklatur vorherrschend ist.

Das LSD Virus (Spezies: *Capripoxvirus lumpy skinpox* mit dem Dermatitis-nodularis-Virus (*Lumpy skin disease virus*)) wird der Gattung *Capripoxvirus* (Schaf- und Ziegenpockenviren) zugeordnet. Früher wurde es als *Capripoxvirus bovis nodularis* beschrieben.

Weitere Vertreter dieser Gruppe sind das Schafpockenvirus (Spezies: *Capripoxvirus sheeppox* mit dem Virus: Sheeppox virus, SPV) (veraltet: *Capripoxvirus ovis*) und das Ziegenpockenvirus (Spezies: *Capripoxvirus goatpox* mit dem Virus: Goatpox virus, GtPV) (veraltet: *Capripoxvirus caprae*)

Mehr als 40 Spezies, geordnet in 2 Subfamilien, lassen sich den Poxviridae zuordnen. Das LSDV ordnet sich unter der Subfamilie der *Chordopoxviridae* in der Gattung (Genus) *Capripoxviridae* ein. Hierbei stellt es eines von drei Viren in dieser Gattung dar. Die Viren der Schaf- (*Capripoxvirus ovis*) und Ziegenpocken (*Capripoxvirus caprae*) stellen die weiteren Vertreter dar. Ihr Genom unterscheidet sich nur geringfügig voneinander. So weist LSDV eine Übereinstimmung des Genoms mit den Viren der Schaf- und Ziegenpocken zu 96 % auf. Dennoch unterscheidet sich das LSDV in einigen Punkten erheblich wie zum Beispiel Inkubationszeit, den empfänglichen Tierarten oder dem klinischen Verlauf von den anderen beiden Vertretern.

Das Genom des LSDV weist eine Länge von 151 Kilobasenpaaren auf (4). Die kodierenden Abschnitte, welche sowohl zuständig für die Virulenz, die Umgehung der wirtseigenen Abwehr, als auch die empfänglichen Tierarten sind, befinden sich an den endständigen und sich wiederholenden Sequenzen der DNA. Neben dem Hausrind (*Bos taurus*) und dem Zebu (*Bos indicus*) sind vor allem der afrikanische, sowie asiatische Wasserbüffel (*Bubalus bubalis*), aber auch einige wildlebende Wiederkäuer wie das Oryx als empfängliche Tierarten zu nennen. Wildlebende Wiederkäuer spielen, wenn überhaupt, jedoch nur eine sehr untergeordnete Rolle in der Übertragung des Virus. Ebenso ist es wichtig anzumerken, dass Wasserbüffel und Zebu deutlich resistenter im Vergleich zu dem Hausrind erscheinen. Es gibt keine Hinweise darauf, dass Schafe oder Ziegen empfänglich wären (1–5).

Die Morbidität beträgt in etwa zehn bis 20 % und sogar höher. Die Mortalität kann mit etwa ein bis fünf Prozent angegeben werden (3).

3.2 Pathologie

Die Pathogenese und die Klinik der LSD Erkrankung wird heute gut verstanden. Sowohl experimentelle als auch natürliche Infektionen mit dem LSD-Virus wurden untersucht. Generell lassen sich die Krankheitssymptome in akute, subakute und chronische Krankheitsverläufe unterscheiden.

Besondere Bedeutung wird den subklinischen Trägern des Virus zugeschrieben, da diese oft unerkannt bleiben und so das Virus verschleppen können.

Die Inkubationszeit beträgt bei natürlichem Übertragungsweg, daher über Stechmücken, zwei bis vier Wochen. Bei experimentell herbeigeführten Infektionen scheint die Inkubationszeit deutlich verringert zu sein. Hierbei beträgt sie zwischen vier und 14 Tagen.

Die Schwere der klinischen Erscheinung ist hauptsächlich von dem Immunstatus des Tieres abhängig. Es gibt aktuell keine Hinweise darauf, dass es zwischen einzelnen LSDV Stämmen Unterschiede in deren Virulenz gibt. Weiters spielen die Rasse sowie das Alter, als aber auch der jeweilige Stand in der Produktionskette eine wichtige Rolle, d.h. ob es sich um ein Tier in einem Hochleistungsbetrieb, in der Mast oder z.B. um ein Tier in einer extensiven Haltungsform handelt. Hierbei scheinen schwere Symptome besonders bei Milchrassen aufzutreten, insbesondere dann, wenn sich das Tier am oder um den Höhepunkt der Laktation befindet. Junge Tiere stellen wie bei den meisten viralen Erkrankungen eine besonders anfällige Gruppe dar.

Entwickelt ein Tier klinische Symptome, so äußern sich diese in eine biphasischen der inneren Körpertemperatur welche bis zu 41 °C steigen kann. Meist dauert diese Fieberphase vier bis 14 Tage an. Begleitend treten Bewegungsunlust, Inappetenz, vermehrtes Speicheln sowie Nasen- und Augenausfluss auf. Die austretenden Sekrete können in ihrer Konsistenz mukös bis hin zu mukopurulent sein. Ulzerative Läsionen können an Schleimhäuten auftreten. Hierbei sind Konjunktiven, Maulschleimhaut, Larynx, Oesophagus sowie das Abomasum hervorzuheben. An den Konjunktiven kann es zudem zu massiven Entzündungsreaktionen bis hin zur Blindheit kommen. Durch Ulzera und in weiterer Folge Nekrosen an der Trachea kommt es zur Narbenbildung. Daraus resultierender Narbenzug kann infolge zum Trachealkollaps führen, welcher in Atemnot und Asphyxie enden kann. Weiters ist meist ein Einbruch der

Milchleistung zu bemerken. In Milchbetrieben ist dies oft eines der ersten Symptome, welche auffallen.

Besonders hervorzuheben sind unter den klinischen Symptomen jedoch Hautläsionen. Diese können, müssen aber in vielen Fällen nicht vorhanden sein. Sie sind meist 5mm bis 50mm im Durchmesser groß und können an wenigen Stellen oder auch generalisiert in Erscheinung treten. Sie treten erhaben, rund und begrenzt auf und reichen von der Epidermis über die Subcutis und in manchen Fällen bis hin zur Muskulatur. Meist treten sie etwa 48 Stunden nach Auftreten der ersten Fieberreaktion auf. Brechen diese Knötchen auf, so können sich leicht bakterielle Sekundärinfektionen entwickeln. Nach der Eiablage von Fliegen kann es auch zu Madenbefall kommen. Prädilektionsstellen für die Hautknoten sind Kopf und Halsregion, Genitalien und Euter sowie die Gliedmaßen. In manchen Fällen kommt es zu ausgeprägten Unterhautödemen an den ventral gelegenen Anteilen des Körpers. Dies sind vor allem Euter und Vulva, Skrotum, Wamme oder Brust.

Nekrotische oder ulzerative Geschehen führen in weiterer Folge leicht zu Pneumonien oder Mastitiden. Trächtige Kühe abortieren häufig und entwickeln nachfolgend einen mehrere Monate anhaltenden Anöstrus. Bei Bullen führt das LSDV zur vorübergehenden Infertilität. Im Falle einer sich entwickelnden Orchitis können Bullen allerdings auch dauerhaft unfruchtbar werden (1, 2, 4, 6).

Differentialdiagnosen einige zu nennen (3)

- Urtikaria
- Photosensibilität
- Hautleukose (Cutaneous lymphosarcoma)
- Tuberkulose der Rinder
- Bovine Mamillitis (Bovines Herpesvirus-2)
- *Stomatitis papulosa*
- Euterpocken des Rindes
- Insekten und Zeckenbisse
- Demodikose

3.3 Verbreitung

LSD war bis ins Jahr 1986 auf die Afrikanischen Gebiete der Subsahara Zone beschränkt. Heutzutage ist es in den meisten Afrikanischen Ländern endemisch und das Ausbreitungsgebiet dieser Erkrankung vergrößert sich stetig. Der erste belegte Ausbruch der Seuche datiert auf das Jahr 1929 (7).

Nachdem in Sambia der erste Ausbruch 1929 gemeldet wurde, waren 15 Jahre später bereits über acht Millionen Rinder in Botswana und Südafrika betroffen. Durch die weitere Ausbreitung erstreckten sich LSD-Ausbrüche im Jahr 1970 bereits weit in den Norden Afrikas bis hin nach Kenia und den Sudan sowie auf der westlichen Seite bis hin nach Ghana und Mali.

Im August 1989 wurde der erste Ausbruch außerhalb Afrikas gemeldet. Dieser trat in Israel auf. Durch die farbliche Hinterlegung in Abbildung 1 kann dieser gut nachvollzogen werden. Da zum Zeitpunkt des Auftretens keine neuen Tiere in die Herden gebracht wurden, muss vermutet werden, dass die Übertragung über den Wind stattfand. Der Ausbruch wurde durch Keulungsmaßnahmen aller betroffenen und in Kontakt stehenden Rinder, sowie durch ein Impfprogramm beendet. Vier Jahre später, im Jahr 1993, wurden aus der französischen Insel La Réunion sowie aus Bahrain LSD Ausbrüche gemeldet. Durch importierte Rinder wurde im Jahr 2000 der Infektionserreger nach Mauritius eingeschleppt. Einige Fälle konnten durch Elektronenmikroskopie bestätigt werden.

2006 traten nach 17-jähriger Absenz wieder Fälle von LSD in Ägypten auf. Der erneute Ausbruch ließ sich auf einen Import infizierter Tiere aus den Ländern des Afrikanischen Horns zurückführen.

Im Zeitraum 2007/2008 wurden die ersten Fälle im Nahen Osten bekannt, welche bis in das Jahr 2014 bereits große Teile der Türkei, Jordaniens, Iraks und des Irans betrafen. Hierbei wird Syrien und dem Irak eine bedeutende Rolle zugesprochen, da vermutet wird, dass sich das Virus über diese Länder bis in die Türkei ausbreitete. Diese Annahme basiert auf der Beobachtung, dass die meisten Ausbrüche in der Türkei die grenznahen Regionen betrafen.

Da der Mittlere Osten ein großer Importeur von lebendem Vieh, Fleisch und Tierprodukten ist, gleichzeitig aber über wenig Kontrollmechanismen und strikte Reglementierungen verfügt, war ein Eintrag von LSD einfach. Weiter trägt dazu bei, dass Viehbestände sich auf dicht konzentrierte große Bestände beschränken und Transporte oft unkontrolliert stattfinden. Ebenso sind hohe Temperaturen und starke saisonale Regenfälle ein guter Nährboden für Arthropoden und somit für eine Ausbreitung (8).

Über den Mittleren Osten verbreitete sich das Virus in die Türkei, wo es seit 2014 endemisch auftritt. 2014 und 2015 traten die ersten Infektionen in den Staatsgebieten von Aserbaidschan, Armenien und Kasachstan auf, 2016 in Teile der Russischen Föderation sowie in Georgien (9). Hiermit waren direkte Nachbarn zu Ländern der Europäischen Union betroffen.

Das erste Infektionsgeschehen auf Europäischen Boden datiert auf den Sommer 2015 im griechischen Evros Delta, nahe der Grenze zur Türkei (2). Im Jahr 2015 traten LSD-Ausbrüche in Griechenland, Russland, Georgien und der Arabischen Halbinsel auf. Im April 2016 wurden dann bestätigte Fälle aus Bulgarien und Mazedonien bekannt. Serbien und der Kosovo meldeten ebenfalls Ausbrüche. Vermutlich wurde diese regionale Häufung durch eine initiale Verbreitung des Virus über weite Distanzen mit nachfolgender regionaler Durchseuchung verursacht. Die Ausbreitungsrate betrug im Mittel 7,3 km/Woche (7).

In nachfolgender Grafik (Abb.1) finden sich die Ausbruchsgeschehen in chronologischer Reihenfolge.

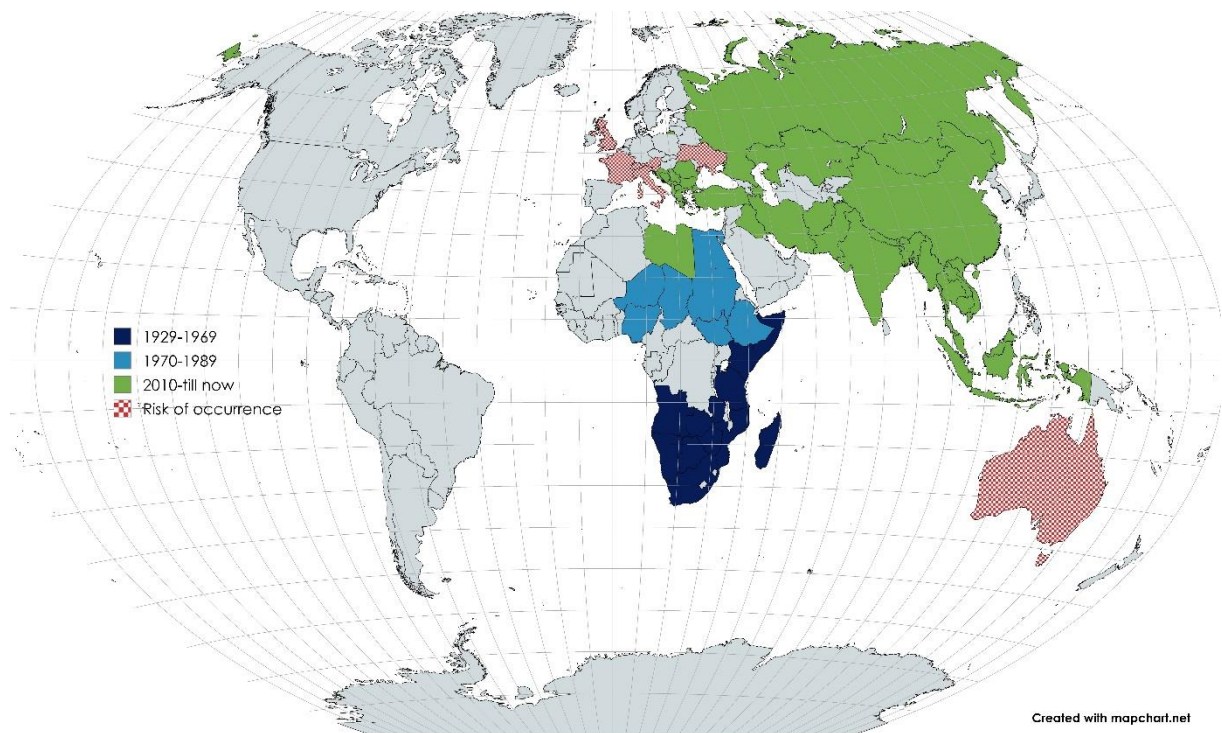


Abb. 1 Zeitliche und geographische Verbreitung von Lumpy Skin Disease (4).

Quelle: Akther M. et al. Global Burden of Lumpy Skin Disease, Outbreaks, and Future Challenges. *Viruses* 2023; 15(9). doi: 10.3390/v15091861.

Durch die farbliche Hinterlegung ist der zeitliche Ausbreitungsverlauf von LSDV gut nachvollziehbar. Ebenfalls gelingt eine leichte optische Zuweisung über die geographische Verbreitung des Virus, inklusive jener Länder, welche ein hohes Risiko der Gefahr des Neueintrages aufweisen.

Laut ADNS-Meldesystem (Animal Disease Notification System) der World Organisation for Animal Health kam es im Zeitraum Mai 2015 bis August 2016 zu 1.092 LSD-Ausbrüchen. Zu beobachten war ein Peak in den Sommermonaten, allerdings keine Neuinfektionen in den Wintermonaten (2). Regional gesehen waren Grenzregionen (Griechenland-Türkei, Griechenland-Bulgarien, Albanien-Kosovo, Serbien-Bulgarien, Montenegro-Serbien) immer ein Hotspot mit einer Häufung an Infektionsfällen.

Laut EFSA (European Food Safety Authority) wurden 2016 insgesamt 7.483 Ausbrüche gemeldet. 2017 gingen diese auf 385 Fallzahlen zurück, um im Jahre 2018 auf null zu sinken.

(10). Dies stellt ein beeindruckendes Erfolgsmodell in der Bekämpfung von Seuchen dar und wurde durch ausgeprägte und zielgerichtete Bekämpfungsmaßnahmen aller Beteiligten ermöglicht.

In den an die Balkanhalbinsel angrenzenden Ländern Russland, Georgien und der Türkei kam es weiterhin regelmäßig zu Ausbrüchen. So wurden zwischen 2017 und 2019 allein im Südosten Russlands über 30 Ausbrüche gemeldet. Ebenso gemeldeten China in der Provinz Xinjiang und Bangladesch erste Ausbrüche. 2020 wurden Ausbrüche aus den an China grenzenden Vietnam, Myanmar, Hong Kong und Bhutan gemeldet. 2021 kam unter anderem die Mongolei hinzu und 2022 Pakistan. Hier erkrankten 2022 über 190.000 Rinder, von denen etwa 7500 verstarben (11). Ebenso sah sich Thailand im Jahr 2021 und Indonesien erstmals im Februar 2022 mit Ausbrüchen konfrontiert. Am 20. Oktober 2023 meldete Südkorea den ersten Ausbruch von LSD, betroffen war dort eine Farm mit 41 Tieren (12).

4 Diagnostik

Die vorläufige Diagnostik von LSD erfolgt meist sowohl anhand klinischer Symptome, Zahlen zu Morbidität und Mortalität der Population oder eines Bestandes, als auch die jeweilig aktuelle Seuchelage oder auftretende Ausbrüche in den angrenzenden Gebieten. Dennoch spielt der Nachweis des LSDV eine große Rolle bei der Abklärung von Verdachtsfällen, asymptomatischen Krankheitsverläufen und dem Routinemonitoring.

Deuten jedenfalls die klinischen Symptome auf einen potentiellen Verdacht einer LSD Erkrankung, ist eine diagnostisch eindeutige Bestätigung unabdingbar (4).

Es steht eine breite Palette an labordiagnostischen Möglichkeiten zur Verfügung. Nachgewiesen können sowohl das Virus selbst (z.B. PCR und Sequenzierung) als auch die gegen es gerichteten Antikörper werden (z.B. ELISA). Als Untersuchungsmaterial kommen verschiedene Probenarten in Frage. So zählen hierzu, je nach gewählter diagnostischer Methode, Hautproben, Blut, Serum, Nasen- oder Augensekret, Abortmaterial, und Samenproben (13).

In nachfolgenden Tabellen (Tab.1 bis Tab.4) wird hierauf Bezug genommen.

Tab. 1 Vor- und Nachteile von verschiedenem Probenmaterial (14).

<u>Probenmaterial</u>		
<u>Krusten</u> <u>Hautknoten</u> <u>Hautdefekte</u>	Hohe Viruslast und damit auch für weniger sensitive Tests geeignet	Hohes Kontaminationsrisiko
	Geeignet für Virusisolation und PCR	Tauschen von Handschuhen, Biopsie Nadeln, Gerätschaften, um eine Kreuzkontamination zu verhindern
	Leicht zu sammeln	Besondere Vorsicht in der Handhabung
<u>EDTA-Blut</u>	Geeignet für Virusisolation und PCR	Virämische Phase ist zeitlich begrenzt
	Leicht zu sammeln	Benötigt sensitivere Tests
<u>Tupfer (Nase, Maul)</u>	Ähnlich zu EDTA-Blut	Eventuelles Kontaminationsrisiko für die Umgebung

Quelle: Nick De Regge. Lumpy skin disease virus: diagnostics: 4th LSD coordination meeting for South-East Asia 28-29 November 2023, Bangkok, Thailand; 2023.

Wie in Tabelle 1 ersichtlich dienen verschieden Probenmaterialien dem Nachweis von LSDV. Allerdings weisen sie verschiedenen Vor- und Nachteile auf.

Tab. 2 Vor- und Nachteile einiger Nachweismethoden (14).

		
<u>Virusisolation</u> <u>Molekulargenetische</u> <u>Methoden</u>	Hohe Sensitivität Je nach Testmethode hohe Spezifität	Je nach gewählter PCR-Methode keine Unterscheidung zwischen Schaf-, Ziegenpocken und LSD (RT-PCR, DIVA-PCR können unterscheiden)
	Schnell, auch zur Früherkennung geeignet	
<u>Serologie</u>	Probenmaterial einfach zu sammeln	Ungeeignet für die Frühdetektion
	Geeignet für Surveillance, post-Impfkontrolle, Screening	Das Auftreten von Antikörpern kann bis zu zwei Wochen dauern
	Antikörper zirkulieren über einen längeren Zeitraum im Blut	

Quelle: Nick De Regge. Lumpy skin disease virus: diagnostics: 4th LSD coordination meeting for South-East Asia 28-29 November 2023, Bangkok, Thailand; 2023.

Tabelle 2 gibt Auskunft über vorhandene Testmethoden und deren Eigenschaften.

Die Entscheidung, welche der Testmethoden zum Einsatz kommen, liegt an der Fragestellung und den gegebenen Rahmenbedingungen. Tabelle 2 gibt hierbei die Vorteile und Nachteile einiger Testmethoden wieder und dient somit der Zuordnung. So können sich die Testmethoden unterscheiden, je nachdem ob in einem akuten Ausbruchsfall der Nachweis einer Erkrankung mit dem LSD-Virus gelingen, oder ob in klinischen Studien relevante Daten erhoben oder neue Erkenntnisse gewonnen werden sollen. Ebenso benötigt es spezielle Testmethoden um die Lebensfähigkeit der isolierten Viren zu ermitteln (15).

Im Falle des Nachweises in einem akutem Ausbruchsfall, oder um dessen Verlauf zu überwachen, empfehlen sich aufgrund ihrer Schnelligkeit und relativ einfachen Handhabung vor allem PCR-Methoden wie z.B. RT-PCR.

Bei Verdachtsfällen in Österreich sind vom EDTA- und Serumblutproben, Proben von Hautläsionen (Hautstanze), Speichel sowie Proben des Augensekretes oder des Nasensekretes zu entnehmen. Für die Entnahme dieses Probenpools stellt die AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) eigens entwickelte Probenpakete zur Verfügung. In jedem Paket finden sich Materialien für die Beprobung von bis zu 5 Tieren. Die Proben sollen alsdann zur AGES Mödling (Institut für veterinärmedizinische Untersuchungen) versandt werden, welche das Nationale Referenzlabor für LSD beherbergt (13).

Tabelle 1 fasst einige Vorteile und Nachteile verschiedener Probenmaterialien zusammen.

Sie gliedert Vorteile und Nachteile und dient somit der besseren Zuordnung und Verständlichkeit.

4.1 Erregernachweis

Soll der Erreger selbst durch Diagnostische Methoden nachgewiesen werden, so stehen mehrere Werkzeuge zur Verfügung. Sie alle weisen spezifische Vorteile auf, welche je nach Einsatzzweck und Fragestellung gewichtet werden müssen. Tabelle 3 gibt hierüber Auskunft und informiert über die Eignung der Testmethode bezüglich ihrer Fragestellung.

Tab.3 Einschätzung der Eignung verschiedener Methoden zum Erregernachweis (16).

Nachweismethode	Nachweis des Erregers				
	Nachweis der Freiheit einer Herde	Freiheit eines Tieres (z.B. vor der Verbringung)	Tilgungsmaßnahmen	Bestätigung eines klin. Falles	Surveillance
VNT	+	++	+	+++	+
PCR	++	+++	++	+++	+
Elektronenmikroskopie	-	-	-	+	-
+++ für diesen Einsatz empfohlen ++ geeignet mit Einschränkungen + geeignet in wenigen Ausnahmefällen - nicht empfohlen für diesen Zweck					

Quelle: WOA. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, twelfth edition 2023; 2023.

4.1.1 Virusisolation

Prinzipiell ist vorzuschicken, dass die Isolation von Viren der Capripox Gruppe schwierig ist. LSDV wächst auf verschiedenen Zellmedien hierzu zählen Schaf-, Ziegen- oder Rinderzellen. Als besonders geeignet werden jedoch Rinderdermiszellen bzw. Lammhodenzellen angesehen. Aber auch Kulturen auf Ziegennierenzellen und fötalen Rinderlungenzellen sind zur Virusisolation geeignet (16, 17).

Um einen Erregernachweis zu führen, oder die Lebensfähigkeit bzw. die Virulenz zu testen, ist die Virusisolation Methode der Wahl. Diese Testmethode beruht auf dem Sichtbarwerden zytopathischer Zelleffekte durch das Virus selbst in der Zellkultur. Die zytopathischen Effekte zeigen sich als Zellrundung, Zellaggregation bzw. als Zusammenwachsen der Zellen (18). Erste zytopathische Effekte können nach vier bis sechs Tagen beobachtet werden. Allerdings kann es ebenfalls bis zu zwei Wochen zum Auftritt der Effekte dauern, bzw. mehrere Passagen benötigen. Daher wurde diese Testmethode in der Routineuntersuchung von der PCR abgelöst (19).

Nach einer LSDV-Infektion bleiben die Virus-Titer, welche im Blut zirkulieren, auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Dies legt einerseits den Schluss nahe, dass zur Virusisolation wenn möglich Hautproben herangezogen werden sollten und andererseits, dass eine Übertragung durch Arthropoden vermutlich eher über deren Saugwerkzeuge und Körper, welche direkten Kontakt mit Läsionsstellen hatten, als über den Weg des Blutes erfolgt (20).

4.1.2 Elektronenmikroskopie

In Kombination mit der auftretenden Klinik stellt die Elektronenmikroskopie eine schnelle und zuverlässige Nachweismethode dar. Pockenviren können mithilfe verschiedener negativer Färbemethoden gut elektronenmikroskopisch sichtbar gemacht werden. Das einzelne Virion von Capri- bzw. Orthopoxviren ist nicht zu unterscheiden. Allerdings verursachen Orthopoxviren kein generalisiertes Infektionsgeschehen (21).

Davies et. al. zeigten auf, dass mittels Elektronenmikroskopie anhand von Hautbiopsien betroffener Areale innerhalb weniger Minuten eine sichere Diagnosestellung erfolgt, beziehungsweise das Vorhandensein des LSDV bestätigt werden kann. Obwohl der Virusnachweis nur am Höhepunkt der Erkrankung gelang, sprechen sie sich bei Verfügbarkeit der Elektronenmikroskopie für den Einsatz dieses Verfahrens aus. Die Autoren nutzen ebenfalls die Möglichkeit zur Unterscheidung des Impfstammes (21, 22).

Davies et al. gelang zudem, innerhalb von 48 bis 60 Stunden nach Inokulation des Virus auf Schafnoden-Zellen anhand zytopathischer Effekte und dem Einsatz des Fluoreszenzantikörpertest (FAT), eine sichere positive Diagnosestellung. Jedoch konnten die Autoren bei Probenmaterial ab dem 6 Tag nach Infektion nur noch eine unspezifische Fluoreszenz nachweisen (22).

4.1.3 Molekulare Methoden zum Erregernachweis

Molekulargenetische Methoden sind in den meisten Referenzlaboren Mittel der Wahl für den Nachweis des LSDV. Sie sind von großer Bedeutung wenn es um die Testung bereits geimpfter Herden geht welche mit Impfstoffen gegen Ziegen- oder Schafpocken geimpft wurden, wenn alle drei Capripox Viren in dem betroffenen Land vorherrschen, oder wenn es sich um Wildtiere handelt (19).

Der Erregernachweis mittels PCR stellt mittlerweile die häufigste und schnellste diagnostische Methode für das LSDV dar (16). Hierbei eignet sich sowohl die ältere gelbasierte PCR als auch die modernere real-time PCR. Letztere ist in den Laboren deutlich schneller und besser zu handhaben. Ältere PCR-basierte Testmethoden unterscheiden zudem nicht zwischen den verschiedenen Capripoxviren. Für eine Diagnosestellung ist es von Nöten die Klinik mit heranzuziehen.

Die real time PCR stellt sich als deutlich schnellere und etwas sensitivere Methode dar. 2011 kamen erste RT-PCR-Tools auf den Markt, die eine genaue Differenzierung und Quantifizierung zwischen Ziegenpocken-Virus (GTPV), Schafpocken-Virus (SPPV) und LSDV erlaubten. Möglich ist dies aufgrund jeweils verschiedener Schmelzpunkte (high-resolution melt) und einzigartigen Markern. Bei der HMR-Analyse (high-resolution melt) handelt es sich um ein der PCR anschließendes Verfahren, bei der die Probe auf eine bestimmte Temperatur erhitzt wird. Bei einer dem Virus spezifischen Temperatur trennt sich die DNA-Doppelhelix auf. Dies bestimmt den Schmelzpunkt und wird mittels Fluoreszenz dargestellt (23, 24). Die Marker stellen Gensequenzen für an G-Protein gekoppelte Chemokin Rezeptoren (GPCR) dar (23).

Allen PCR-Methoden gemein ist jedoch das Problem, dass (noch) nicht zwischen einem Feldstamm und einem Impfstamm unterschieden werden kann. Für die Bearbeitung dieser Fragestellung ist es möglich, mit Einschränkungen, sogenannte DIVA (differentiation of infected from vaccinated animals) PCR-Tests durchzuführen. An die Grenze stoßen diese Tests jedoch bei rekombinanten Virusvarianten (25).

Möchte man eine noch genauere Information über das Virus erhalten, so ist es von Nöten eine komplette Gensequenzierung durchzuführen. Anhand von verfügbaren Datenbanken, welche über die Jahrzehnte erstellt wurden, ist ein Abgleich möglich.

4.1.3.1 Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay

Da die RT-PCR Technik in ihrem Verfahren kostenintensiv ist und von dem Anwender genaue Kenntnisse voraussetzt, braucht es im Besonderen für Länder mit begrenzten finanziellen Mitteln eine effektive und kostengünstige Lösung. Geht es in diesen Ländern darum einen Verdacht in einer klinisch erkrankten Herde zu bestätigen, oder ebenso zur Überwachung

klinisch unauffälliger Herden, scheint die Methode der Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) gut zu eignen.

Die isothermale Amplifikation ist einfacher und schneller. Im Falle des LSDV wird mit einem einzelnen Enzym gearbeitet. Es werden vier bis sechs Primer benötigt, welche bei konstanter Temperatur von 60 bis 65 Grad Celsius sechs bis acht DNA-Fragmente vervielfältigen. Aufgrund der hohen Sensitivität und Spezifität eignet sich diese Testmethode auch für die Diagnose bei subklinisch erkrankten Individuen. Besonders geeignet sind Hautproben, da diese zu einer besseren Detektion des Virus als Blutproben führen (26).

4.1.3.2 LSDV RPA (Recombinase polymerase amplification)

Noch schneller als die LAMP-Technik, welche etwa 60 Minuten bis zum Ergebnis benötigt, stellt sich die Methode der Rekombinase Polymerase Amplifikation dar. Zusätzlich zu der sehr kurzen benötigten Zeit von etwa 15 Minuten, stellt sich als äußerst vorteilhaft dar, dass die Methodik lediglich eine einzige konstante Temperatur von 42 °C benötigt, verglichen mit der RT-PCR welche 3 unterschiedliche Temperaturschritte benötigt.

Da die erreichte Sensitivität und Spezifität vergleichbar mit der der RT-PCR ist, ergibt sich eine interessante alternative diagnostische Möglichkeit. Ebenso ist die benötigte technische Ausstattung einfach in der Handhabung sowie im Einsatz (27).

4.1.3.3 High resolution melting PCR

Da es ökonomisch von großer Wichtigkeit ist, eine schnelle und sichere Diagnostik zur Verfügung zu haben, ist die Möglichkeit der high resolution melting PCR sehr relevant. Diese Methode erlaubt eine sichere Differenzierung zwischen Schafpocken (SPPV), Ziegenpocken (GTPV), sowie die Unterscheidung von Feld und Impfstämmen von LSDV. Um diese Möglichkeit zu nutzen, ist es von Nöten die gesamte DNA-Sequenz des Virus zu kennen, sowie den spezifischen Lokus, mit welchem eine Differenzierung möglich ist. Für das L ist dies LSDV010 ORF, eine 111 Basenpaare lange Sequenz. Je nachdem um welches Virus es sich handelt ergeben sich spezifische Schmelzkurven, an welchen die verschiedenen Viren unterschieden werden können. Für Feldstämme von LSDV liegt diese Temperatur bei $74,56 \pm 0,04$ °C, für Impfstämme von LSDV bei $74,24 \pm 0,06$ °C, für Schafpocken (SPPV) sowie Ziegenpocken (GTPV) bei $73,61 \pm 0,04$ °C (28). Bei oben genannten Temperaturen trennt

sich die Doppelsträngige DNA. Dies wird durch Fluoreszenz dargestellt und ergibt eine dem Virus spezifische Schmelzkurve. Es erlaubt somit eine eindeutige Diagnostik (24).

4.2 Serologie

Serologische Testmethoden bieten eine hervorragende Ergänzung zu Methoden, welche den Erreger detektieren. Es können mit ihrer Hilfe eine Vielzahl von Fragestellungen beantwortet werden. Serologische Methoden zielen auf die Testung auf das Vorhandensein von zirkulierenden A ab. Daraus ergeben sich vielfältige Anwendungsbereiche, da mit ihrer Hilfe auch Fragen nach einer Immunreaktion eines Tieres oder einer Herde, auf eine Impfung beantwortet werden können. Subklinische Verläufe, oder die Frage nach bereits zurückliegenden Ausbrüchen (weniger als sechs Monate) können ebenfalls zufriedenstellend beantwortet werden. Allerdings ist es wichtig die Grenzen dieser Testverfahren zu kennen. So ist durch serologische Tests eine Differenzierung zwischen den Capripoxviren nicht möglich (3, 19).

Virusneutralisationstests (VNT) und ELISA sind die meistgenutzten serologische Testverfahren. Weitere Verfahren sind die indirekte Immunfluoreszenz und die Agar Gel Immundiffusion.

Tabelle 4 gibt Auskunft über die vorhandenen serologischen Testmethoden und listet ihre Eignung zu der jeweiligen Fragestellung.

Die WOA (Weltorganisation für Tiergesundheit) listet den Virusneutralisationstest als einzige valide serologische Testmethode. Da in der indirekten Immunfluoreszenz und in der Agar Gel Immundiffusion die verwendeten Reagenzien mit LSDV und anderen Pockenviren kreuzreagieren können, sind diese Methoden weniger spezifisch.

Ebenso können verschiedene ELISA Tests aufgrund unzureichender Validierung nicht als Standard empfohlen werden. Western Blots als hoch spezifische und sensitive Testmethode sind kostenintensiv und mit technisch hohem Aufwand zu betreiben (16, 29).

Sowohl mittels ELISA als auch mittels VNT konnten 20 Tage nach Impfung der Tiere die ersten positiven Ergebnisse, d.h. A nachgewiesen werden. Ein maximaler Titer wurde nach 30 Tagen detektiert (30).

Tab. 4 Eignung verschiedener serologischer Nachweismethoden (16).

Nachweismethode	Nachweis der Immunreaktion				
	Nachweis der Freiheit einer Herde	Freiheit eines Tieres (z.B. vor der Verbringung)	Tilgungsmaßnahmen	Bestätigung eines klin. Falles	Immunstatus im Individuum und post Impfung
VNT	++	++	++	++	++
ELISA	++	++	++	++	++
IFAT	+	+	+	+	+
++ geeignet mit Einschränkungen + geeignet in wenigen Ausnahmefällen					

Quelle: WOAH. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, twelfth edition 2023; 2023.

4.2.1 Virus Neutralisation (VNT)

Bei der Virusneutralisation handelt es sich derzeit um den Gold-Standard bei dem Nachweis von A, welche gegen Capripoxviren gerichtet sind (3, 19). Um den Neutralisationstiter bestimmen zu können, wird entweder ein Probeserum gegen einen konstanten Titer des Testvirus titriert oder ein Virus gegen eine verdünnte Serumprobe.

Testseren werden vorab nach gängiger Methodik verdünnt und bei 56 °C über eine halbe Stunde inaktiviert. Es werden jeweils Positiv- und Negativproben, sowie Referenzproben eines bekannten Stammes (Capripox Viren) angefertigt. Nach Befüllen der Testplatten werden diese abgedeckt und bei 37 °C über eine Stunde inkubiert. Nach weiteren Arbeitsschritten werden die Platten neun Tage bei 37 °C inkubiert und alle vier Tage auf zytopathische Zelleffekte untersucht. Ein Neutralisationsindex $\geq 1,5$ bedeutet ein positives Ergebnis (16, 29).

4.2.2 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Es gibt eine Vielzahl von einsetzbaren ELISA Tests. Einige verfügbare Tests zeichnen sich durch ihre Einsetzbarkeit auch in Laboren mit niedrigem Biosicherheitsstatus aus. Ebenso gibt es Assays welche eine sehr große Anzahl an Proben testen können. Wie alle serologischen Tests zielen auch ELISA Tests auf das Detektieren von A ab (19, 30).

4.2.3 Immuno Fluoreszenz Antikörper Test (IFAT)

Hierbei handelt es sich um ein mikroskopisches Verfahren, das durch indirekte Fluoreszenz, A sichtbar werden lässt. Hierzu wird auf Objektträger Probenmaterial, meist Gewebeproben, aufgebracht. Dieses wird in Aceton für zehn Minuten bei -20 °C fixiert und anschließend bei 4 °C gelagert. Wichtig ist es, eine Positiv- und Negativkontrolle mitzuführen. Nun wird verdünntes Testserum, welches mit einem fluoreszierenden Stoff versetzt ist, auf die Objektträger mit den fixierten Proben aufgetragen. Bei Vorhandensein von A werden diese mikroskopisch im Fluoreszenzmikroskop sichtbar. Es kann allerdings zu falsch positiven Ergebnissen bzw. Kreuzreaktionen mit Schafpocken, bovinem Parapoxvirus 1, oder möglicherweise anderen Pockenviren kommen (16).

4.2.4 Western Blot

Um A gegen Strukturproteine von Capripoxviren nachzuweisen, bietet der Western Blot eine gute Nachweismethode, limitiert sich aber im Einsatz durch hohe Kosten und die Expertise des Anwenders, sowie hohen Aufwand bei der Durchführung des Testverfahrens (16).

5 Impfung und Impfstoffe

5.1 Generelle Anforderungen

Impfungen stellen einen wesentlichen Baustein in der Bekämpfung von Infektionserkrankungen und Seuchen dar. Sie sind weltweit gängig und die Akzeptanz, sowohl in der Bevölkerung als auch bei Tierhaltern, kann als gut beschrieben werden (31). Im günstigsten Fall gibt es bereits einen Impfstoff auf den zurückgegriffen werden kann. Anderenfalls liegt die Herausforderung in der Entwicklung eines neuen Impfstoffes. Die Akzeptanz eines neuen Impfstoffes hängt stark von den zu erwartenden und auftretenden Nebenwirkungen ab. Zudem ist der Kostenfaktor der wichtigste und entscheidende Faktor. So kann ein zu hoher Preis dazu führen, dass sich kleine Betriebe die Impfkosten nicht leisten können oder wollen und es zu einer geringeren Impfbereitschaft kommt.

Ebenfalls sind Hersteller gefordert auch die Impfdosen an die jeweiligen Gegebenheiten anzupassen. So werden etwa Kleinbetriebe bzw. die hierfür verantwortlichen nicht gewillt sein eine große Anzahl von Impfdosen von mehreren hundert Stück zu erwerben, die dann nicht verwendet werden können. Ebenfalls spielt die Art der Lagerbarkeit eine große Rolle. So ist z. B. zu beachten, dass das LSDV empfindlich gegen Sonnenlicht ist. Ein lichtundurchlässiges Gebinde ist somit eventuell Voraussetzung und auch eine durchgehende Kühlkette bei der Verbringung der Impfstoffe in entlegene Gebiete kann eine Herausforderung darstellen (32). Ein weiterer Grund für eine geringe Impfquote während oder nach Seuchenausbrüchen stellen bürokratische Hindernisse dar, insbesondere wenn es um die Neuzulassung von Impfstoffen geht (32).

Beim Einsatz von Impfstoffen, hier bildet das LSDV keine Ausnahme, ist es von entscheidender Bedeutung die komplette Gensequenz des verwendeten Virus zu kennen, das sich vom Feldvirus hier unterscheiden sollte. Nur so ist es möglich, z. B. in der PCR-Analytik, zwischen Feld- und Impfstamm zu unterscheiden. Sollte das Impfvirus nicht ausreichend inaktiviert worden sein und mit anderen Viren derselben Gattung Informationen austauschen, so ist ein Rückschluss darauf nur möglich, wenn die genaue Gensequenz des verwendeten Impfvirus bekannt ist. Ebenfalls sollten alle Schritte zur Inaktivierung oder zur Verdünnung des Virus, welches zur Impfstoffherstellung herangezogen wird, genauestens dokumentiert und kontrolliert werden (32).

Impfstoffe sollten immer nach „good manufacturing practices“ hergestellt werden. Ebenfalls ist es zu empfehlen, dass immer nur eine Art eines Impfstoffes in einer Produktionslinie eines Unternehmens hergestellt wird. Anderenfalls besteht immer das Risiko, dass es zu einer Kontamination oder Kreuzreaktion zwischen den verschiedenen Impfstoffen kommen könnte (32). So geschehen etwa bei einem Ausbruch 1945 in Kenia (33).

Eine Impfung mit einem LSD-Impfstoff, führt zu einer humoralen und einer zellulären Immunantwort. Die Serokonversion beginnt etwa zehn bis 15 Tage nach Impfung und erreicht ihren Höhepunkt nach etwa 30 Tagen. Sie hängt von dem verwendeten Impfstoff und dem Individuum ab. Danach sinkt der Antikörperspiegel wieder ab. Ebenfalls ist die Höhe des Antikörpertiters davon abhängig, ob es sich um eine einmalige Impfung oder eine Auffrischung handelt. So erhöht sich der Antikörperspiegel nach jeder Auffrischungsimpfung (31, 32, 34).

Um eine erfolgreiche Immunantwort zu generieren ist es wichtig, dass bei der Herstellung des Impfstoffes der verwendete Impfstamm weder unter- noch überdosiert wird. Eine Überdosierung würde die Gefahr einer klinischen Erkrankung der geimpften Tiere bergen. Eine Unterdosierung würde zu einer unzureichenden Immunantwort führen. Beispielsweise wurde der ursprüngliche Impfstoff (Neethling Strain) etwa über 20 Passagen auf Hühner Embryonen abgeschwächt (33).

Es bleibt festzuhalten, dass eine Impfung in Gebieten, welche bisher von LSD-Ausbrüchen nicht betroffen waren, nicht zu empfehlen ist (35).

Geimpft werden sollten Tiere ab einem Alter von sechs Monaten. Vor diesem Zeitraum ist davon auszugehen, dass maternale Antikörper das Jungtier schützen und eine Impfung keine Wirkung erzielen würde. Ebenfalls kann und sollte die Impfung bei trächtigen Kühen angewandt werden, da diese die Bildung von maternalen Antikörpern fördert, die nach der Geburt über das Kolostrum auf die Kälber übertragen werden.

Bei einer Impfung während eines Ausbruches ist es unbedingt erforderlich die Nadeln nach jedem geimpften Tier zu wechseln um eine Verschleppung des Virus von subklinisch erkrankten Tieren auf gesunde zu unterbinden (21, 35).

5.2 Typen von Impfstoffen gegen LSD

Aktuell können folgende Arten von Impfstoffen unterschieden werden:

- Homologe Lebendimpfstoffe
- Heterologe Lebendimpfstoffe
- Inaktivierte Impfstoffe
- Rekombinante Impfstoffe

5.2.1 Homologe Lebendimpfstoffe

Homologe Impfstoffe leiten sich aus natürlich auftretenden Stämmen ab. Dies können z.B. Viren oder Bakterien sein. Durch physikalische, chemische oder biologische Inaktivierungsschritte wird die Pathogenität des Stammes auf ein gewünschtes Minimum verringert. Die genauen genetischen Vorgänge, die zur Dämpfung der Pathogenität führen, können sehr unterschiedlich sein und sind teilweise unbekannt. Zu beachten ist auch, dass eine auftretende Basenmutation etwa zu einer wiederauftretenden Virulenz führen kann. Dementsprechend sollten in Regionen oder Ländern, die noch nie von einem LSDV-Ausbruch betroffen waren, auch keine Schutzimpfungen durchgeführt werden, da immer ein Restrisiko bestehen bleibt, dass durch Punktmutationen in einem geimpften Tier das Virus infektiös wird und das Tier klinisch erkrankt. Auch die EFSA ordnet eine Impfung in LSDV-freien Ländern als höchst fraglich ein (21, 32, 33, 35, 36).

Bei Ausbrüchen in den Jahren 2019 bis 2021 in Indien und China wurde eine enge genetische Verwandtschaft zu einem LSDV, welches 1957-1960 in Kenia vorherrschend war, festgestellt. Dies ist umso bemerkenswerter, da während dieser Zeit die weltweit vorherrschenden LSDV-Varianten eine andere Genetik aufwiesen. So muss nun ein Zusammenhang zwischen Impfstoffen und dem kenianischen Impfstamm untersucht werden (37).

Kontaminierte Impfstoffe führten 1945 zu einem Ausbruch mit 83 betroffenen Kühen. In einer Produktionsstätte für Impfstoffe gegen *Anaplasma centrale* kam es zu einer Vermischung mit LSDV. Zwölf Tage nach Impfung zeigten erste Kühe Anzeichen einer LSD Erkrankung (33).

Nichtsdestotrotz sind homologe Lebendimpfstoffe derzeit die gängigsten und am häufigsten verwendeten Impfstoffe. Je nach Impfstoff leitet sich der verwendete Stamm aus einem

LSDV-Stamm aus einem Schafpockenstamm (GTPV), oder einem Ziegenpockenstamm (SPPV) ab. Durch die hohe genetische Verwandtschaft ist unter Umständen auch eine Impfung mit einem GTPV oder SPPV-Stamm zulässig, bzw. wird von einigen Herstellern empfohlen

Der erste verwendete Impfstamm wurde über mehrere Inaktivierungsschritte aus einem LSD-Stamm, welcher bei einem erstmaligen Ausbruch in Botswana 1943 und Südafrika 1945 isoliert wurde, gewonnen (South African Neethling strain). Mittlerweile werden diverse Impfstämme aus verschiedenen Ländern, wie z.B. Madagaskar, Kenia und Marokko eingesetzt (32, 33, 36).

Eine Verimpfung eines Lebendimpfstoffes führt notwendigerweise zu einer adäquaten Immunantwort und somit zu Nebenwirkungen. Die Qualität des verwendeten Impfstoffes entscheidet dabei über die Vielfalt und Stärke dieser. Meist handelt es sich um leichtes Auffiebern, welches rasch abklingt, kleine Hautknötchen an der Impfstelle, ein leichter Rückgang der Milchmenge und vergrößerte Lymphknoten.

5.2.2 Heterologe Lebendimpfstoffe

Diese Impfstoffe basieren auf Schaf- oder Ziegenpocken Viren, indem ihre genetische Ähnlichkeit ausgenutzt wird. Besonders als es noch keine oder wenige LSDV-Impfstoffe gab, griff man auf Schaf- oder Ziegenpocken Impfstoffe zurück, teils mit gutem Erfolg.

1990 konnte Ägypten beispielsweise einen LSDV-Ausbruch, teilweise mit einem rumänischen Pockenviren-Impfstoff, eindämmen. Von 1989 bis 2009 konnte Israel, nach der Nutzung von auf Schafpocken basierenden Impfstoffen, hingegen keine zufriedenstellenden Ergebnisse vermelden. 2015 wurde in einer Studie erstmal ein Ziegenpockenimpfstoff bei Kühen in Äthiopien gegen Lumpy Skin auf seine Wirksamkeit und Sicherheit getestet. Die Tiere beantworteten die Impfung mit einer guten Serokonversion und es stellte sich ein guter Schutz gegen LSD ein, es wurden keine Nebenwirkungen beobachtet. Obwohl mit dem Ziegenpockenimpfstoff ein guter Schutz erreicht wurde, gilt dies nicht für Schafpockenimpfstoffe. Diese scheinen einen deutlich schlechteren Schutz zu bieten.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass heterologe Impfstoffe homologen deutlich unterlegen sind. Ausbrüche können, wenn überhaupt, nur in deutlich längerer Zeit kontrolliert werden. Gleichzeitig bleibt allerdings zu bedenken, dass die Herstellung eines auf Schaf- oder Ziegenpockenvirus basierten Impfstoffs unter Umständen deutlich günstiger ist und somit eine Alternative für finanziell eingeschränkte Länder bieten könnte (32, 33, 38).

5.2.3 Inaktivierte Impfstoffe

Verglichen mit Lebendimpfstoffen weisen inaktivierte Impfstoffe sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Sie werden derzeit von der EFSA nicht empfohlen und es gibt derzeit am Markt keine kommerziell erwerblichen inaktivierten Impfstoffe (36).

Als großer Vorteil kann vor allem die Sicherheit der inaktivierten Impfstoffe gesehen werden, da es durch die Inaktivierung nicht zur unbeabsichtigten Replikation des Impfstammes kommen kann. Dadurch erweitert sich ihr Einsatzspektrum vor allem auf Länder, welche bisher seuchenfrei waren, aber etwa von Ausbrüchen in den Nachbarländern bedroht werden. Zu bedenken ist hierbei allerdings, dass die WHO diese Länder dann nicht mehr als seuchenfrei klassifiziert, da sie bei der Einstufung nicht zwischen Lebend- oder Totimpfstoffen unterscheidet. Dies führt zu Handelseinschränkungen oder etwaigen Auflagen (32, 38). Dies muss somit als klarer Nachteil angesehen werden. Weiters erschwert die Impfung mit einem Totimpfstoff serologische Kontrollmaßnahmen, welche allerdings zum Nachweis der LSD-Freiheit notwendig sind (32).

Ein weiterer Nachteil inaktivierter Impfstoffe ist, dass zur Erreichung eines Titers zumindest zwei aufeinanderfolgende Grundimmunisierungen, sowie periodische Auffrischungsimpfungen benötigt werden. Dies führt zu deutlich höheren Kosten und Aufwand (32). Weiterer Forschungsbedarf besteht bei den Abständen und Notwendigkeit der Auffrischungsimpfungen (31).

5.2.4 Rekombinante Impfstoffe

Da bei Lebendimpfstoffen die Gefahr besteht, dass die Virulenz wieder auftritt, versuchen Forschende Impfstoffe herzustellen bei denen Teile der Gensequenz gelöscht oder verändert werden. Hierbei handelt es sich um jene Sequenzen, welche für die Virulenz zuständig sind. Dennoch bestehen Bedenken, dass diese Impfviren ihre Virulenz wiedererlangen könnten.

Deshalb werden sie in vielen Ländern nicht eingesetzt. Ein Ansatz könnten sich selbst zerstörende Viren oder nicht zur Replikation fähige Viren sein (36, 38).

5.3 Erfolgsmodell Balkan

Nach dem Auftreten erster Ausbrüche in den Gebieten des Balkans sowie deren schnelle Ausbreitung entschloss man sich zügig zur Impfung. Diese wurde koordiniert durchgeführt und fachlich begleitet. Hierbei wurde ein homologer Lebendimpfstoff verwendet, allerdings je nach Land von anderen Herstellern. Vorherrschend eingesetzt wurden zwei Impfstoffe aus Südafrika, sowie einer aus Marokko. Alle Impfstoffe basierten auf einer Neethling-Strain Variante (7, 33, 34).

Es wurde allerdings keine „stand alone“ Impfpraktik angewandt, d.h. es wurde parallel zur Impfung die Keulung betroffener Betriebe durchgeführt. Die erfolgreiche Bekämpfung ist allerdings den Impfprogrammen und der erreichten guten Durchimpfungsrate zuzuschreiben. So wurde in etwa eine Durchimpfungsrate von bis zu 96 % erreicht. Ebenfalls wurde der Zeitpunkt der Impfung zeitlich angepasst, sodass zu Beginn der Vektorsaison die Impfungen bereits erfolgten und bis zu deren Ende aufrechterhalten wurden

Von 2016 bis 2019 wurden so über 1,8 Millionen Tiere geimpft. 2018 stoppte Kroatien sein Impfprogramm, in allen anderen Teilen des Balkans wurde es fortgeführt. 2019 konnten keine neuen LSD Ausbrüche gemeldet werden. Nichtsdestotrotz wurden bei serologischen Tests immer wieder positive Tiere gefunden. Hierbei handelte es sich oft um Jungtiere, bei denen die maternalen Ak unzureichend waren. Jedenfalls legt dies nahe weiterhin sehr wachsam zu bleiben und für einen neuerlichen Ausbruch gewappnet zu bleiben (34, 39).

Eine Lockerung der Impfpflicht kann unter Umständen auf verschiedenem Wege erreicht werden.

- Es werden nur noch einmalig neugeborene Kälber, nach Ende der passiven Immunität vermittelt durch maternale A, geimpft.
- Es werden bestimmte Regionen oder Herden von einer Impfung ausgenommen.
- Eine Einstellung landesweit mit der Ausnahme jener Regionen welche ein hohes Risiko des Wiederauftretens haben.

Von einer Impfung auf freiwilliger Basis, wie sie z.B. in Israel stattfindet, muss abgeraten werden. Nach deren Einführung sanken die Impfraten auf unter 50 % demzufolge wäre ein Wiederauftreten der LSD wahrscheinlich (40).

Der Balkan ist in diesem Sinne nicht nur in Bezug auf die getroffenen Maßnahmen zur Eliminierung von LSD, allem voran mittels Impfung, ein Erfolgsmodell, sondern konnte auch als Modell einer Kostenschätzung eines Ausbruches dienen.

In einer Studie wurde die Situation in Albanien, Bulgarien und Mazedonien untersucht. Anfang 2016 traten erste Fälle von LSD in diesen Ländern auf. Insgesamt weisen diese Länder eine Gesamtpopulation von etwa 1,23 Millionen Rindern auf. Vorherrschend sind kleinbäuerliche Strukturen mit einer geringen Anzahl an Tieren pro Betrieb. Die Kosten wurden in dieser Studie in mehrere große Bereiche unterteilt (41):

1. Kontrollmechanismen
 - Untersuchung des Ausbruches, diagnostische Test und Kontrolle der Betriebe, Keulung, Desinfektion und Reinigung
2. Direkte Kosten
 - Gesamtwirtschaftliche Produktionsverluste durch Aborte, Milcheinbußen, Todesfälle, erhöhter Arbeitsaufwand
3. Indirekte Kosten
 - Zeit des Produktionsstillstandes in betroffenen Betrieben
4. Kosten der Impfung

- Impfdosen, Impfung durch oder geschultes Personal
- 5. Surveillance Maßnahmen
 - Nutztier, Vektor und Wildtier
- 6. „Awareness“ Kampagnen
 - Informationsmaterial, Workshops, Schulung von und Behörden, Posters, Broschüren etc.

Alle drei Länder führten Massenimpfungen durch, unterschieden sich jedoch in ihrem Vorgehen der Keulung betroffener Tiere.

- In Albanien kam es nie zur Keulung.
- Mazedonien führte zu Anfang eine Keulung aller betroffenen und aller empfänglichen Tiere eines Betriebes durch (total stamping out), wechselte dann aber zu der Keulung betroffener und in direktem Kontakt stehenden Tieren (partial stamping out).
- Bulgarien wiederum führte die komplette Keulung betroffener Gebiete durch.

Die Gesamtkosten für die LSD Bekämpfung wurden mit knapp 21 Millionen Euro angegeben. 16,6 Millionen Euro entfielen hierbei auf das Jahr 2016 2017 betrugen die Kosten 4 Millionen Euro, wobei diese fast zur Gänze auf die Impfung entfielen. 78 % bis 91 % der anfallenden Kosten wurden von den nationalen Behörden abgedeckt. Hierbei machten den Großteil der anfallenden Kosten die Entschädigung der Verluste durch Keulungsmaßnahmen aus (60 % bis 80 %) (41). Die EU hatte die Massenimpfung ko-finanziert, um einen weiteren Eintrag zu vermeiden, 2021 und 2022 unterstützte sie die Länder so mit über 1 Millionen Euro (42).

Die Gesamtkosten eines Ausbruches variieren in großem Maße, je nach Land, dessen vorherrschenden Bedingungen und ergriffenen Maßnahmen. So würden sich beispielsweise die Gehälter der involvierten Personen deutlich zwischen Albanien oder Österreich unterscheiden. Auch trafen diese Länder die Handelsrestriktionen kostentechnisch eher gering, da diese kaum Exporte aufweisen. In Ländern wie beispielsweise Österreich oder Deutschland, in denen der Export einen deutlich größeren Anteil ausmacht, würden sich solche Handelsbeschränkungen bzgl. der entstehenden Verluste deutlich bemerkbarer machen. Faktoren, welche schwer monetär zu verifizieren sind, sind etwa psychische Folgeerscheinungen der Tierhalter oder Stress der involvierten Personen (41).

Um die Kosten vorab abschätzen zu können, bietet die FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) mit „OutCosT“ ein online-Tool an, mit welchem dies möglich ist. Hierzu gibt es online Module, um die Nutzung und Umsetzung zu erlernen.

Analog zu dem Vergleich der finanziellen Belastung durch LSDV in den oben genannten Balkanländern gibt es eine Studie zur finanziellen Situation in Äthiopien. Hierbei ist der Fakt, dass in afrikanischen Ländern oftmals auch Zebus gehalten werden insofern interessant, als sich die entstehenden Kosten für diese Tiere deutlich niedriger, verglichen mit z.B. Holstein Kühen, darstellten (43). Dies war einerseits darauf zurück zu führen, dass die Inzidenz der Erkrankungen bei Zebus deutlich geringer ist und, dass die Produktionsverluste bei Hochleistungsrassen deutlich höher ausfallen (43).

5.4 Weitere Impfstoffentwicklungen

Aktuell gibt es keine DIVA (differentiating infected from vaccinated animals) Impfstoffe gegen LSDV. Auch wenn solch eine Impfung nützlich wäre, wären für die meisten Länder die Kosten wohl nicht erschwinglich. Ebenfalls eröffnete die Forschung an rekombinanten LSDV Impfstoffen Möglichkeiten bei der Impfstoffherstellung etwa gegen HIV, Tollwut oder Rift Valley Fieber. Auch ist es nötig einen kostengünstigen und validen Test zur Unterscheidung von Antikörpern von Feldstämmen oder Impfstämmen zu entwickeln (32).

In Zukunft könnten auch virusähnliche Partikel neue Einsatzbereiche darstellen. Hierbei handelt es sich um virale Vektoren, welche DNA Sequenzen einschleusen und so eine Immunantwort auslösen (32).

6 Überwachung der LSD in der EU

6.1 Einordnung von LSD nach EU-Recht

Als 2015 die ersten Ausbrüche in den Hoheitsgebieten der EU gemeldet wurden, sah man sich dazu veranlasst Gegenmaßnahmen zu ergreifen und geeignete Schritte zur Eindämmung der Ausbreitung der Krankheit zu setzen (39). Dies wurde auch bei der Ausgestaltung, des 2016 verabschiedeten, Tiergesundheitsrechtes berücksichtigt.

Mit der Verordnung (EU) 2016/429 wurde eine Kategorisierung für Tierseuchen eingeführt. Die Verordnung gliedert relevante Seuchen in Kategorien, um die Prävention und das Maßnahmenmanagement zu strukturieren und somit auch zu erleichtern. Hierfür bedient sie sich der Kategorisierung A, B, C, D und E. Eine Seuche kann mehreren Kategorien zugeordnet sein, wobei sich die Kategorien A, B und C gegenseitig ausschließen. Für Krankheiten für die es verschiedene empfängliche Tierarten gibt, kann sich die Klassifizierung je nach Tierart unterscheiden (44).

- **Kategorie A**
Beschreibt eine Seuche, welche nicht in der Union vorkommt und bei deren Auftreten sofortige Maßnahmen zu deren Tilgung ergriffen werden müssen.
- **Kategorie B**
Alle Mitgliedstaaten haben Maßnahmen durchzuführen mit dem Ziel der Ausrottung der Seuche.
- **Kategorie C**
Beinhaltet Seuchen die für einige, jedoch nicht für alle Mitgliedsstaaten von Relevanz sind und welche an ihrer Ausbreitung innerhalb der Union gehindert werden müssen.
- **Kategorie D**
Seuchen, gegen welche Maßnahmen ergriffen werden müssen um ihre Einschleppung oder Verbringung zwischen den Mitgliedsstaaten zu unterbinden.

- Kategorie E

Beschreibt Seuchen bei denen Surveillance Maßnahmen ergriffen werden müssen.

LSD zählt beispielweise zu den Kategorien A+D+E.

6.2 Sofortmaßnahmen nach Einschleppung

Als sich Griechenland 2015 mit ersten LSD Ausbrüchen konfrontiert sah, wurden in Abstimmung mit der EU und lokalen Gesetzgebern Sofortmaßnahmen ergriffen, welche den Handel und Transport von Tieren sowie bestimmten Produkten beschränkte. Weiters wurden Impfungen durchgeführt und massive Aufklärungsarbeit geleistet. Hierbei wurden Behörden, Tierhalter und Tierärzte einbezogen.

2016 folgten Impfungen in großen Teilen des Balkangebietes, 2017 konnte bereits eine deutlich positive Einflussnahme auf die Ausbreitung der Krankheit, bedingt durch die Impfkampagnen, festgestellt werden. Nichtsdestotrotz gab es immer wieder lokale Ausbrüche, so zum Beispiel in Albanien, Griechenland und Mazedonien (39).

Da die geographischen Gegebenheiten der Balkanstaaten eine Kontrolle und erforderliche Bekämpfungsmaßnahmen erschweren, kam es zeitnah mit der Austreibung der Tiere auf die Sommerweiden und die damit verbundene Zusammenbringung vieler Tiere aus verschiedenen Herden immer wieder zu erneuten lokalen Ausbrüchen.

Die typischen Herden des Balkans bestehen aus unter zehn Tieren, welche meist entlegen und in großer Höhe den haltenden Familien als Milchlieferanten und als Zubrot dienen. In den Sommermonaten ab Mai werden viele dieser Tiere auf gemeinschaftlich genutzte Weiden verbracht. Der Transport zu eben diesen, sowie das Zusammenbringen vieler verschiedener Individuen birgt ein großes, kaum zu kontrollierendes Risiko für die von ierseuchen. Dieses gipfelte schlussendlich in eben genannten lokalen Ausbrüchen (39).

Ebenso scheint es wichtig zu erwähnen, dass es in den entlegenen Balkanregionen zu kleineren Zonen kam, wo Impfkampagnen nicht oder kaum durchgeführt wurden. Dies muss mit dem Hintergrund betrachtet werden, dass viele dieser Tiere aufgrund ihrer Haltungsbedingungen und relativen Unzugänglichkeit einer effektiven und sicheren

Applikation des Impfstoffes nicht zugänglich waren. Ebenso muss hervorgehoben werden, dass eine Aufstallung auch in den Sommermonaten zu ernährungsbedingten Erkrankungen und massiven Tierschutzbedenken geführt hätten, da Ressourcen nicht darauf ausgelegt sind die Tiere auch im Sommer zu füttern und zu versorgen.

Aus diesen Haltungsbedingungen, beziehungsweise dieser Form der Rinderhaltung ergab sich eine tägliche Ausbreitung von etwa 1 km, sowie einer wöchentlichen Distanz von 7,3 km (39).

Um auf einen Ausbruch adäquat und schnell reagieren zu können ist eine möglichst frühzeitige Erkennung eben dieses von höchster Wichtigkeit. Das Erkennen einer Infektion mittels Klinik kann, muss aber nicht zwingend gelingen. Erschwert wird dies, wenn es sich nicht um einen Neueintrag in eine noch nicht infizierte Herde handelt, oder der Tierhalter/Tierhalterin unzureichend im Erkennen von Symptomen geschult wurde.

Damit eine Infektion nicht übersehen wird, setzt die Europäische Gemeinschaft auf intensive Vorbereitung und Information aller potenziell an einem Ausbruch beteiligten Personen. Hierzu zählt das Erstellen von Checklisten und Guidelines, Informationsbroschüren, Workshops, intensiven Austausch von Tierhaltern/Tierhalterinnen, Veterinären/Veterinärinnen und offiziellen Stellen. Betreuende Tierärzte/Tierärztinnen sowie Amtstierärzte/Amtstierärztinnen werden besonders geschult und spielen in der Früherkennung eine zentrale Rolle. Alles in allem kann von einer erfolgreichen Implementierung der Präventionsmaßnahmen gesprochen werden.

Da ein Zeitfenster von etwa vier bis sechs Tagen besteht, in dem eine Infektion noch nicht am klinischen Erscheinungsbild erkannt werden kann, und serologische Tests erst nach etwa einer Woche greifen ist es hinsichtlich der zu ergreifenden Restriktionen im Transport und Handel wichtig dies zu bedenken (39).

6.3 Rechtliche Vorgaben bzgl. Status eines Landes

Ein Land wird als LSD frei angesehen, wenn einer der nachfolgenden Punkte erfüllt ist (40).

- Bisher gab es keinen zurückliegenden Ausbruch von LSD in diesem Land.
- Der letzte Ausbruch lag zumindest 25 Jahre zurück. LSD ist nicht bei Wildtieren anzutreffen und trat seitdem nicht mehr in dem Land auf. Es wurde für die zumindest letzten 10 Jahre ein Frühwarnsystem implementiert und es führt keine Impfungen durch.
- Impfungen sind seit drei Jahren oder länger verboten. Ebenso verfügt das Land über ein klinisches Überwachungsprogramm in Übereinstimmung mit Artikel 11.9.15 und es liefert keine Hinweise auf einen Ausbruch.
- Impfungen sind seit mindestens zwei Jahren verboten und es ist ein klinisches, virologisches sowie serologisches Überwachungsprogramm installiert, welches ebenso keine Hinweise auf ein Ausbruchsgeschehen liefert.

Zur Entscheidungsfindung welche Surveillance-Systeme angewandt werden sollten müssen zwei Aspekte betrachtet werden.

- Wie stellt sich der aktuelle Infektionsstatus des Landes dar. Gab es bereits einen Ausbruch und ist dieser aktiv oder trat er in der Vergangenheit auf.
- Welche Kontrollmechanismen werden angewandt und sind bereits Impfprogramme installiert.

Für den Fall, dass geimpfte und ungeimpfte Populationen bestehen, in welchem ein Ausbruch anhand der Klinik deutlich schwerer zu detektieren wäre, empfiehlt es sich die Surveillance-Systeme dahingehend anzupassen, dass zusätzlich zur passiven Überwachung auch risikobasierte aktive Surveillance-Systeme installiert werden um die Effektivität der Impfmaßnahmen zu verifizieren (45).

Für Regionen, welche noch nie mit einem LSD-Ausbruch konfrontiert waren, ist es von Bedeutsamkeit ein Frühwarnsystem zu implementieren. Dies erlaubt durch eine schnelle

Detektion zeitnahe Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Da sich die Prävalenz mit der Zeit ändert ist es wichtig eine Zeitspanne festzulegen in welcher Gegenmaßnahmen Sinn machen (45).

Da LSD eine Erkrankung darstellt, welche relativ einfach anhand ihrer Symptomatik erkannt werden kann, stellt die passive Überwachung in diesem Fall eine geeignete Variante dar

In bereits betroffenen Regionen, zielen Surveillance Systeme darauf ab die Abwesenheit des Virus darzulegen (40).

Ein zu bedenkender Faktor bei der Elimination von LSD ist die Remontierungsrate der Betriebe. Würde die mittlere Lebensdauer eines Rindes bei 20 Jahren liegen, so könnte man davon ausgehen, dass das Virus nach etwa drei bis vier Jahren aufgrund einer sich ausbildenden Herdenimmunität aussterben würde. Da jedoch die Lebensdauer der Rinder deutlich darunter liegt, wird durch die stete Neueingliederung empfänglicher Tiere keine komplette Herdenimmunität erreicht (40).

7 Surveillance

Überwachungsprogramme stellen einen wesentlichen Baustein unserer Gesundheitssysteme dar. Sie definieren sich als dynamische Prozesse, welche fundamentale Wichtigkeit für die Handlungsgrundlage einer Gemeinschaft bieten und bestenfalls in einer zielgerichteten Antwort auf eine Fragestellung münden. Um dies gewährleisten zu können, ist es von Nöten ein Überwachungsprogramm passend zu einer Fragestellung, z. B. einer Krankheit, zielgerichtet zu definieren und laufend einer Evaluierung zu unterziehen (46).

Dementsprechend sind Surveillance Programme definiert als laufende und aktuelle Datensammlung, Analyse und Interpretation von Informationsquellen mit dem Ziel sie jenen zukommen zu lassen die für die Planung und Exekution des sowie Erlass von Gesetzen zuständig sind (46).

Überwachungsprogramme dienen vorrangig drei Zielen. Zum einen der möglichen frühzeitigen Warnung auf eine potenzielle Gefährdung für die Öffentlichkeit. Zweitens, zum laufenden Monitorings einer spezifischen Gefahr und drittens der korrekten Weitergabe von Informationen an jene Stellen welche diese benötigen (46).

Die Wichtigkeit der frühzeitigen Warnung und daraus resultierenden Möglichkeit zur Reaktion wurde deutlich bei neu auftretenden Krankheiten wie zum Beispiel der Aviären Vogelgrippe (z.B. H5N1), SARS (schweres akutes Respiratorisches Syndrom) oder aktuell der Afrikanischen Schweinepest und eindrucksvoll der COVID 19 Pandemie. Weiteres dienen Surveillance Programme aber auch zur Ausmerzung von Krankheiten, der Verlaufskontrolle von Krankheitsausbrüchen sowie der Möglichkeit der Vorhersage von Entwicklungen (46).

Um die Überwachungssysteme einer gegebenen Situation anzupassen sind verschiedene Punkte zu beachten (40).

- Die epidemiologische Situation des Landes. Gab es bereits ein LSD-Geschehen und wenn ja wie lange liegt dieses zurück oder trat noch nie eine Infektion mit LSD auf.
- Die immunologische Situation der Herden. Gab es bereits eine Impfkampagne oder eine Durchseuchung der Herden
- Die Zielsetzung der Surveillance Kampagnen.
- Die geographische Situation der Region.
- Die Art der angewandten Surveillance (aktiv oder passiv).
- Die Zielgruppe welche überwacht werden soll.
- Die Probengröße und Parameter der Beprobung.

Die Analyse der erhobenen Daten stellt einen dynamischen Prozess dar, welcher sich an der aktuellen Datenlage und Notwendigkeit orientiert. Hierfür ist hohe fachliche Kompetenz von Nöten um die erhobene Information in Kontext zu setzen sowie Interpretation und Ergebnisse korrekt darzustellen. Es bedarf im hohen Maße Erfahrung und Kenntnisse der aktuellen Literatur in eben jenem Fachgebiet wofür die Überwachung dienen soll (47).

7.1 Monitoring und Evaluation

In Bezug auf Überwachungssysteme kann Monitoring bzw. Surveillance eine kontinuierliche Überwachung der umzusetzenden Maßnahmen bedeuten. Monitoring kann beobachten inwieweit angedachte Überwachungsmaßnahmen umgesetzt werden. Weiters kann mit Monitoring die Effizienz der angedachten Maßnahmen bewertet werden. Ebenso unterstützt es die Überprüfung, ob Maßnahmen korrekt sowie im zeitlich geplanten Rahmen umgesetzt werden (46).

Surveillance Systeme bedürfen einer stetigen Überprüfung. Wird eine implementierte Überwachungsstrategie nicht in regelmäßigen Abständen kritisch hinterfragt und überprüft, so ist die Wahrscheinlichkeit eines Scheiterns oder falscher, respektive unbrauchbarer Ergebnisse, deutlich höher. Kreditorensysteme dienen ebenso der Dokumentation von

Fortschritten. Demnach stellt die Evaluierung eine periodische Bewertung unter anderem folgender Punkte dar (46).

- Das Erreichen bestimmter Zielsetzungen.
- Die Qualität, die Vollständigkeit und zeitnahe Bereitstellung der Informationen.
- Die Einhaltung eines Zeitplanes.
- Die Identifikation von Problemen oder Schwierigkeiten im System.
- Wenn nötig die Änderung von Prioritäten.
- Erklärung und Verbesserungsvorschläge für Missstände.

Monitoring bzw. Surveillance und Evaluierung sollten sich sogenannter „Indikatoren“ bedienen. Dies sind Variablen welche objektiv, wiederholt und über einen längeren Zeitraum gemessen werden können.

7.2 Datenerfassung

Die Erfassung von Daten kann auf zweierlei Arten erfolgen. Auf passivem oder auf aktivem Wege. Unter passiver Surveillance versteht man die Einbringung von Daten, ohne deren aktive Beschaffung. Dies bedeutet also die mit der Sammlung und Verarbeitung betraute Stelle „wartet“ auf den regelmäßigen Zutrag von Informationen, während unter aktiver Surveillance verstanden wird, dass eben jene Stelle aktiv handelt und Schritte ergreift um Informationen zu sammeln (47).

7.2.1 Aktive Surveillance

Aktive Surveillance wird meist in akuten Fällen eines Ausbruches oder bei dem Versuch eine Krankheit zu tilgen betrieben. Diese Art der Überwachung trachtet danach aus ausgewählten Quellen und Netzwerken aktiv Informationen zu beschaffen (47). Hierfür ist es erforderlich, zusätzlich zur passiven Überwachung, den aktiven Dialog mit Laboratorien, Instituten etc. zu suchen. Ggf. werden speziell geschulte Personen zur Überwachung einer Region entsandt. Aktive Surveillance ist besonders wichtig um detailliertere und verlässliche Informationen zu erhalten. Weiters werden bei der aktiven Surveillance Proben von verdächtigen Tieren/Herden bzw. infizierten Tieren/Herden genommen und untersucht (46). Das Surveillance Programm kann darauf abzielen, eine bestimmte Erkrankung zu detektieren oder aber auch die Abwesenheit eben jener darzulegen (45).

Aktive Surveillance bei LSD ist essenziell und erfordert die klinische Untersuchung, die sichere und geschulte Erkennung klinischer Symptomatik einer LSD Infektion sowie die Probennahme einer großen Anzahl von Tieren (45).

Jene Herden, in denen eine hohe Remontierungsrate besteht, sind besonders anfällig für das Auftreten neuer LSD-Infektionen, da in eben diesen die Herdenimmunität bei Einstellung des Impfprogrammes schnell sinkt. Dies kann nützlich werden, wenn diese Herden als Anlaufstelle (Sentinel) der aktiven klinischen Surveillance genutzt werden. Ebenso empfiehlt es sich das Augenmerk auf extensiv genutzte Herden zu legen, da diese durch Auslauf und den freien Kontakt mit Vektoren einer höheren Wahrscheinlichkeit der Ansteckung unterliegen (40). Ebenfalls sollten zur Findung besonders empfindlicher Herden klimatische sowie geographische Bedingungen wie z. B. Meeresnähe, Landnutzung einkalkuliert werden (40).

7.2.2 Passive Surveillance

Passive Überwachungssysteme werden häufig bei melde- und oder anzeigepflichtigen Erkrankungen angewandt. Grundlage des Informationsflusses bilden (47):

- Medizinisches Personal und deren Meldungen an eine offizielle Stelle.
- Laboreinrichtungen, welche routinemäßig zugesandte Proben bearbeiten und bei Bedarf die erhobenen Befunde weiterleiten.
- Berichte aus Krankenhäusern, Kliniken und ähnlichem über Infektionen und Todesfälle.
- Berichte von Versicherungen.

Bei der passiven Überwachung werden keine Anstrengungen unternommen aktiv auf Suche nach z.B. Seuchenfällen etc. zu gehen, sondern es werden zugesandte Daten (oder Proben) analysiert und verarbeitet. Demnach ist eine gute Zusammenarbeit der verschiedenen Personen und Institute/Betriebe unbedingt erforderlich (21).

Die Vorteile dieser Art der Überwachung liegen besonders in ihrer Regelmäßigkeit, ihrer großen Abdeckung einer Population und ihrer relativ geringeren Kosten. Sie eignet sich besonders für jene Erkrankungen, bei denen eine ausgeprägte Klinik vorhanden ist und

subklinische Verläufe eine Ausnahme darstellen (23). In Bezug auf LSD ist jedoch zu bedenken, dass klinische Symptome oftmals nicht, wenig ausgeprägt auftreten (45).

Grund für die Installation von passiven Surveillance Systemen stellt die Möglichkeit der Einschätzung aktueller Entwicklungen diverser Krankheiten dar und die daraus resultierende Möglichkeit einer schnellen und zielgerichteten Antwort auf sich verändernde Zustände. Bei korrekter Anwendung stellt dies ein hervorragendes Instrument der Überwachung dar. Nichtsdestotrotz beinhalten passive Überwachungssysteme auch grundlegende Probleme. So stellen falsche Meldungen, vor allem aber unzureichende Meldungen von medizinischem Personal eine große Fehlerquelle dar. Hierfür muss für ein gutes Feedbacksystem an das meldende Personal gesorgt werden. Ebenso können Berichte von Laboratorien, medizinischen Einrichtungen oder Versicherungen unzureichend sein (47). Für viele Gesundheitseinrichtungen, sowohl im humanen als auch im veterinärmedizinischen Bereich besteht eine monatliche, manchmal eine noch engmaschigere Übermittlungspflicht aller anzeigepflichtigen Krankheitsfälle oder ausgewählter Krankheiten.

Oftmals erweisen sich passive Überwachungsmaßnahmen, verglichen zu aktiven, als die günstigere Methode. Als Schlüssel zu einer gut funktionierenden passiven Überwachung, stellt sich vor allem die möglichst umfangreiche und exakte Informationsbeschaffung dar (48).

7.3 Derzeitige Surveillance Maßnahmen in der EU und Österreich

Um bestmöglich auf Geschehnisse reagieren zu können ist Information ein wesentlicher Schlüssel. Hierfür wurde von der EU ein Informationssystem ins Leben gerufen, das seinen Mitgliedern erlaubt einen aktuellen Überblick über die Situation anzeigepflichtiger Erkrankungen und Seuchen in den jeweiligen Ländern zu bekommen.

Die Informationen der ADNS-Datenbank (Animal Disease Notification System) sind einer breiten Gruppe an Personen jederzeit zugänglich. Die Berichte sind auf heimischer Ebene unter der „Kommunikationsplattform Verbrauchergesundheit“ (www.verbrauchergesundheit.gv.at), sowie bei der „AGES“ (www.ages.at) abrufbar. Ebenso stellen die Veterinärbehörden ihren Amtstierärztinnen und Amtstierärzten Informationsmaterialien und Webinare zur Verfügung.

In Österreich waren, bzw. sind derzeit erweiterte Surveillancesysteme im Einsatz. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf passiven Überwachungsmethoden jedoch werden auch aktive Elemente hinzugefügt. So wurden 2018 beispielweise Test-Kits bereitgestellt und bei 12 Rindern Testung durchgeführt, welche allesamt negativ verliefen. Für den Fall eines Eintrages von LSD bereitete man sich mit dem Erwerb von 500.000 Impfdosen vor. Eine Bereitstellung von 6,4 Millionen Impfdosen durch den Hersteller wurde zugesagt. Im Zuge dessen wurde auch eine nationale Impfstrategie erarbeitet.

Bei bestätigten Ausbrüchen, welche bis zu einer Distanz von 150 km von der österreichischen Grenze entfernt liegen, würde eine Impfung innerhalb von 14 Tagen begonnen und innerhalb von 50 Tagen finalisiert werden. Sollte sich der Ausbruch in einem Radius von 20 km von der österreichischen Grenze befinden, so würde man sich dazu veranlasst sehen, die Impfkationen innerhalb einer Woche zu starten sowie spätestens nach 30 Tagen den gesamten österreichischen Rinderbestand geimpft zu haben.

Derzeit jedenfalls scheint die Notmaßnahme einer Impfung in relativ weite Ferne gerückt zu sein, da die betroffenen Nachbarländer ihre Situation stabilisieren konnten. Nichtsdestotrotz müssen Verdachtsfälle von LSD sofort bei der Bezirksverwaltungsbehörde zur Anzeige gebracht werden und etwaige Proben in das nationale Referenzlabor (AGES Mödling) gesandt werden (2).

Zusätzlich zur passiven Surveillance werden bei einem Infektionsgeschehen, welches 100 km weit entfernt auftritt, weitere Schritte der aktiven Surveillance hinzugefügt (49). Dies würde vor allem die Beprobung der Herden, aber auch den Handel mit tierischen Produkten und mit lebenden Tieren betreffen (2).

Da derzeit nicht mehr unmittelbar mit einem Eintrag von LSD in das österreichische Staatsgebiet zu rechnen ist, wurden auch die Maßnahmen zurückgefahren. Allerdings wurden bereits Risikogebiete festgelegt und Pläne der Beprobung erstellt. So wurde etwa geregelt wie die stichprobenartige Probenziehung auszusehen hat, oder welche Maßnahmen im schlechtesten Fall zur Eindämmung ergriffen werden müssen (50).

7.4 Überwachungssysteme im europäischen und internationalen Kontext

Überwachungssysteme in Europa werden durch enge Zusammenarbeit von internationalen, nationalen und lokalen Behörden und Organisationen stetig verbessert und auf dem aktuellen Stand gehalten. Besonders hervorzuheben sind folgende Institutionen:

- OIE (jetzt WOAH)
- EFSA
- GF-TADs (Global Framework for the progressive control of Transboundary Animal Diseases)

Die in der Europäischen Wirtschaftsunion angewandten Überwachungsmaßnahmen beinhalten vier Kernelemente, welche je nach Gegebenheit angepasst und ergänzt werden können. Es sind dies vor allem die Früherkennung von Ausbrüchen, Massenimpfungen, Keulung und Restriktionen bis hin zum kompletten Verbot des Tiertransports oder deren Produkte. Besonders der Früherkennung kommt große Bedeutung zu, da in vielen betroffenen Ländern kleinbäuerliche Strukturen vorherrschen und ihre Tiere mehrmals täglich kontrollieren können und frühzeitig auch geringe klinische Symptome erkennen können (39).

Für Europa erarbeitete im Kontext des Auftretens von LSD in Europa eine Expertengruppe (Standing Group of Experts on lumpy skin disease (LSD) for South-East Europe) die Vorgehensweise in Bezug auf LSD. Sie empfahl die Vakzinierung möglichst vieler Tiere in den betroffenen Ländern. Je nach Durchimpfungsgrad und angenommener Möglichkeit eines Wiedereintrags der Krankheit ergeben sich bezüglich der nachfolgenden und nötigen Surveillance Maßnahmen andere notwendige Schritte (45).

Es werden 4 Szenarien unterschieden:

- Regionen, die einem gewissen Risiko ausgesetzt sind, weil z.B. Nachbarländer einen Ausbruch aufwiesen, welche jedoch selbst nicht mit einem Ausbruch konfrontiert sind und auch keine Impfungen durchführen.
- Länder, die einem Risiko ausgesetzt sind, und Impfprogramme gestartet haben.
- Länder, in denen nach einem Impfprogramm Vorsorgeimpfungen durchgeführt werden
- Länder, in denen es nach Durchführung von Vorsorgeimpfungen zu einem Ausbruch kam.

Die EU verfolgt in allen Süd-Ost Europäischen Ländern passive Surveillance Maßnahmen. In Albanien, Bulgarien, Kroatien, Griechenland, dem Kosovo und Nord-Mazedonien wurden zusätzlich Maßnahmen der aktiven Surveillance implementiert. Diese beinhalten die klinische Untersuchung und die virologische Testung mittels PCR und ELISA. Die aktiven Maßnahmen werden besonders in der Hauptübertragungszeit von April bis Oktober intensiviert. Sie zielen sowohl darauf ab, einerseits die Freiheit von LSD darzulegen, andererseits LSD Fälle frühzeitig zu erkennen. Die Maßnahmen beinhalten Besuche in Betrieben, Probenentnahme und Untersuchung einzelner Tiere an Tiermärkten, Schlachthäusern oder Tiertransporten. Dies erlaubt eine vereinfachte und erhöhte Probenentnahme und Untersuchung.

Da sich die EU in ihren Süd-Östlichen Ländern mit vornehmlich kleineren Herden (zwei bis vier Tiere) konfrontiert sieht und größere Herden tendenziell eher die Ausnahme bilden, verfolgt sie darauf abgestimmte Überwachungsmaßnahmen. Zweiphasige Stichprobenkonzepte erscheinen hier nur bei größeren Herden, d. h. über 100 Tiere, zielführend. Bei oben genannten kleineren Herden ist es sinnvoller alle Individuen zu testen. Ebenso wichtig ist der richtig gesetzte Zeitpunkt der Überwachungsmaßnahmen. Hier werden alle fünf Wochen während der Vektorperiode angestrebt. Um die Freiheit eines Landes darzulegen ist es empfehlenswert am Ende der Vektorsaison eine Testreihe zu starten, da nachfolgend keine neu auftretenden Erkrankungen mehr erwartet werden (34).

8 Bekämpfungsmaßnahmen

Bekämpfungsmaßnahmen setzen sich immer aus einem Bündel an Maßnahmen zusammen. Es ist nie zielführend sich nur auf ein Standbein zu stützen. Hierbei kommt der Früherkennung

eines Ausbruches immanente Bedeutung zu. Eine rechtzeitige Entdeckung eines Ausbruches erlaubt es frühzeitig zielgerichtete Maßnahmen zu ergreifen und erhöht die Erfolgsrate bei der Bekämpfung und verringert die Folgeschäden. Es ist hierbei wichtig alle Mittel, welche die Chancen auf eine frühzeitige Entdeckung erhöhen, auszuschöpfen. Dies sind vorwiegend wie oben beschrieben aktive und passive Überwachungsmaßnahmen. Allerdings verlässt man sich auch hier nicht nur auf das Ziehen und Untersuchung von Proben, sondern die Überwachungsmaßnahmen müssen durch Schulen von Tierhaltern und Fachpersonal ergänzt werden, d.h. diesem wird eine große Bedeutung zugeschrieben.

Eine weitere vorbeugende Maßnahme, die getroffen werden kann, ist die Impfung ausgewählter Bestände oder eine Massenvakzination. Traten bereits Fälle von LSD auf und werden daraufhin Impfmaßnahmen implementiert so benötigt es bei einer Impfdichte von 90 % etwa zwei Jahre bis zur Seuchenfreiheit. Bei einer Impfdichte von 70 % verlängert sich dieser Zeitraum auf drei bis fünf Jahre. Vorausgesetzt es kommt währenddessen nicht zu erneuten Ausbrüchen bzw. Einträgen im Land (39, 45).

Zusätzlich zur Impfung praktizieren viele Länder Keulungsmaßnahmen betroffener Betriebe. Diese reichen von der Keulung betroffener Tiere bis hin zur Keulung aller empfänglichen Tiere eines Betriebes. Der ökonomische Schaden hierbei ist groß. Ein alleiniges Verlassen auf die Maßnahme der Keulung ist nicht sinnvoll und wird nicht zum gewünschten Erfolg führen (33, 35, 39). Griechenland beispielweise musste 2015 insgesamt über 4000 Tiere keulen, was mit einem enormen wirtschaftlichen Schaden verbunden war (51).

Um ein weiteres Ausbreiten zu verhindern, gelten im Seuchenfall strenge Bestimmungen für den Transport von Tieren oder deren Produkte. Sowohl über kurze als auch weite Distanzen stellt die Verbringung von Lebewesen den wichtigsten Ausbreitungsfaktor dar (39). Besondere Gefahr geht hierbei von Tieren in der Inkubationsphase aus. Daher sind Tiere 24 Stunden vor dem Transport klinisch zu untersuchen um einen Transport erkrankter Individuen zu vermeiden (52). Diese sind jedoch besonders in Gebieten, in denen die mittlere Größe der Herden zwei bis vier Tiere beträgt, äußerst schwer umzusetzen (39). Nicht nur die Umsetzung über einen langen Zeitraum ist kräftezehrend, weiters muss auch der Aspekt des Tierschutzes bedacht werden.

Extensiv weidenden Tieren, welchen aufgrund von Bewegungseinschränkungen ihre Nahrungsgrundlage beeinträchtigt wird, leiden eventuell unter Mangelernährung. Diese Tiere grasen auf großen Arealen und legen über den Sommer weite Strecken zurück. Abgesehen davon ist es in den Sommermonaten für viele Bauern unmöglich die Tiere in einem Stall zu halten. Ebenfalls ist in vielen abgelegenen Gebieten ein Handel unter Nachbarn kaum zu unterbinden.

So installierte Griechenland an ihren Landesgrenzen 2015 eine Überwachungszone. In den ersten drei Kilometern war jegliche Verbringung von Tieren untersagt, auch zum Schlachthof. In den anschließenden 25 km waren ausschließlich Transporte zum Schlachthof oder zu privaten Zwecken gestattet. Regionen-übergreifende Transporte von Rindern, unabhängig ihres Gesundheitsstatus, waren ebenso untersagt, wie Transporte außerhalb des Landes.

Bulgarien untersagte sogar die Verbringung von kleinen Wiederkäuern. Um dies zu gewährleisten wurden Grenz- und Verkehrskontrollen durchgeführt. Wenn möglich wurden zusätzlich Daten des Identifikationssystems genutzt. Durch die Registrierung von Tieren und Herden kann so eine unerlaubte Verbringung eventuell nachvollzogen werden (39).

Beziehen sich die bisher genannten Bekämpfungsmaßnahmen auf den Balkan, so kann festgehalten werden, dass die Früherkennung gut implementiert wurde. Obwohl es sich um die ersten Ausbrüche handelte, waren Behörden durch Informationskampagnen gut vorbereitet und konnten so die klinischen Krankheitsbilder zügig zuordnen. Es wurden bereits im Vorfeld Workshops angeboten, Poster verteilt und der Kontakt mit gesucht. Ebenfalls konnten durch das frühzeitige Erkennen klinischer Symptome diagnostische Maßnahmen zügig in die Wege geleitet werden. Je nach Region wurden anschließend Keulungen durchgeführt (39). Ein Problem bei der Verarbeitung eingehender Laborproben, welches sich zeigte, war die geringe vorhandene Anzahl an „Thermocyclern“ zur Durchführung der PCR-Untersuchungen und geringe Personalkapazitäten.

Schwierigkeiten bei der Keulung wurden beispielsweise aus Bulgarien gemeldet. Da die Keulung nur wenige Tage nach Auftreten eines klinischen Falles in einer Herde stattzufinden hat, waren Behörden, und Hilfspersonal ausgelastet. Ebenso als schwierig erwies sich der Einsatz technischen Gerätes, um die Kadaver zu beseitigen oder Desinfektionsmaßnahmen durchzuführen. Nach Beginn der Impfungen wurden die Keulungsmaßnahmen

zurückgefahren. Es wurden entweder nur mehr Tiere nach sicherer PCR-Diagnostik oder nur mehr gekeult. So wurden etwa in Montenegro 557 Tiere aus 436 Herden nach gesicherter Diagnostik getötet.

Anzumerken ist ebenfalls, dass Albanien keine Keulungen durchführte. Während in anderen Ländern Tierhalter mit dem Marktpreis der gekeulten Tiere entschädigt wurden, wurden wo möglich, albanische Bauern mit Jersey oder Holstein Rindern entschädigt, welche eine deutlich höhere Milchleistung aufweisen. So wurde im selben Zug auch die Milchleistung der Gesamtpopulation in Albanien verbessert (39).

9 Rechtliche Grundlagen

Einleitend muss erwähnt werden, dass zum Zeitpunkt der größten Gefährdung Österreichs bzgl. der Einschleppung von LSD das neue Tiergesundheitsrecht nicht fertig erstellt und in Kraft war. Daher sollen nachfolgend auch die Regelungen zum damaligen Zeitpunkt dargestellt werden.

9.1 Österreich

Österreich legt viel Wert auf eine enge Zusammenarbeit mit seinen Nachbarländern und steht im engen Austausch mit Bulgarien, Kroatien, Slowenien, Slowakei, Tschechien, Ungarn, und Rumänien (53). Die rasche Ausbreitung an den Grenzen und innerhalb der EU machte es nötig geltende Richtlinien und Gesetze zu vereinheitlichen und auf eine der aktuellen Situation und Zeit angepasste gesetzliche Grundlage zu stellen. Die rechtlichen Grundlagen wurden dato von der Richtlinie 92/119/EWG des Rates vom 17.12.1992 vorgegeben (54).

Da diese in Bezug auf Handlungsfähigkeit und Aktualität in der gegebenen Situation durchaus Lücken aufwies wurde die EU-Richtlinie in Österreich 2017 mit einer neu aufgesetzten Verordnung komplementiert. Es handelt sich um die 315. Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen zur Bekämpfung der Lumpy skin disease (Lumpy skin disease-Verordnung – LSD-VO) (50).

Sie gliedert sich in fünf Abschnitte.

1. Allgemeines
2. Behördliche Maßnahmen zur Früherkennung von LSD in Österreich
3. Zonenlegung, Maßnahmen in Zonen
4. Verbringungsbeschränkungen
5. Schlussbestimmungen

Abschnitt eins legt die benötigten und verwendeten Begriffe dar und erklärt diese einheitlich. Er bildet somit die Grundlage und vereinheitlicht das Verständnis.

Abschnitt zwei regelt:

- die Erstellung eines risikobasierten Stichprobenplans sowie die Einteilung eines Risikogebietes. Hierbei gibt der Gesetzgeber ein Auftreten von LSDV-Fällen in einem Grenzbereich von 100 km zur Österreichischen Grenze an.
- Das Vorgehen bei einem angezeigten Verdacht in der Bundesrepublik Österreich. Es werden die erforderlichen Biosicherheitsmaßnahmen, die zu erhebenden Daten des Betriebes, die Untersuchung der betroffenen Tiere und die Entnahme der nötigen Proben, sowie die Nachforschung des Ursprungs des Ausbruches geregelt.
- Die zu treffenden Maßnahmen bei einem bestätigten Seuchenausbruch. Dies umfasst die Keulung aller empfänglichen Tierarten des Betriebs, die Reinigung und Hygienemaßnahmen, die dem Betrieb auferlegt werden müssen, sowie die Verbote des Inverkehrbringens bestimmter tierischer Produkte oder Erzeugnisse, welche in Kontakt mit den Tieren standen.
- Maßnahmen zur Verhinderung der Verbreitung. Dies beinhaltet ein 72-stündiges Verbot des Tiertransport im ausgewiesenen Gebiet.

Abschnitt drei regelt die Zonenlegung und in Folge die zu treffenden Maßnahmen in der jeweiligen Zone.

- Zonenlegung. Dies sind Schutz-, Überwachungs- und infizierte Zone.
 - Schutzzone: Radius mindestens 3 km um den betreffenden Betrieb.
 - daran eine anschließende Überwachungszone: Radius mindestens 10 km
 - und eine infizierte Zone mit einem Radius von mindestens 20 km
- Maßnahmen in der Schutzzone. besuchen jeden Betrieb in der ausgewiesenen Zone, welcher empfängliche Tierarten führt, entnehmen gegebenenfalls Proben, erheben und erfassen notwendige Daten.
Hierbei achten diese besonders auf das Verhindern von der Verschleppung der Seuche.

- Maßnahmen in der Überwachungszone. Betriebe werden in der ausgewiesenen Zone anhand eines risikobasierten Stichprobenplans, erstellt durch die AGES, kontrolliert.
- Impfung: Es kann bei bestimmten Gegebenheiten eine Impfung angeordnet werden. Hierbei werden geographische Gegebenheiten, Anzahl der Betriebe, Dauer der Impfkampagnen, Durchimpfungsraten und ähnliches angeführt.

Abschnitt vier regelt:

- Die Beschränkung des Transports von Tieren und deren Produkte in Schutz- und Überwachungszone. Eine Verbringung nach außerhalb der Schutzzone ist nicht gestattet. Auch ist der Transport innerhalb der Schutzzone stark reglementiert. Ebenso gelten für die Überwachungszone strenge Regeln, welche jedoch deutlich mehr Ausnahmen als in der Schutzzone beinhalten.
- Die Wiedererlangung des Freiheitsstatus. Dieser Punkt beinhaltet Zeiträume und durchzuführende Maßnahmen für die Wiedererlangung des Freiheitsstatus.

Abschnitt fünf enthält die Schlussbestimmungen.

Ergänzend zu oben beschriebener Verordnung greifen Regelungen des Tierseuchengesetzes.

9.2 Europäische Union

9.2.1 Vor Inkrafttreten des neuen Tiergesundheitsrechts

Finanzielle Aspekte bzgl. der Entschädigung von Tierseuchenbekämpfungsmaßnahmen auf EU-Ebene wurden in der Verordnung (EU) Nr. 652/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates behandelt. Einige Kontrollmaßnahmen bzgl. der Tiergesundheit wurden in den Verordnungen Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates und in den Richtlinien 89/662/EWG, 90/425/EWG, 91/496/EWG und 97/78/EG beschrieben.

Durch die VERORDNUNG (EU) 2016/429 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2016 wurden neue Rechtsgrundlagen hierfür geschaffen.

9.2.2 Neues EU-Recht

Die Tiergesundheitsstrategie der Europäischen Kommission sah unter anderem die Konsolidierung des Rechtsrahmens für eine gemeinsame Tiergesundheitspolitik vor. Mit der Verordnung (EU) 2016/429 wurden Vorschriften erarbeitet, um auf Tier oder Mensch übertragbare Krankheiten vorzubeugen und um diese zu bekämpfen. In Bezug auf die Überwachung regelt sie die Meldung innerhalb der Mitgliedstaaten sowie die Meldung und Berichterstattung innerhalb der EU. Hierfür wurde ein elektronisches Informationssystem implementiert und die Datenerfassung, sowie Verarbeitung geregelt. Sie beschreibt weiters Überwachungsmaßnahmen, Tilgungsprogramme, definiert den Begriff „seuchenfrei“ und behandelt seine weitreichenden Konsequenzen, regelt das Erstellen von Notfallplänen, Verfahren mit Impfstoffen und deren Verimpfung, und regelt den Zugang der einzelnen Länder hierzu,

Da einige Länder Ausbrüchen mittels Impfungen begegnet sind, regelt der „Durchführungsbeschluss (EU) 2015/2055 der Kommission vom 10. November 2015 zur Festlegung der Bestimmungen hinsichtlich der Einrichtung des Programms für die Notimpfung von Rindern gegen die Lumpy-skin-Krankheit in Griechenland und zur Änderung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2015/1500“ diese.

Mit der „(EU) 2021/1070 vom 28. Juni 2021 mit besonderen, auf einen begrenzten Zeitraum beschränkten Maßnahmen zur Bekämpfung der Infektion mit dem Virus der Lumpy-skin-Krankheit“ wurden in Ergänzung der Verordnung (EU) 2016/429 und der Delegierten

Verordnung (EU) 2020/687 einheitliche Durchführungsbestimmungen auf Unionsebene festgelegt, die besondere Seuchenbekämpfungsmaßnahmen für einen begrenzten Zeitraum unter Bedingungen regeln, die der epidemiologischen Lage in Bezug auf diese Seuche in der Union und in benachbarten Drittländern angemessen sind.

9.3 Internationale rechtliche Grundlagen

LSDV stellt eine globale Herausforderung dar. Nicht nur für Länder, in denen es bereits zu Ausbrüchen kam oder solche die an diese Länder grenzen. Durch den globalen Handel, sowohl mit Lebewesen als auch mit deren Produkten besteht für jedes Land ein mehr oder minder hohes Risiko der Einschleppung. Ebenso ist eine Verbreitung durch Vektoren ein hohes Risiko.

Zu den Ländern, welche außerhalb der EU liegen und in den bisher kein Ausbruch stattfand zählen unter anderem Australien, Neuseeland, Großbritannien, und die USA. Ein Ausbruch fand in letzter Zeit in folgenden Ländern statt: Kenia, Israel, Irak, Afghanistan, Pakistan, Indien, China, Türkei, Jordanien, Thailand, Malaysia und einigen anderen mehr. Dies legt dar, dass LSD ein den Globus umspannendes Problem darstellt (4).

Globale Richtlinien und Empfehlungen werden von der OIE (jetzt) in den folgenden Werken beschrieben:

- OIE Terrestrial Animal Health Code (Terrestrial Code) Chapter 11.11
- Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals

10 DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit war es, die Bedrohungslage im Zeitraum des Voranschreitens der L für die EU, jedoch im Besonderen mit Blickrichtung Österreich, aufzuarbeiten. Da sich die Ausgangslage der Bedrohung in den Jahren 2017 und 2018 jedoch deutlich geändert hat, konnte der Fokus auf die getroffenen Maßnahmen zur Eindämmung der Erkrankung und auf die erfolgreiche Implementierung dieser gelegt werden. Die LSD kann somit als Erfolgsmodell für die Wirksamkeit der gesetzten Aktionen, als auch eine vorbildliche Zusammenarbeit der verschiedenen Länder, Institutionen und involvierten Personen verstanden werden.

Spätestens als sich 2015 der erste bestätigte Fall einer Erkrankung in der EU, genauer gesagt in Griechenland, ereignete, waren die zuständigen Behörden höchst alarmiert. Entgegen anderen auftretenden Seuchen oder Pandemien, hierfür liefert die COVID Pandemie das beste Beispiel, traten die ersten Infektionsgeschehen auf dem Boden der EU nicht unmittelbar auf und ebenso trafen sie die Gemeinschaft nicht unvorbereitet. Bereits bei den in den Vorjahren auftretenden Fällen in den Nachbarstaaten, wie etwa der Türkei, wurde klar, dass die Wahrscheinlichkeit eines Eintrages groß ist. Demnach konnten bereits Vorkehrungen getroffen werden. Dennoch bleibt zu erwähnen, dass erst durch die rasante Verbreitung in den Balkanstaaten das gesamte Ausmaß vollumfänglich erkannt und erfasst wurde. So wurde recht deutlich, dass die damals vorherrschende Legislatur unzureichend war. Die Erarbeitung dringend erforderlicher Nachbesserungen, Erweiterungen und Ergänzungen wurden erst mit einiger Verzögerung aufgenommen, mündete aber schlussendlich in einer verbesserten Rechtssetzung und in Empfehlungen, mit denen behauptet werden kann auch auf zukünftige Bedrohungslagen effektiver, schneller, zielgenauer, aber vor allem der aktuellen Situation und ihrer Anforderungen gerecht zu werden. Ebenso ging man gestärkt an der Situation hervor, da die neue Rechtgrundlage es zulässt zukünftigen Seuchenausbrüchen wahrscheinlich schneller und effektiver begegnen zu können. Weiters zeigte das geographische Voranschreiten der Erkrankung aber auch die Schwierigkeiten geographischer, sozioökonomischer und struktureller Gegebenheiten und Eigenheiten der jeweiligen Länder. Sei dies, angefangen von den vorherrschenden kleinstbäuerlichen Strukturen, exponierten extensiven Tierhaltung bis hin zu einer unzureichenden Kapazität um mit den Kadavern der Tiere nach Keulungsmaßnahmen umzugehen. Ebenfalls wurde deutlich, dass in vielen Ländern des Balkans eine der Schwierigkeiten in dem maximalen Gesamtvolumen an zu verarbeiteten Proben der Labore bestand. Schwierigkeiten traten ebenfalls in der Kontrolle von

Tiertransporten, bzw. in der Einschränkung von Handel mit Tieren und deren Produkten auf. Wie vorher erwähnt, waren hier vor allem die örtlichen Gegebenheiten ein beeinflussender Faktor.

Nichtsdestotrotz wurden ebenfalls die Möglichkeiten einer Gemeinschaft sehr deutlich. So konnte einerseits auf die Expertise vieler zurückgegriffen werden und ebenso bei auftretenden Problemstellungen auf Hilfestellungen anderer Länder vertraut werden. Dies in materieller aber auch finanzieller Hinsicht. Ebenso muss sehr deutlich hervorgehoben werden, dass das frühzeitige Schulen von betroffenen Personen und Gruppen ein schnelles Erkennen und die Beschleunigung der Erstellung und Umsetzung eines Aktionsplanes sehr erleichterte. Hier erwies sich das Ausarbeiten von Informationsmaterial, Schulungen von Landwirten, Veterinärmedizinerinnen und Behörden als außerordentlich wichtiges Mittel zum Erfolg.

Ein weiterer Schlüssel zum Erfolg, eventuell sogar der bedeutendste, war der Beschluss zur Durchführung von flächendeckenden Impfungen. Trotz der nicht zu vernachlässigenden Risiken, welche eine Impfung mit sich bringt, können oder müssen die Impfkampagnen sowohl als „Game-Changer“, als auch als Erfolgsmodell verstanden werden. Hierbei wurden die Nutzen und resultierenden Risiken abgewogen und es fiel die Entscheidung für eine flächendeckende Impfung in jenen Ländern, welche bereits von LSD Ausbrüchen betroffen waren. Dabei kann die Akzeptanz als gut beschrieben werden und die Durchführung, trotz aller Widrigkeiten, vorbildlich. Bereits im folgenden Jahr und umso mehr in den folgenden zwei Jahren nach Impfstart, konnte ein massiver Rückgang der Durchseuchung der Populationen vermeldet werden. Rückblickend gesehen konnte durch die gute Durchimpfungsrate der Herden eine Eradikation der LSD aus dem Staatsgebiet der EU erreicht werden. Insbesondere mit dem Blick auf Nachbarländer wie der Türkei oder Russlands kann die Gesamtheit der getroffenen Maßnahmen als außerordentliches Erfolgsmodell angesehen werden. Dies konnte nur dadurch erreicht werden, dass alle betroffenen Länder im Einklang mit der EU handelten. Es muss jedoch festgehalten werden, dass es nach wie vor zu regelmäßigen LSD-Ausbrüchen in der Türkei und Russland kommt. Dementsprechend wurde nicht nur ein großer Beitrag zum Tierschutz und zu gesunden Rinderherden, sondern vor allem auch ein großer Beitrag zur Abwendung finanzieller und ökologischer Folgen einer Verbreitung und Übergreifen auf weitere Länder der EU geleistet.

Ebenso konnten grundlegende Informationen zu verwendeten Impfstoffen erlangt werden. Sowohl in den nötigen Durchimpfungsraten verwendeten Impfstoffen oder die Durchführung der Impfung selbst, konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Ebenfalls wurde

ersichtlich, dass es in der Impfstoffentwicklung großes Verbesserungspotential gibt. Sei es in der Herstellung von zielgerichteten Impfstoffen, welche eine Mutation des Impfstammes unterbinden können oder aber auch in der Zusammenarbeit mit Laboren bzw. Testherstellern bei der Erarbeitung von Nachweismethoden, welche Impf- und Feldstämme sicher unterscheiden können. Ein weiterer Auftrag besteht sicher in der Bereitstellung eines kostengünstigen und dennoch wirksamen Impfschutzes für Schwellenländer oder Länder mit finanziellen und logistischen Besonderheiten.

Zum Schluss bleibt festzuhalten, dass insbesondere für Österreich, der Eintrag von LSD in die EU eine große Chance darstellte vorhandene Konzepte und Strategien zu überarbeiten und auf den aktuellen Stand der Wissenschaft zu bringen, ohne hierbei tatsächlich massiv bedroht worden zu sein. So wurden durch den Ankauf von Impfstoffen, durch das Schulen von Personal, das Erarbeiten und Überarbeiten von Seuchenplänen, die Sensibilisierung der Labore und die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen auf einen möglichen Eintrag von LSD vorbereitet und sensibilisiert, um in einem Seuchenfall noch schneller und adäquat reagieren zu können.

11 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADNS	EU-Tierseucheninformationssystem
AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
DIVA	differentiation of infected from vaccinated animals
EFSA	European Food Safety Authority
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAT	Fluoreszenzantikörpertest
GF-TADS	Global Framework for the progressive control of Transboundary Animal Diseases
GTPV	Ziegenpocken-Virus
HMR	high-resolution melt
IFAT	Immuno Fluoreszenz Antikörper Test
LSD	Lumpy skin Disease
LAMP	Loop-mediated isothermal amplification
OIE	Office International Epizootics
PCR	Polymerase Kettenreaktion
SARS	schweres akutes Respiratorisches Syndrom
SNT	Serumneutralisationstest
SPPV	Schafpocken-Virus
VNT	Virusneutralisationstest
VIS	Veterinärinformationssystem
VMU	Veterinärmedizinische Universität Wien
WHO	World Health Organisation
WOAH	World Organisation for Animal Health (Weltorganisation für Tiergesundheit)

12 LITERATURVERZEICHNIS

Literatur

1. Michael Rolle AM. Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 8. Aufl. Stuttgart: Enke Verlag; 2007.
2. Amt der Steiermärkischen Landesregierung - Veterinärdirektion. LUMPY SKIN DISEASE Informationen für Tierärztinnen und Tierärzte; 2017.
3. WOA. LUMPY SKIN DISEASE: Aetiology Epidemiology Diagnosis Prevention and Control References; 2022. Verfügbar unter:
<https://www.woah.org/app/uploads/2022/06/lumpy-skin-disease-final-v1-1forpublication.pdf>.
4. Akther M, Akter SH, Sarker S, Aleri JW, Annandale H, Abraham S et al. Global Burden of Lumpy Skin Disease, Outbreaks, and Future Challenges. *Viruses* 2023; 15(9). doi: 10.3390/v15091861.
5. Bianchini J, Simons X, Humblet M-F, Saegerman C. Lumpy Skin Disease: A Systematic Review of Mode of Transmission, Risk of Emergence and Risk Entry Pathway. *Viruses* 2023; 15(8). doi: 10.3390/v15081622.
6. J.A.W C, Tuppurainen E, Babiuk S, Wallace D. Lumpy Skin Disease. In: *Infectious Diseases of Livestock, Part II*.
7. Mercier A, Arsevska E, Bournez L, Bronner A, Calavas D, Cauchard J et al. Spread rate of lumpy skin disease in the Balkans, 2015-2016. *Transbound Emerg Dis* 2018; 65(1):240–3. doi: 10.1111/tbed.12624.
8. Tuppurainen ESM, Oura CAL. Review: lumpy skin disease: an emerging threat to Europe, the Middle East and Asia. *Transbound Emerg Dis* 2012; 59(1):40–8. doi: 10.1111/j.1865-1682.2011.01242.x.

9. Tupparainen E, Alexandrov T, Beltran-Alcrudo D. Lumpy skin disease: A field manual for veterinarians. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2017 ,. (FAO Animal Production and Health ManualNo. 20).
10. Calistri P, DeClercq K, Gubbins S, Klement E, Stegeman A, Cortiñas Abrahantes J et al. Lumpy skin disease: III. Data collection and analysis. EFSA J 2019; 17(3):e05638. doi: 10.2903/j.efsa.2019.5638.
11. Afzal H, Umar M, Hussain W, Cheng L-T. LUMPY SKIN DISEASE: AN ENCROACHING RISK IN CATTLE FARMING. Taiwan Vet J 2024; 49(01):1–11. doi: 10.1142/S1682648524300016.
12. Megan Arter-Hazzard, Adem Yusuf, Dr Sonny Bacigalupo. Lumpy skin disease in East Asia: 13 November 2023: Department for Environment, Food and Rural Affairs; 2023. Verfügbar unter: <https://www.gov.uk/government/collections/animal-diseases-international-monitoring>.
13. AGES. Lumpy Skin Disease. Verfügbar unter: <https://www.ages.at/mensch/krankheit/krankheitserreger-von-a-bis-z/lumpy-skin-disease#c8688>.
14. Nick De Regge. Lumpy skin disease virus: diagnostics: 4th LSD coordination meeting for South-East Asia 28-29 November 2023, Bangkok, Thailand; 2023. Verfügbar unter: https://rr-asia.woah.org/app/uploads/2023/12/1-20-nick-de-regge-woah-asean-bangkok_diagnosis.pdf.
15. Chala G. Epidemiology and diagnostic methods of lumpy skin disease: A Short Review. Int J Vet Sci Res 2022; 8(2):64–70. doi: 10.17352/ijvsr.000115.
16. WOAH. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, twelfth edition 2023; 2023. Verfügbar unter: https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.04.12_LSD.pdf.
17. House JA, Wilson TM, el Nakashly S, Karim IA, Ismail I, el Danaf N et al. The isolation of lumpy skin disease virus and bovine herpesvirus-4 from cattle in Egypt. J Vet Diagn Invest 1990; 2(2):111–5. doi: 10.1177/104063879000200205.

18. El-Nahas E, El-Habbaa A, El-Bagoury G, Radwan M. Isolation and Identification of Lumpy Skin Disease Virus from Naturally Infected Buffaloes at Kaluobia, Egypt. *Global Veterinaria* 2011; 7:234–7.
19. Eeva Tuppurainen. Diagnostic assays for the detection of lumpy skin disease virus and antibodies. *EMPRES-Animal Health* 360; (No. 47/2017).
20. Awad WS, Ibrahim AK, Mahran K, Fararh KM, Abdel Moniem MI. Evaluation of different diagnostic methods for diagnosis of Lumpy skin disease in cows. *Trop Anim Health Prod* 2010; 42(4):777–83. doi: 10.1007/s11250-009-9486-5.
21. Shubisa Abera Leliso. Overview on Diagnostic Techniques and Economic Importance of Lumpy Skin Disease. *J Vet Med Res* 8(4): 1218. 2021.
22. Davies FG, Krauss H, Lund J, Taylor M. The Laboratory Diagnosis of Lumpy Skin Disease. *Research in Veterinary Science* 1971; 12(2):123–8. doi: 10.1016/S0034-5288(18)34204-8.
23. Lamien CE, Lelenta M, Goger W, Silber R, Tuppurainen E, Matijevic M et al. Real time PCR method for simultaneous detection, quantitation and differentiation of capripoxviruses. *J Virol Methods* 2011; 171(1):134–40. doi: 10.1016/j.jviromet.2010.10.014.
24. gensosalut. Was ist die HRM-Analyse (high resolution melting)? : gensosalut. Verfügbar unter: <https://www.gensosalut.com/de/technologien/hrm-high-resolution-melting/>.
25. Byadovskaya O, Pestova Y, Kononov A, Shumilova I, Kononova S, Nesterov A et al. Performance of the currently available DIVA real-time PCR assays in classical and recombinant lumpy skin disease viruses. *Transbound Emerg Dis* 2021; 68(6):3020–4. doi: 10.1111/tbed.13942.
26. Mwanandota JJ, Macharia M, Ngeleja CM, Sallu RS, Yongolo MG, Mayenga C et al. Validation of a diagnostic tool for the diagnosis of lumpy skin disease. *Vet Dermatol* 2018; 29(6):532-e178. doi: 10.1111/vde.12690.

27. Shalaby MA, El-Deeb A, El-Tholoth M, Hoffmann D, Czerny C-P, Hufert FT et al. Recombinase polymerase amplification assay for rapid detection of lumpy skin disease virus. *BMC Vet Res* 2016; 12(1):244. doi: 10.1186/s12917-016-0875-5.
28. Pestova Y, Byadovskaya O, Kononov A, Sprygin A. A real time high-resolution melting PCR assay for detection and differentiation among sheep pox virus, goat pox virus, field and vaccine strains of lumpy skin disease virus. *Mol Cell Probes* 2018; 41:57–60. doi: 10.1016/j.mcp.2018.08.003.
29. OIE - Terrestrial Animal Health Code - 26/07/2017: CHAPTER 11.9. INFECTION WITH LUMPY SKIN DISEASE VIRUS; 2017. Verfügbar unter: <https://doc.woah.org/dyn/portal/digidoc.xhtml?statelessToken=S21wdreupx773VB6K2K8gQR5QmlkTvFvIP26IVJfJtI=&actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless>.
30. Zeedan GSG, Mahmoud AH, Abdalhamed AM, El-Razik KAE-HA, Khafagi MH, Zeina HAAA. Detection of lumpy skin disease virus in cattle using real-time polymerase chain reaction and serological diagnostic assays in different governorates in Egypt in 2017. *Vet World* 2019; 12(7):1093–100. doi: 10.14202/vetworld.2019.1093-1100.
31. Haegeman A, Leeuw I de, Mostin L, van Campe W, Aerts L, Venter E et al. Comparative Evaluation of Lumpy Skin Disease Virus-Based Live Attenuated Vaccines. *Vaccines (Basel)* 2021; 9(5). doi: 10.3390/vaccines9050473.
32. Tuppurainen E, Dietze K, Wolff J, Bergmann H, Beltran-Alcrudo D, Fahrion A et al. Review: Vaccines and Vaccination against Lumpy Skin Disease. *Vaccines (Basel)* 2021; 9(10). doi: 10.3390/vaccines9101136.
33. Mazloun A, van Schalkwyk A, Babiuk S, Venter E, Wallace DB, Sprygin A. Lumpy skin disease: history, current understanding and research gaps in the context of recent geographic expansion. *Front Microbiol* 2023; 14:1266759. doi: 10.3389/fmicb.2023.1266759.
34. Calistri P, Clercq K de, Gubbins S, Klement E, Stegeman A, Cortiñas Abrahantes J et al. Lumpy skin disease epidemiological report IV: data collection and analysis. *EFSA J* 2020; 18(2):e06010. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6010.

35. Scientific Opinion on lumpy skin disease. EFSA Journal 2015; 13(1):3986. doi: 10.2903/j.efsa.2015.3986.
36. Liang Z, Yao K, Wang S, Yin J, Ma X, Yin X et al. Understanding the research advances on lumpy skin disease: A comprehensive literature review of experimental evidence. Front Microbiol 2022; 13:1065894. doi: 10.3389/fmicb.2022.1065894.
37. Sudhakar SB, Mishra N, Kalaiyarasu S, Jhade SK, Singh VP. Genetic and phylogenetic analysis of lumpy skin disease viruses (LSDV) isolated from the first and subsequent field outbreaks in India during 2019 reveals close proximity with unique signatures of historical Kenyan NI-2490/Kenya/KSGP-like field strains. Transbound Emerg Dis 2022; 69(4):e451-e462. doi: 10.1111/tbed.14322.
38. Tuppurainen ESM, Venter EH, Shisler JL, Gari G, Mekonnen GA, Juleff N et al. Review: Capripoxvirus Diseases: Current Status and Opportunities for Control. Transbound Emerg Dis 2017; 64(3):729–45. doi: 10.1111/tbed.12444.
39. Tuppurainen ESM, Antoniou S-E, Tsiamadis E, Topkaridou M, Labus T, Debeljak Z et al. Field observations and experiences gained from the implementation of control measures against lumpy skin disease in South-East Europe between 2015 and 2017. Prev Vet Med 2020; 181:104600. doi: 10.1016/j.prevetmed.2018.12.006.
40. EFSA. Lumpy skin disease. EFS3 2019; 16(11). doi: 10.2903/sp.efsa.2019.EN-1751.
41. Casal J, Allepuz A, Miteva A, Pite L, Tabakovsky B, Terzievski D et al. Economic cost of lumpy skin disease outbreaks in three Balkan countries: Albania, Bulgaria and the Former Yugoslav Republic of Macedonia (2016-2017). Transbound Emerg Dis 2018; 65(6):1680–8. doi: 10.1111/tbed.12926.
42. European Health and Digital Executive Agency (HaDEA). Verfügbar unter: https://hadea.ec.europa.eu/programmes/single-market-programme-food/veterinary-programmes/lumpy-skin-disease_en.
43. Gari G, Bonnet P, Roger F, Waret-Szkuta A. Epidemiological aspects and financial impact of lumpy skin disease in Ethiopia. Prev Vet Med 2011; 102(4):274–83. doi: 10.1016/j.prevetmed.2011.07.003.

44. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2018/1882. In: Official Journal of the European Union Verfügbar unter: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1882#:~:text=%E2%80%98category%20A%20disease%E2%80%99:%20means%20a%20listed%20disease%20that,to%20in%20Article%209\(1\)\(a\)%20of%20Regulation%20\(EU\)%202016%2F429%3B](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1882#:~:text=%E2%80%98category%20A%20disease%E2%80%99:%20means%20a%20listed%20disease%20that,to%20in%20Article%209(1)(a)%20of%20Regulation%20(EU)%202016%2F429%3B).
45. Calistri P, DeClercq K, Vleeschauwer A de, Gubbins S, Klement E, Stegeman A et al. Lumpy skin disease: scientific and technical assistance on control and surveillance activities. EFSA J 2018; 16(10):e05452. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5452.
46. WHO. Communicable disease surveillance and response systems; 2006. Verfügbar unter: <https://iris.who.int/handle/10665/69330>.
47. Joseph Z. Losos. Routine and sentinel surveillance methods. Eastern Mediterranean Health Journal 1996; (Vol. 2, No. 1):47–9.
48. London School of Hygiene and Tropical Medicine. The use of epidemiological tools in conflict-affected populations: open-access educational resources for policy-makers; 2009. Verfügbar unter: http://conflict.lshtm.ac.uk/page_75.htm.
49. FAO, OIE. Standing Group of Experts on Lumpy Skin Disease in Europe: Fifth meeting (SGE LSD5) Budva, Montenegro, 19-20 October 2017.
50. 315. Verordnung [CELEX-Nr.: 31992L0119; 2017. Verfügbar unter: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2017_II_315/BGBLA_2017_II_315.pdfsig.
51. HELLENIC REPUBLIC MINISTRY OF RURAL DEVELOPMENT AND FOOD. Lumpy Skin Disease in Greece: Update Situation Situation as at 7 October 2015. Verfügbar unter: https://food.ec.europa.eu/system/files/2016-10/reg-com_ahw_20151007_pres_lumpy-skin-disease-greece.pdf.
52. Nielsen SS, Alvarez J, Bicout DJ, Calistri P, Canali E, Drewe JA et al. Assessment of the control measures for category A diseases of Animal Health Law: Lumpy Skin Disease. EFSA Journal 2022; 20(1):e07121. doi: 10.2903/j.efsa.2022.7121.

53. Mag. Simon Stockreiter. GEFAHR IM ANMARSCH: Vorkehrungen für die Lumpy Skin Disease (LSD) sind getroffen. tieraerzteverlag 2017; (03). Verfügbar unter: <https://www.tieraerzteverlag.at/vetjournal/lumpy-skin-disease/>.
54. RICHTLINIE 92 / 119/EWG DES RATES; 1992. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0119>.

13 RECHTSGRUNDLAGENVERZEICHNIS

Europäische Rechtsgrundlagen

Beschluss der Kommission vom 25.Juni 2010 über die Durchführung der Programme zur Überwachung von Geflügel und Wildvögeln auf aviäre Influenza durch die Mitgliedsstaaten (2010/367/EU), in: Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 166/22 vom 1.7.2010.

Verordnung (EU) 429/2016 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 9. März zu Tierseuchen und zur Änderung und Aufhebung einiger Rechtsakte im Bereich der Tiergesundheit („Tiergesundheitsrecht“), in: Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 84/1 vom 31.3.2016.

Delegierte Verordnung (EU) 687/2020 der Kommission vom 17. Dezember 2019 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 429/2016 des Europäischen Parlamentes und des Rates hinsichtlich Vorschriften für die Prävention und Bekämpfung bestimmter gelisteter Seuchen, in: Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 174/64 vom 3.6.2020.

Delegierte Verordnung (EU) 689/2020 der Kommission vom 17. Dezember 2019 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 429/2016 des Europäischen Parlamentes und des Rates hinsichtlich Vorschriften betreffend Überwachung, Tilgungsprogramme und den Status „seuchenfrei“ für bestimmte gelistete und neu auftretende Seuchen, in: Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 174/211 vom 3.6.2020.

Durchführungsverordnung (EU) 2002/2020 der Kommission vom 7. Dezember 2020 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EU) 429/2016 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Meldung gelisteter Seuchen innerhalb der Union und die Berichterstattung über gelistete Seuchen innerhalb der Union, in Bezug auf Formate und Verfahren für die Vorlage von Überwachungsprogrammen in der Union und von Tilgungsprogrammen und die Berichterstattung darüber sowie für Anträge auf Anerkennung des Status „seuchenfrei“ sowie in Bezug auf das elektronische Informationssystem, in: Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 412/1 vom 8.12.2020.

Delegierte Verordnung (EU) 361/2023 der Kommission vom 28. November 2022 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 429/2016 des Europäischen Parlamentes und des Rates hinsichtlich Vorschriften für die Verwendung bestimmter Tierarzneimittel zur Bekämpfung und Prävention bestimmter gelisteter Seuchen, in: Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 52/1 vom 20.2.2023.

Bundesrecht

Verordnung der Bundesministerin für Familie, Gesundheit und Jugend über Schutz- und Tilgungsmaßnahmen zur Bekämpfung der Geflügelpest [„Geflügelpest-Verordnung 2007“] idF. BGBl. II Nr. 108/2023

14 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Zeitliche und geographische Verbreitung von Lumpy Skin DiseaseSeite 11

15 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Vor- und Nachteile von verschiedenem Probenmaterial.....	Seite 13
Tab. 2 Vor- und Nachteile einiger Nachweismethoden.....	Seite 14
Tab. 3 Einschätzung der Eignung verschiedener Methoden zum Erregernachweis.....	Seite 15
Tab. 4 Eignung verschiedener serologischer Nachweismethoden.....	Seite 20