

Maul- und Klauenseuche

1. Erreger

Die Maul- und Klauenseuche (MKS) ist eine hochansteckende Viruserkrankung, die neben Fieber zur Bildung von Bläschen und Erosionen an der Maulschleimhaut (dort „Aphthen“ genannt) sowie an unbehaarten Teilen der Haut, insbesondere an den Klauen und Zitzen, führt. Bei Jungtieren kann es zu perakutem Versterben durch Schädigung des Herzmuskels kommen.

Das MKS-Virus (MKSV) gehört zum Genus *Aphthovirus* der Familie *Picornaviridae*. Es gibt 7 Serotypen (O, A, C, Asia1, SAT1, SAT2, SAT3), die in zahlreiche Subtypen unterteilt werden. Es sind Unterschiede in der Stabilität zwischen verschiedenen Serotypen und Virusisolaten beschrieben, die aber für die Desinfektion im Tierseuchenfall keine Rolle spielen.

1.1. Empfängliche Spezies

Tiere der Unterordnungen Wiederkäuer (Ruminantia), Schweine (Suina) und Schwielensohler (Tylopoda) der Ordnung Paarhufer (Artiodactyla). Der Mensch ist nicht empfänglich.

1.2. Tenazität

Das MKS-Virus ist unbehüllt und generell sehr stabil in der Umwelt, es wird jedoch durch Säuren rasch inaktiviert. Die dezimale Reduktionszeit bei einem pH-Wert von 5 beträgt etwa 1 Sekunde und bei einem pH-Wert von 6 etwa 1 Minute. Bei pH 5 wurde aber beobachtet, dass eine geringe Restinfektiosität auch noch über längere Zeit (60 min) bestehen bleiben kann. Bei pH 4 trat dieses Phänomen nicht auf und das Virus wurde innerhalb von wenigen Sekunden vollständig inaktiviert ¹. Diese Ergebnisse sind aber nur auf wässrige Lösungen ohne Eiweiße oder Fette uneingeschränkt anwendbar.

Bei hohen Temperaturen wird das Virus in Flüssigkeiten ebenfalls rasch abgetötet. Die dezimale Reduktionszeit bei 70 °C liegt bei wenigen Sekunden ². Um aber eine vollständige Inaktivierung auch hoher Virusmengen sicherzustellen, muss diese Temperatur über deutlich längere Zeit (mindestens 30 min) gehalten werden ³.

1.3. Vektoren

1.3.1. Belebt

Die größte Ansteckungsgefahr geht vom direkten Kontakt mit infizierten Tieren aus. Flüssigkeit und Epithel von Aphthen im Maulbereich und Vesikeln an den Klauen und Zitzen enthalten große Mengen an Virus, ebenso wie Nasensekret, Speichel, Milch und die Atemluft. Durch diese Ausscheidungen wird auch die Umgebung der Tiere und der Dung in hohem Maße kontaminiert.

Neben der Milch kann das Virus auch durch das Fleisch von infizierten Tieren verbreitet werden. Der internationale Handel mit Tieren und tierischen Produkten wird mittlerweile streng überwacht, aber die illegale Einfuhr von Lebensmitteln im Reiseverkehr entzieht sich weitgehend der Kontrolle der Behörden und stellt ein ständiges Risiko für die Einschleppung des MKS-Virus nach Europa dar.

1.3.2. Unbelebt

Durch die Ausscheidungen infizierter Tiere kontaminierte Menschen, deren Kleidung, Fahrzeuge und andere Gegenstände können eine große Rolle in der Verbreitung des MKS-Virus spielen (→ Zwischen-trägerseuche). Gründliche Reinigung und Desinfektion ist daher bei der MKS von höchster Bedeutung!

2. Entwesung

- Verdachts- und Seuchenbetriebe (mindestens die Ställe und ihre unmittelbare Umgebung), Schlachtstätten, Transportmittel, Frachträume von Flugzeugen
- kann bereits bei Seuchenverdacht durch die zuständige Behörde angeordnet werden (§ 3 Abs. 4 Nr. 2, § 28 Abs. 1 MKSeuchV) und ist bei Seuchenausbruch immer erforderlich (§ 7 Abs. 1 Nr. 4, § 28 Abs. 2 MKSeuchV)
- keine MKS-spezifischen Besonderheiten, Kapitel II beachten!

3. Anzuwendende Desinfektionsverfahren

Aufgrund der hohen Empfindlichkeit des MKS-Virus gegenüber pH-Werten unter 5 sind säurehaltige Desinfektionsmittel zu bevorzugen, aber starke Laugen (pH-Wert über 11) sind ebenfalls wirksam. Saure und alkalische Desinfektionsmittel dürfen niemals gemischt werden, da sie sonst ihre Wirksamkeit verlieren! Darüber hinaus ist diese Neutralisationsreaktion, insbesondere bei Mischung der Konzentrate, stark exotherm und stellt eine große Gefahr für den Anwender dar.

Vom Einsatz quartärer Ammoniumverbindungen wird wegen eingeschränkter Wirksamkeit abgeraten. Detergenzien, Alkohole und andere organische Lösungsmittel sind unwirksam gegen MKS-Virus^{4, 5}.

Die Reinigung und Desinfektion bei MKS unterliegen der amtlichen Weisung und Überwachung und sind in der Verordnung zum Schutz gegen die Maul- und Klauenseuche (MKSeuchV) bzw. in Anhang IV der Richtlinie 2003/85/EG über Maßnahmen der Gemeinschaft zur Bekämpfung der Maul- und Klauenseuche geregelt.

3.1. Laufende Desinfektion

Bereits bei Seuchenverdacht sind ständige Desinfektionseinrichtungen an Stallein- und -ausgängen erforderlich (§ 3 Abs. 2 Nr. 7 MKSeuchV). Schutzkleidung, Schuhwerk (§ 3 Abs. 2 Nr. 8 MKSeuchV) sowie Fahrzeuge und Behältnisse, die den Betrieb verlassen (§ 3 Abs. 3 Nr. 3 MKSeuchV) sind zu reinigen und zu desinfizieren.

Entgegen der Beschreibung in der MKSeuchV sind Matten als ständige Desinfektionseinrichtungen nicht geeignet. Wie im Kapitel III. 1. dieser Richtlinie ausgeführt, sind mit Desinfektionsmittel gefüllte Wannen zu bevorzugen. Zur Befüllung dieser Wannen sind insbesondere Natronlauge (2 %) oder organische Säuren (Ameisensäure 4 %, Essigsäure 5 %, Zitronensäure 3 %) geeignet, ansonsten auch Handelsdesinfektionsmittel nach Kapitel V 3.2. (unbehüllte Viren), unter Berücksichtigung der in Kapitel III. 2 genannten Einschränkungen. Natronlauge, Essigsäure und Zitronensäure bedürfen einer Ausnahmegenehmigung nach Art. 55 BiozidV.

3.2. Vorläufige Desinfektion

Die Reinigung und Desinfektion von Ställen und ihrer unmittelbaren Umgebung, Einrichtungsgegenständen und Gerätschaften sowie von Fahrzeugen, mit denen getötete oder verendete Tiere transportiert worden sind, kann von der zuständigen Behörde bereits bei Seuchenverdacht angeordnet werden (§ 3 Abs. 4 Nr. 1 MKSeuchV) und hat dann gemäß der Vorschriften im Anhang IV der o. g. Richtlinie 2003/85/EG zu erfolgen. Falls die Behörde nicht die Tötung und unschädliche Beseitigung aller Tiere empfänglicher

Arten angeordnet hat (§ 3 Abs. 1 MKSeuchV), muss die Reinigung und vorläufige Desinfektion im Verdachtsbetrieb in Anwesenheit der Tiere stattfinden. Dies ist bei der Auswahl der Desinfektionsmittel zu berücksichtigen.

Verdachtsbetriebe unterliegen auch bereits einer umfassenden Sperre, die u. a. das Verbringen von Milch und Dung aus dem Betrieb verbietet. Die zuständige Behörde kann Ausnahmen für die Verbringung von Rohmilch genehmigen, um diese einer virusinaktivierenden Behandlung (i. d. R. Erhitzung) zuzuführen. Ansonsten kann die Milch z. B. zusammen mit dem Flüssigmist einer Desinfektionsbehandlung wie im Kapitel 3.3.4. in diesem Kapitel beschrieben unterzogen werden.

Bei amtlicher Feststellung eines MKS-Ausbruchs in einem landwirtschaftlichen Betrieb werden alle Tiere empfänglicher Arten getötet und unschädlich beseitigt. Auch Milch, Futtermittel, Einstreu und Dung (u. a., siehe § 7 Abs. 1 MKSeuchV) müssen dann unschädlich beseitigt werden.

Bei der Tötung der Tiere müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um eine Verschleppung oder Verbreitung des MKS-Virus zu vermeiden. Dies schließt u. a. die Verwendung ständiger Desinfektionseinrichtungen und geeigneter Schutzkleidung, sowie die Dekontamination von Personen, Ausrüstungen und Fahrzeugen ein. Lüftungseinrichtungen in Ställen sind abzuschalten. Tierkörper müssen mit Desinfektionsmittel besprüht und in verschlossenen und auslaufsicheren Behältern oder Fahrzeugen abtransportiert werden.

Die vorläufige Desinfektion wird unmittelbar nach Abtransport der Tierkörper durchgeführt. Sie erfolgt wie in Kapitel III 2. dargestellt. Gemäß Anhang IV Nr. 2.1.5 der o. g. Richtlinie 2003/85/EG ist jedoch eine Einwirkzeit von 24 Stunden einzuhalten.

Geeignete Desinfektionsmittel: ^{6, 7}

- Ameisensäure: 4 %
- Essigsäure: 5 %
- Zitronensäure: 3 %
- Natronlauge: 2 %
- Handelsdesinfektionsmittel nach Kapitel V 3.2. (unbehüllte Viren), unter Berücksichtigung der Einschränkungen in Kapitel III. 2.

Essigsäure, Zitronensäure und Natronlauge bedürfen einer Ausnahmegenehmigung nach Art. 55 BiozidV.

3.3. Schlussdesinfektion

Auch die Feinreinigung und Schlussdesinfektion hat gemäß der Vorschriften in Anhang IV der o. g. Richtlinie 2003/85/EG zu erfolgen (§ 7 MKSeuchV Abs. 1 Nr. 3).

Gemäß MKSeuchV ist die Reinigung und Desinfektion von Ställen und ihrer unmittelbaren Umgebung, Einrichtungsgegenständen und Gerätschaften sowie von Fahrzeugen, mit denen getötete oder verendete Tiere transportiert worden sind, erforderlich. Darüber hinaus sollte sich die Reinigung und Desinfektion auf alle Bereiche erstrecken, die mit empfänglichen Tieren, ihren Produkten oder Ausscheidungen in Berührung gekommen sind bzw. bei denen nicht sicher ausgeschlossen werden kann, dass eine Verschleppung von MKS-Virus aus anderen Bereichen erfolgt ist.

3.3.1. Reinigung

Bei der Reinigung ist wie in Kapitel IV beschrieben vorzugehen.

Alle Gegenstände, Gerätschaften oder Stalleinrichtungen, wie z. B. Spaltenböden, die eine wirksame Reinigung und Desinfektion der Ställe behindern würden, müssen soweit wie möglich entfernt bzw. demontiert werden. Danach müssen alle Flächen gründlich mechanisch oder mit Wasser unter hohem Druck gereinigt werden.

Das zur Reinigung verwendete Wasser ist entsprechend den Anweisungen des amtlichen Tierarztes so zu sammeln und zu entsorgen, dass keinerlei Risiko einer Ausbreitung des MKS-Virus besteht.

Reinigungs- und Desinfektionsarbeiten sind im Betriebsregister bzw. Fahrtenbuch zu dokumentieren und vom Aufsicht führenden amtlichen Tierarzt zu bescheinigen.

3.3.2. Flächendesinfektion

Die Flächendesinfektion erfolgt wie im Kapitel V 3.1. dargestellt. Zusätzlich sind jedoch die Maßgaben in Anhang IV Nr. 2.2 der o.g. Richtlinie 2003/85/EG einzuhalten.

Alle Flächen sind mit einem fettlösenden Mittel von Fett- und Schmutzresten zu befreien und mit Wasser abzuspülen. Nach dem Abspülen und Abtrocknen ist das Desinfektionsmittel aufzubringen. Nach sieben Tagen Einwirkzeit sind die behandelten Flächen erneut zu entfetten, mit Wasser abzuspülen, mit Desinfektionsmittel einzusprühen und danach nochmals mit Wasser abzuspülen.

Geeignete Desinfektionsmittel:

- Peroxyessigsäure: 0,4 %
- Ameisensäure: 4 %
- Essigsäure: 5 %
- Zitronensäure: 3 %
- Natronlauge: 2 %
- Handelsdesinfektionsmittel nach Kapitel V 3.2. (unbehüllte Viren)

Essigsäure, Zitronensäure und Natronlauge bedürfen einer Ausnahmegenehmigung nach Art. 55 BiozidV.

Ausläufe, Weiden oder andere Freiflächen, die von erkrankten Tieren benutzt wurden, können mit dem MKS-Virus kontaminiert sein, eine chemische Dekontamination ist jedoch nicht sinnvoll. Gemäß § 29 Abs. 3 Nr. 3 MKSeuchV kann die Wiederbelegung eines Seuchenbetriebs frühestens 30 Tage nach Räumung des Betriebs und behördlicher Abnahme der Grobreinigung und Vordesinfektion erfolgen. Dieser Zeitraum ist in der Regel als ausreichend anzusehen, um eine mögliche Kontamination von Freiflächen auf ein unbedenkliches Maß zu reduzieren. Bei ungünstiger Witterung (z. B. Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, geschlossene Schneedecke) ist die Ruhezeit jedoch entsprechend zu verlängern⁸.

3.3.3. Desinfektion von Einstreu, Festmist und festen Gärresten

Um Einstreu, Festmist oder feste Gärreste von Biogasanlagen zu desinfizieren, kann eine Festmistpackung mit Zusatz von Branntkalk, wie im Kapitel V 4.5. beschrieben, angelegt werden. Die Maßgaben des Anhangs IV Nr. 3 der Richtlinie 2003/85/EG sind dabei einzuhalten.

Je m³ Mist werden 100 kg gekörnter Branntkalk eingemischt und der Mist zur Wärmebildung aufgestapelt. Es muss eine Temperatur von mindestens 70 °C im ganzen Stapel erreicht werden. Der Stapel wird von außen mit Desinfektionsmittel besprüht und abgedeckt für mindestens 42 Tage gelagert.

Eine bestehende Festmistpackung steht einer Aufhebung von Schutzmaßnahmen gemäß § 29 MKSeuchV nicht entgegen, sofern für alle anderen Schwarzbereiche die Anforderungen an die Reinigung und Desinfektion erfüllt sind.

3.3.4. Desinfektion von Flüssigmist Jauche, flüssige Gärreste, Milch⁹

Die o. g. Richtlinie 2003/85/EG schreibt eine Lagerung für mindestens 42 Tage nach dem letzten Zugang von infektiösem Material vor, länger bei stark verseuchter Gülle oder ungünstiger Witterung.

Im Sommerhalbjahr wird daher nach der letzten Güllezufuhr eine Lagerung für 3 Monate, im Winterhalbjahr für 6 Monate empfohlen. Danach kann der Flüssigmist wie im Kapitel V 4.6. beschrieben ausgebracht werden.

Die Langzeitlagerung steht einer Aufhebung von Schutzmaßnahmen gemäß § 29 MKSeuchV nicht entgegen, sofern für alle anderen Schwarzbereiche die Anforderungen an die Reinigung und Desinfektion erfüllt sind.

Die Lagerzeiten können verkürzt werden, wenn Desinfektionsmittel zugegeben wurde, um den pH-Wert im gesamten Material so zu verändern, dass MKS-Viren sicher abgetötet werden. Die Desinfektionsmittelzugabe sollte wie im Kapitel V 4.6. dargestellt erfolgen.

Mindesteinwirkungszeit des Desinfektionsmittels: mindestens 4, besser 7 Tage (ohne Zufuhr neuer Gülle!)

- Kalkmilch 40 %: 60 l/m³
- Natronlauge 50 %: 30 l/m³
- Peroxyessigsäure 15 %: 25 l/m³
- Schwefelsäure 5 %: 50 l/m³

Alternativ ist auch eine Verarbeitung der Gülle in einer Biogasanlage möglich. Um die für eine Inaktivierung des MKS-Virus erforderlichen Haltezeiten zu gewährleisten, muss die Behandlung im Batchverfahren erfolgen. Nach Beladung der Biogasanlage darf bis zum Abschluss der Behandlung kein neues Material mehr zugegeben werden. Bei einer Temperatur von über 50 °C im Fermenter wird das MKS-Virus rasch inaktiviert^{10, 11}. In der Praxis ist eine Haltezeit von 24 Stunden zu empfehlen. Auch unter mesophilen Bedingungen (bei mindestens 35 °C) kann eine Inaktivierung von MKS-Virus erreicht werden, dafür sind aber längere Haltezeiten (mindestens 7 Tage) erforderlich¹². Wenn möglich, sollte vor dem Einbringen in die Biogasanlage eine Hygienisierung erfolgen.

Können die beschriebenen Parameter nicht eingehalten werden, muss der Gärrest wie eingangs beschrieben für längere Zeit gelagert oder mit Desinfektionsmittel versetzt werden.

3.3.5. Desinfektion von Gegenständen, Geräten und Textilien

(siehe Kapitel V 4.4.^{13, 14})

- Peroxyessigsäure: 0,4 % - 30 min
- Ameisensäure: 4 % - 30 min
- Essigsäure: 5 % - 30 min
- Zitronensäure: 3 % - 30 min
- Natriumcarbonat: 4 % - 30 min
- Natronlauge: 2 % - 30 min
- Handelsdesinfektionsmittel nach Kapitel V 3.2. (unbehüllte Viren), doppelte Konzentration

Kontaminierte Kleidung für 30 Minuten in 0,2 % Zitronensäure einlegen, danach so heiß wie möglich waschen.

Essigsäure, Zitronensäure, Natriumcarbonat und Natronlauge bedürfen einer Ausnahmegenehmigung nach Art. 55 BiozidV.

3.3.6. Desinfektion von Tieren

Für Tiere nicht empfänglicher Arten in Seuchenbetrieben, außer Einhufern und Hunden, kann die zuständige Behörde die Tötung und unschädliche Beseitigung anordnen, sofern dies aus Gründen der Seuchenbekämpfung erforderlich ist (§ 7 Abs. 4 MKSeuchV). Für Einhufer und Hunde, sowie ggf. für andere Tiere nicht empfänglicher Arten, kann es erforderlich sein, diese so zu reinigen und zu desinfizieren, dass eine Verschleppung des MKS-Virus ausgeschlossen ist.

Dabei ist grundsätzlich wie im Kapitel V 4.12. beschrieben vorzugehen, allerdings kann aufgrund der pH-Empfindlichkeit des MKS-Virus eine niedrigere Konzentration an Zitronensäure verwendet werden (0,2 %) (OIE Technical Disease Card „Foot-and-Mouth Disease“), die für die Tiere besser verträglich ist. Die Einwirkzeit der Zitronensäurelösung muss mindestens 5 Minuten betragen und im Anschluss sollte mit reichlich warmem Wasser abgespült werden.

Die Quarantänezeit, bevor gereinigte und desinfizierte Tiere wieder mit für MKS empfänglichen Tieren in Kontakt kommen dürfen, beträgt mindestens 72 Stunden in Anlehnung an die entsprechende Quarantänezeit für Menschen, z.B. festgelegt in den *Minimum Biorisk Management Standards for Laboratories Working with Foot-and-Mouth Disease Virus* der FAO.

4. Literatur

1. Bachrach H.L., Breese S.S., Jr., Callis J.J., Hess W.R., Patty R.E.: **Inactivation of foot-and-mouth disease virus by pH and temperature changes and by formaldehyde.** *Proc Soc Exp Biol Med* 1957, **95**(1):147-152.
2. Kamolsiripichaiporn S., Subharat S., Udon R., Thongtha P., Nuanualsuwan S.: **Thermal inactivation of foot-and-mouth disease viruses in suspension.** *Appl Environ Microbiol* 2007, **73**(22):7177-7184.
3. **OIE Terrestrial Animal Health Code**
[\[http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_fmd.htm\]](http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_fmd.htm) letzter Zugriff am
4. **Manual on Procedures for Disease Eradication by Stamping Out**
[\[http://www.fao.org/3/Y0660E/Y0660E00.htm\]](http://www.fao.org/3/Y0660E/Y0660E00.htm) letzter Zugriff am
5. Harada Y., Lekcharoensuk P., Furuta T., Taniguchi T.: **Inactivation of Foot-and-Mouth Disease Virus by Commercially Available Disinfectants and Cleaners.** *Biocontrol Sci* 2015, **20**(3):205-208.
6. Iowa State University, (CFSPH) C. f. F. S. a. P. H.: **"EPA and USDA Approved Disinfectants for Foot-and-Mouth Disease Virus"**. Prevention Practices for FMD, FMD Response Package. 2006
7. Iowa State University, (CFSPH) C. f. F. S. a. P. H.: **"Approved Disinfectants for FMD Virus"**. 2017
8. Bartley L.M., Donnelly C.A., Anderson R.M.: **Review of foot-and-mouth disease virus survival in animal excretions and on fomites.** *Vet Rec* 2002, **151**(22):667-669.
9. Haas B., Ahl R., Böhm R., Strauch D.: **Inactivation of viruses in liquid manure.** *Rev Sci Tech* 1995, **14**(2):435-445.
10. Botner A., Belsham G.J.: **Virus survival in slurry: analysis of the stability of foot-and-mouth disease, classical swine fever, bovine viral diarrhoea and swine influenza viruses.** *Vet Microbiol* 2012, **157**(1-2):41-49.
11. Moss A.: **Tenazität viraler Tierseuchenerreger in biogenen Abfällen in Biogasanlagen bei der Kofermentation mit Gülle.** Justus-Liebig-Universität Gießen 2001
12. Hunnam J., Duff K., Wingett M., Brayley E., Williamson G.: **Effect of carcass decomposition on the inactivation of foot-and-mouth disease virus under northern Australian conditions.** *Aust Vet J* 2018, **96**(9):332-340.
13. Krug P.W., Lee L.J., Eslami A.C., Larson C.R., Rodriguez L.: **Chemical disinfection of high-consequence transboundary animal disease viruses on nonporous surfaces.** *Biologicals* 2011, **39**(4):231-235.
14. Krug P.W., Larson C.R., Eslami A.C., Rodriguez L.L.: **Disinfection of foot-and-mouth disease and African swine fever viruses with citric acid and sodium hypochlorite on birch wood carriers.** *Vet Microbiol* 2012, **156**(1-2):96-101.

Autor:

- **Dr. Michael Eschbaumer**
 Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Virusdiagnostik, Greifswald - Insel Riems