

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Aviäre Influenza</b>	<b>2</b>
2.1.1	Bedeutung der aviären Influenza	2
2.1.2	Erreger der aviären Influenza	2
2.1.3	Symptomatik der AI-Viren-Infektion bei Hühnern und Puten im Herdenverband	3
2.1.4	Inkubationszeit der HPAI bei Hühnervögeln	3
2.1.5	HPAI-Virus-bedingte Mortalität bei Hühnern und Puten	4
2.1.6	Natürliches Reservoir und Übertragungswege der AI-Viren	5
<b>2.2</b>	<b>Eintragswege von AI-Viren in einen Nutzgeflügelbestand</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Biosicherheit in Geflügelbetrieben</b>	<b>6</b>
2.3.1	Definition des Begriffs Biosicherheit	6
2.3.2	Risikofaktoren für den Eintrag der aviären Influenza in geflügelhaltende Betriebe	7
<b>2.4</b>	<b>Windvermittelte Übertragung von Keimen zwischen Tierhaltungen</b>	<b>9</b>
2.4.1	Bioaerosole und Staub als Übertragungsmedien	10
2.4.2	Faktoren, die die Tenazität von Mikroorganismen in der Luft beeinflussen	10
2.4.3	Faktoren, die die Menge von luftgetragenen Partikeln beeinflussen	11
2.4.4	Wahrscheinlichkeit einer windvermittelten Übertragung von AI-Viren	12
<b>2.5</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen</b>	<b>13</b>
<b>2.6</b>	<b>Ausgewählte amtliche Maßnahmen zur Tierseuchenbekämpfung</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Erhebung der grundlegenden betriebsbezogenen Daten</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Teilstudie 1: Retrospektive Analyse der Biosicherheit in Putenbetrieben</b>	<b>17</b>
3.2.1	Checklisten zur Biosicherheit in geflügelhaltenden Betrieben	17
3.2.1.1	Aufbereitung der Checklisteninhalte	18
3.2.1.2	Angewandte Methoden zur deskriptiven Auswertung	19
3.2.1.3	Angewandte Methoden zur statistischen Auswertung	19

<b>3.3</b>	<b>Teilstudie 2: Retrospektive Analyse der Wahrscheinlichkeit einer windvermittelten Übertragung von hochpathogenen aviären Influenzaviren zwischen betroffenen Putenbetrieben</b>	<b>21</b>
3.3.1	Grundlegende Definitionen	21
3.3.1.1	Definition „Vektor“	21
3.3.1.2	Definition „Vektordistanz“	21
3.3.1.3	Definition „Bebauung“	21
3.3.1.4	Definition „Bewaldung“	22
3.3.1.5	Definition „Risikotag“, „Risikostunde“, „Risikozeitraum 1 und 2“	22
3.3.2	Bebauung und Bewaldung in der Windschneise der Vektoren	22
3.3.3	Belegung der Betriebe im Epidemie-Zeitraum	23
3.3.4	Mortalität der H5Nx-positiven Putenherden	23
3.3.4.1	Verfügbarkeit und Aufarbeitung der Stallkarten	23
3.3.4.2	Berechnung der täglichen Herdenmortalitätsrate	23
3.3.5	Annahme einer Virus-Emission im A-Betrieb der Vektoren	24
3.3.6	Molekularbiologische Daten der HPAI-Virus-Isolate	24
3.3.7	Daten zu den Windbedingungen im Epidemie-Zeitraum	24
3.3.7.1	Aufbereitung der Winddaten: Windrichtung	26
3.3.7.2	Definition „Vektorpeilung“ und Berechnungsschritte	26
3.3.7.3	Aufbereitung der Winddaten: Windstärke	27
3.3.8	Selektionsprozess	28
3.3.8.1	Ausgangssituation und Definition „Startpool“	28
3.3.8.2	Selektionsstufen 1-2	28
3.3.8.3	Selektionsstufe 3 und Szenarien-Zuordnung	29
3.3.8.4	Selektionsstufen 4-7	29
3.3.8.5	Selektionsstufen 8-9	29
3.3.8.6	Definition „Eintragszeitraum“	30
3.3.8.7	Selektionsstufen 10-11	30
3.3.8.8	Sensitivitätsanalysen hinsichtlich der Windstärkeselektion	31
3.3.8.9	Bewertung der Wahrscheinlichkeit einer windvermittelten HPAI-Virus-Übertragung	32
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Gewerbliche Putenhaltung im Studiengebiet</b>	<b>34</b>
4.1.1	Gewerbliche Putenhaltung im Landkreis Cloppenburg	34

<b>4.1.2</b>	Gewerbliche Putenhaltung im Landkreis Oldenburg	34
<b>4.2</b>	<b>HPAI-Epidemie 2016/2017 im Studiengebiet</b>	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Teilstudie 1: Retrospektive Analyse der Biosicherheit in Putenbetrieben</b>	<b>37</b>
4.3.1	Checklisten zur Biosicherheit in geflügelhaltenden Betrieben	37
4.3.1.1	Überprüfungszeitpunkt der Putenbetriebe anhand der Checkliste	37
4.3.1.2	Überprüfungszeitpunkt der Putenbetriebe mit H5Nx-Nachweis	38
4.3.1.3	Deskriptive Analyse der Variablen im Hinblick auf Biosicherheitsdefizite	39
4.3.1.4	Statistische Analyse der Variablen	44
4.3.1.4.1	Univariable Analyse	44
4.3.1.4.1.1	Datensatz der Betriebe im Landkreis Cloppenburg	44
4.3.1.4.1.2	Datensatz der putenhaltenden Betriebe im Landkreis Oldenburg	49
4.3.1.4.2	Korrelations- und Kollinearitätstests	53
4.3.1.4.2.1	Datensatz der Betriebe im Landkreis Cloppenburg	53
4.3.1.4.2.2	Datensatz der Betriebe im Landkreis Oldenburg	53
4.3.1.4.3	Multivariable Analyse mittels logistischer Regression	54
4.3.1.4.4	Modellselektion	56
<b>4.4</b>	<b>Teilstudie 2: Retrospektive Analyse der Wahrscheinlichkeit einer windvermittelten Übertragung von hochpathogenen aviären Influenzaviren zwischen betroffenen Putenbetrieben</b>	<b>60</b>
4.4.1	Selektionsstufe 1: HPAI-Status des A-Betriebes	60
4.4.2	Selektionsstufe 2: Zwischenbetriebliche Distanzen	60
4.4.3	Selektionsstufe 3: Mortalität der H5Nx-positiven Putenherden	61
4.4.4	Selektionsstufe 4: HPAI-Status des B-Betriebes	63
4.4.5	Selektionsstufe 5: Molekularbiologische Daten der Virus-Isolate	63
4.4.6	Selektionsstufe 6: Bebauung	64
4.4.7	Selektionsstufe 7: Bewaldung	64
4.4.8	Selektionsstufe 8: Belegung der Putenbetriebe	64
4.4.9	Selektionsstufe 9: Überlagerung von Eintragszeitraum und potentiellem Risikotag	65
4.4.10	Selektionsstufe 10: Windrichtung	65
4.4.10.1	Distanzen zwischen Wetterstationen und Ausbruchsbetrieben	65
4.4.10.2	Windrichtung im Epidemie-Zeitraum	65
4.4.10.3	Windrichtung innerhalb der Risikozeiträume	66
4.4.11	Selektionsstufe 11: Windstärke	66

4.4.11.1	Windstärken im Epidemie-Zeitraum	66
4.4.12	Ergebnisse des Selektionsprozesses: Selektionsstufen 1-10	68
4.4.13	Ergebnisse des Selektionsprozesses: Selektionsstufe 11	69
4.4.14	Vektoren mit wahrscheinlicher und bedingt wahrscheinlicher windvermittelter HPAI-Virus-Übertragung	74
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>79</b>
<b>5.1</b>	<b>Teilstudie 1: Retrospektive Analyse der Biosicherheit in Putenbetrieben</b>	<b>89</b>
5.1.1	Checklisten zur Biosicherheit in geflügelhaltenden Betrieben	80
5.1.1.1	Mögliche Einflüsse auf die Güte der Checklisten-Daten	80
5.1.1.1.1	Verfügbarkeit der Checklisten	80
5.1.1.1.2	Erhebungszeitpunkt der Checklisten	80
5.1.1.2	Anzahl an interviewenden Personen	80
5.1.1.3	Deskriptive Analyse der Biosicherheitsdaten	80
5.1.1.4	Statistische Analyse der Checklisten-Variablen	81
5.1.1.4.1	Variablen der univariablen Analyse	81
5.1.1.4.1.1	Anzahl der Tierstallungen und Tierplätze	81
5.1.1.4.1.2	Haltungsnutzen (Aufzucht und Mast)	82
5.1.1.4.1.3	Rein-Raus-System je Stalleinheit	83
5.1.1.4.1.4	Haltung weiterer Tierarten auf dem Betriebsgelände	83
5.1.1.4.1.5	Aktuelle Belegung des Betriebes	84
5.1.1.4.1.6	Bedeutung der Hygieneschleuse	84
5.1.1.4.1.7	Vorhandensein eines Umkleideraumes in jedem Stall	85
5.1.1.4.1.8	Entsorgung oder Aufbereitung genutzter Schutzkleidung	85
5.1.1.4.1.9	Lagerort der Einstreumaterialien	86
5.1.1.4.1.10	Vermeidung der Kontamination von Gegenständen mit Kontakt zum Puttenbestand durch AI-Virus-infizierte Wildvögel	86
5.1.1.4.1.11	Überbetriebliche Nutzung von Fahrzeugen, Maschinen oder Gerätschaften ohne erfolgende Reinigung und Desinfektion vor bzw. nach der Nutzung	87
5.1.1.4.1.12	Vorhandensein einer Auffanggrube für Waschwasser	87
5.1.1.4.1.13	Ordnungsgemäße Durchführung der Schadnagerbekämpfung	87
5.1.1.4.1.14	Sicherstellung und ausführende Personen der Schadnagerbekämpfung	88
5.1.1.4.1.15	Vorhandensein separater Sammelbehälter für jede Stalleinheit	88
5.1.1.4.1.16	Stallferne Aufstellung des Kadavercontainers zur Abholung	88

5.1.1.4.1.17	Früherkennung eines Ausbruchs anhand syndromaler Erkennungsmerkmale	89
5.1.1.4.2	Finale Modelle der multivariablen Analyse	90
<b>5.2</b>	<b>Teilstudie 2: Retrospektive Analyse der Wahrscheinlichkeit einer windvermittelten Übertragung von hochpathogenen aviären Influenzaviren zwischen betroffenen Putenbetrieben</b>	<b>91</b>
5.2.1	Selektionsstufe 1: HPAI-Status des A-Betriebes	91
5.2.2	Selektionsstufe 2: Eingrenzung der maximalen Distanz zwischen den Betrieben eines Vektors	91
5.2.3	Selektionsstufe 3: Ableitung der Wahrscheinlichkeit einer HPAI-Virus-Emission anhand der Mortalität der H5Nx-positiven Putenherden	93
5.2.4	Selektionsstufe 4: HPAI-Status des B-Betriebes	94
5.2.5	Selektionsstufe 5: Molekularbiologischer Datenabgleich	95
5.2.6	Selektionsstufe 6: Bebauung in den Windschneisen	95
5.2.7	Selektionsstufe 7: Bewaldung in den Windschneisen	96
5.2.8	Selektionsstufe 8: Belegung der Betriebe im Epidemie-Zeitraum	96
5.2.9	Selektionsstufe 9: Einfluss der Eingrenzung von Eintrags- und Risikozeiträumen	97
5.2.10	Selektionsstufe 10: Einteilung der Windrichtungen nach achtteiliger Windrose	98
5.2.10.1	Auswahl der winddatengebenden Wetterstationen	98
5.2.10.2	Gradbereiche der Windrichtung nach achtteiliger Windrose	98
5.2.10.3	Soll-Windrichtung (Vektorpeilung) vs. Ist-Windrichtung	98
5.2.11	Selektionsstufe 11 und Sensitivitätsanalyse: Einfluss der Windstärkeselektion	99
<b>5.3</b>	<b>Wahrscheinlichkeit der windvermittelten HPAI-Virus-Übertragung</b>	<b>99</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>104</b>
<b>7</b>	<b>Summary</b>	<b>106</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>108</b>
<b>9</b>	<b>Verzeichnis der Rechtsvorschriften</b>	<b>126</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>127</b>
<b>10.1</b>	<b>Teilstudie 1: Retrospektive Analyse der Biosicherheit in Putenbetrieben</b>	<b>127</b>
10.1.1	Inhalt der Checklisten zur Biosicherheit in geflügelhaltenden Betrieben	127
10.1.2	Deskriptive Analyse der Checklisten	138
10.1.3	Modelle	141
10.1.4	Statistische Analyse der Checklisteninhalte (R-Skript)	152

<b>10.2</b>	<b>Teilstudie 2: Retrospektive Analyse der Wahrscheinlichkeit einer windvermittelten Übertragung von hochpathogenen aviären Influenzaviren zwischen betroffenen Putenbetrieben</b>	<b>161</b>
10.2.1	Berechnung der Distanz zwischen zwei Koordinaten (R-Skript)	161
10.2.2	Belegungsreduzierung der B-Betriebe im 3,0 km-Radius der vektorzugehörigen A-Betriebe	162
10.2.3	Molekularbiologische Daten der Virusisolat	163
<b>11</b>	<b>Publikationsverzeichnis</b>	<b>164</b>
<b>12</b>	<b>Danksagung</b>	<b>165</b>
<b>13</b>	<b>Finanzierungsquellen</b>	<b>166</b>
<b>14</b>	<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	<b>167</b>