

# **Strategien zur Evakuierung von Milchvieh bei Stallbränden**

von Florian Eckehard Diel

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen  
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Strategien zur Evakuierung von Milchvieh bei Stallbränden**

von Florian Eckehard Diel

aus Kassel

München 2023



Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Priv.-Doz. Dr. Elke Rauch

Angefertigt an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf  
Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme

Mentor: Prof. Dr. Dr. Eva Zeiler



Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Elke Rauch

Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Tag der Promotion: 11. Februar 2023



Meinen Eltern







# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VORABVERÖFFENTLICHUNGEN.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Gesetzliche Vorgaben zu Brandschutz in Tierhaltungen .....</b>	<b>5</b>
3.1.1	Tierschutzgesetz.....	5
3.1.2	Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung.....	5
3.1.3	Bauordnungen .....	6
3.1.4	Technische Baubestimmungen, Industriebaurichtlinie .....	9
3.1.5	Gesetzgebungen zur Gefahrenverhütungsschau.....	9
<b>3.2</b>	<b>Vorbeugender Brandschutz in Tierhaltungsanlagen.....</b>	<b>11</b>
3.2.1	Baulicher Brandschutz.....	11
3.2.2	Organisatorischer Brandschutz .....	12
3.2.3	Anlagentechnischer Brandschutz .....	12
<b>3.3</b>	<b>Anzahl, Auswirkungen und Ursachen von Bränden in Tierhaltungen ...</b>	<b>14</b>
3.3.1	Amtliche Erhebungen in Deutschland .....	15
3.3.2	Feuerwehrstatistik.....	17
3.3.3	Versicherungen.....	17
3.3.4	Lage in anderen Ländern.....	19
<b>3.4</b>	<b>Ethologische und Sinnesphysiologische Prämissen .....</b>	<b>20</b>
3.4.1	Sinnesphysiologie.....	20
3.4.2	Dominanz und Leadership.....	21

3.4.3	Stress.....	22
<b>3.5</b>	<b>Evakuierungsstrategien von Nutztieren.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>ERWEITERTE METHODEN.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Der Versuchsbetrieb.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Versuchsaufbau.....</b>	<b>30</b>
4.2.1	Versuchsgruppen.....	30
4.2.2	Tiere.....	33
4.2.3	Austriebsgestaltung.....	35
4.2.4	Ablauf der Evakuierung.....	36
4.2.5	Kotprobennahme.....	37
4.2.6	Tier Erfassung beim Austrieb.....	38
<b>4.3</b>	<b>Vorversuch.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>Online-Umfrage.....</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>Statistik.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE.....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>ERWEITERTE ERGEBNISSE.....</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>FCM-Vergleich zwischen Vorversuch und Versuch.....</b>	<b>59</b>
<b>6.2</b>	<b>Austriebsreihenfolge im Vorversuch.....</b>	<b>61</b>
<b>6.3</b>	<b>Ergebnisse der Umfrage.....</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>ERWEITERTE DISKUSSION.....</b>	<b>67</b>
<b>7.1</b>	<b>Datenlage.....</b>	<b>67</b>
<b>7.2</b>	<b>Methodik.....</b>	<b>67</b>
<b>7.3</b>	<b>Evakuationsversuch, Austriebsreihenfolge und Umfrage.....</b>	<b>68</b>

<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>75</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>89</b>
<b>11.1</b>	<b>Brandursachen.....</b>	<b>89</b>
<b>11.2</b>	<b>Scoresheet.....</b>	<b>90</b>
<b>11.3</b>	<b>Evakuierungsvoraussetzungen einer Tierhaltung .....</b>	<b>91</b>
<b>12</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>93</b>



# Abkürzungsverzeichnis

AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
ALB	Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen
AMK	Agrarministerkonferenz
AWI	Animal Welfare Institute
BGN	Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BV	Braunvieh
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
Bvfa	Bundesverband technischer Brandschutz e.V.
BVS	Brandverhütungsstelle (Österreich)
CFPA-Europe	Confederation of Fire Protection Associations Europe
CTIF	Comité Technique International de prévention et d'extinction du Feu (Internationales Technisches Komitee für vorbeugenden Brandschutz und Feuerlöschwesen)
DIN	Deutsche Institut für Normung e.V.
F30	Feuerbeständig
F60	Hochfeuerhemmend
F90	Feuerhemmend
FCM	Faecale Cortisol-Metaboliten
FIBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
FL	Fleckvieh
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GK	Glukokortikoide
HABIT	Versuchsgruppe mit vorheriger Gewöhnung
HHN-Achse	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse
HSI	Humane Society International
IFS	Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung
IM NRW	Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen
IndBauRL	Industriebaurichtlinie

LfL	Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft
LFV	Landesfeuerwehrverband
MBO	Musterbauordnung
MHKBD NRW	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen
ML Nds.	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
NFPA	National Fire Protection Association
NonH	Versuchsgruppe ohne vorheriger Gewöhnung
NonH-R	Versuchsgruppe ohne vorheriger Gewöhnung und mit Treibgang
ÖAG	Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft
OIE	World Organisation for Animal Health
ÖKL	Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung
OMAFRA	Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs
PKS	Polizeiliche Kriminalstatistik
PNS	parasympathischen Nervensystems
PV-Anlagen	Photovoltaikanlagen
REGROBRA	Verbundprojekt „Rettung von Großvieh bei Brandereignissen landwirtschaftlicher Gebäude in Holzbauweise“
RBT	Holstein-Rotbunt
SNS	sympathischen Nervensystems
STS	Schweizer Tierschutz
SVLFG	Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
TierSchG	Tierschutzgesetz
TierSchNutzV	Tierschutznutztierhaltungsverordnung
VdF NRW	Verband der Feuerwehren in Nordrhein-Westfalen e.V.
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes
WE-Meldung	Meldung und Erfassung "Wichtiges Ereignis" durch Polizei/Behörden
XFM	Kreuzungen mit Fleischrindern

Darüber hinaus verwendete Abkürzungen sind im Text erklärt.



# Abbildungsverzeichnis

## Abbildungen aus den Kapiteln 3, 4, 6, 7 und 11

Abbildung 1: Darstellung der verschiedenen verfügbaren Daten zu Stallbränden, modifiziert nach Festag und Döbbling (2020).....	15
Abbildung 2: Vergleich der Brandursachen in der Landwirtschaft mit der Gesamtstatistik. Statistik des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung (IFS), modifiziert nach Marten (2012)..	18
Abbildung 3: Bereiche des zwei- und des dreidimensionalen Sehens von Kühen, modifiziert nach FiBL (2018). .....	21
Abbildung 4: Milchviehstall mit angrenzender Weide des Staatsguts Achselschwang (eigene Aufnahme). Links vom randständigen Futtertisch (#) befindet sich die laktierende Herde und links vom zentralen Futtertisch (*) befinden sich die Trockensteher.....	30
Abbildung 5: Ausschnitt des Stallplans (modifiziert); Darstellung der der Weide zugewandten Stirnseite des Milchviehstalls in Achselschwang mit den Austriebspositionen der Versuchsgruppen Gewöhnung (HABIT), Ohne Gewöhnung mit Treibgang (NonH-R) und Ohne Gewöhnung (NonH). .....	31
Abbildung 6: Bauzäune mit Sichtschutz (links im Bild) zwischen HABIT und NonH-R (eigene Aufnahme). Da die Schwunggatter nur nach innen aufschlugen, wurden sie für die Evakuierung durch Spanngurte ersetzt.....	32
Abbildung 7: Treibgang für die Versuchsgruppe NonH-R, Ohne Gewöhnung mit Treibgang (eigene Aufnahme).....	33
Abbildung 8: Gülleabwurfabdeckungen (eigene Aufnahme).....	35
Abbildung 9: Weidezaun mit Flutterband (eigene Aufnahme).....	36
Abbildung 10: Boxplot-Grafiken (Linie in der Box: Median; Kreuz: Mittelwert; Box: Erstes und Drittes Quartil; Antennen: 5- und 95-Quantil; Kreis: Ausreißer-Wert) der FCM-Werte derselben neun Kühe nach den ersten drei Austrieben im Mai sowie den ersten drei Austrieben im September, mit einem Ausreißer-Wert von 163,4 ng/g am zweiten September-Austrieb. ....	59
Abbildung 11: Boxplot-Grafiken nach den ersten drei Austrieben im September und nach der Evakuierung; Vergleich der 9 Kühe, welche bereits im Mai ausgetrieben worden sind (M+S), zu den 14 restlichen Kühen der Versuchsgruppe (S). .....	60
Abbildung 12: Austriebsreihenfolge der Kühe im Vorversuch an den fünf erfassten Austrieben am ersten, zweiten, dritten, sechsten und achten Tag der Austriebsgewöhnung im Mai.....	61

Abbildung 13: Umfrage-Teilnehmer (n=950) nach Personengruppen - Mitglied einer Feuerwehr (FFW), Landwirt (LW) oder Tierarzt (TA). Mehrfachantworten möglich.....	62
Abbildung 14: Vorhandene Brandschutz-Anlagen auf den Betrieben.....	63
Abbildung 15: Anteil der Umfrage Teilnehmenden, die die jeweils vorgeschlagenen Schwierigkeiten bei der Rettung von Rindern mit "Zutreffend" und „Eher zutreffend“ bewerteten.....	63
Abbildung 16: Bewertung der Aggressivität von Rindern gegenüber den Rettungskräften durch Landwirte (LW) und Feuerwehrmitglieder ohne landwirtschaftlichen Hintergrund (FFW). (1=trifft zu; 2=trifft eher zu; 3=trifft eher nicht zu; 4=trifft nicht zu).....	64
Abbildung 17: Angaben der Feuerwehrmitglieder über den Bedarf an Lehrgängen.....	65
Abbildung 18: Anteil evakuierter Rinder nach Auslaufmöglichkeiten. Signifikanter ( $p=0,038$ ) Unterschied zwischen „Weide“ und „kein Auslauf“. Keine Signifikanz zwischen „Laufhof“ und „kein Auslauf“. .....	66
Abbildung 19: Anteil evakuierter Rinder nach Anzahl betroffener Rinder. Kein signifikanter Unterschied zwischen 1-19 Tieren und >19 Tieren. Kein signifikanter Unterschied zwischen >100 Tieren und <100 Tieren. ....	66
Abbildung 20: Scoresheet Abbruchkriterien Austrieb und Kotproben.....	90

## Abbildungen aus der Publikation

Figure 1. Race for NonH-R, covered with opaque weatherproofing tarpaulin. In the background, the exit of NonH is visible (*). The exit of HABIT would be to the left.....	46
Figure 2. Boxplot graphs (...) of time passed, depicted in seconds, between first cow and each following cow leaving the barn per group.....	48
Figure 3. Cows of HABIT leaving the barn with fire engine next to the route to pasture. ....	49
Figure 4. Cows of NonH (r.) leaving the barn with a brown suisse (*) turning around on the right side. Cows of HABIT leaving the barn in a bulk in the far left (#). Race of NonH-R in the middle with no cow leaving the barn yet (+).....	49
Figure 5. Boxplot graphs of baseline FCM concentrations (ng/g) per group. ....	49
Figure 6. Boxplot graphs of individual differences in FCM concentrations (%) between baseline samples and samples on day one (H1), day two (H2) with one outlier of 1345% not depicted, day three (H3) and day six (H6) of habituating HABIT to pasture. ....	50
Figure 7. Boxplot graphs of individual differences in FCM concentrations (%) between baseline samples and samples after evacuation per group.....	51



# Tabellenverzeichnis

## Tabellen aus den Kapiteln 2, 3, 4, und 6

Tabelle 1: Gehaltene Vorträge des Autors .....	3
Tabelle 2: Vorabveröffentlichungen.....	3
Tabelle 3: Anforderungen der Musterbauordnung (MBO, 2020) an Gebäudeteile der Gebäudeklasse 1; F30 = Feuerhemmend, F60 = Hochfeuerhemmend .....	8
Tabelle 4: Gesetzgebungen zur Gefahrenverhütungsschau in landwirtschaftlichen Betrieben nach Bundesländern. In den Verordnungen weiterer Bundesländer sind landwirtschaftliche Betriebe nicht explizit genannt.....	10
Tabelle 5: Empfehlungen zur Breite von Rettungsöffnungen für Rinder.....	12
Tabelle 6: Datenerfassung zu Stallbränden mit Tierbeteiligung in Folge von Anfragen der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen an verschiedene Landtagen. *Erfassung von Tierschäden durch technische Defekte im Stall und während des Transports, inklusive Verkehrsunfälle: Nur Zwei Ereignisse die mit einem Brand assoziiert waren. **basierend auf der Landwirtschaftszählung 2020 .....	16
Tabelle 7: Ausschlusskriterien Austrieb .....	34
Tabelle 8: Eigenschaften der Tiere in den Versuchsgruppen. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung .....	34
Tabelle 9: Abbruchkriterien Kotprobenentnahme.....	37
Tabelle 10: Eigenschaften der neun Tiere, die sowohl im Mai als auch im September ausgetrieben wurden, im Vergleich zu den jeweils restlichen Tieren in den Austriebsgruppen (Mai: 22 weitere Kühe, September: 14 weitere Kühe). Angabe von Mittelwert und Standardabweichung. ....	39
Tabelle 11: Brandursachen nach Definition des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung (IFS, persönliche Kommunikation, 06.12.2021).....	89
Tabelle 12: Hinweise zur Bewertung der Evakuierungsmöglichkeiten einer Tierhaltung .....	91

## **Tabellen aus der Publikation**

Table 1. Time needed (mm:ss) for the first and last cow per group to leave the barn and to arrive on the corralled pasture. ....	48
Table 2. Differences between the mean daily milk yield during the 14 days prior to evacuation and the mean daily milk yield (kg/d) during the three days past evacuation per group.....	51

## **Gender-Disclaimer**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.





# 1 Einleitung

Brände sind auch in Milchviehställen ein betriebliches Risiko, welches sich nie gänzlich ausschließen lässt. Mit zunehmendem Grad der Technisierung, der Automatisierung und Datenerfassung in Milchviehbetrieben, steigt die Anzahl elektrischer Anlagen in den Ställen. Gleichzeitig sind diese Hauptbrandursache in landwirtschaftlichen Betrieben, vor Brandstiftungen oder auch Blitzeinschlägen (Martens 2012). Auf Grund einer schlechten Datenlage lässt sich aber nicht genau beschreiben, wie oft Ställe brennen und wie viele Tiere dabei zu Schaden kommen. Ruppert (1985) und Pagel (1986) sammelten Erfahrungsberichte von durch Bränden betroffenen Landwirten und beschrieben das Ausmaß der Herausforderung einer erfolgreichen Stallräumung. Das Prinzip der Selbstrettung ist auf Kühe nicht ohne Weiteres übertragbar. Sie fliehen auch bei geöffneten Stalltüren in der Regel nicht selbstständig, sondern weichen vor aufgeregten Helfern, Einsatzkräften, Fahrzeugen, Sirenen und Warnlichtern zurück und suchen mitunter Schutz in dem als „sicher“ kennengelernten Stall. Angesichts begleitender Faktoren, wie der oftmals fehlenden Übung von Feuerwehreinsetzungskräften beim Handling von Nutztieren (Achter 2022), schneller Brandverläufe in Stallungen oder einem hohen Tierbesatz, wird deutlich, dass die Tierrettung im Brandfall nicht trivial ist. Das Entstehen von Bränden ist möglichst zu verhindern. Doch dürfen sich die Bemühungen um den Brandschutz in Tierhaltungen nicht nur auf die Brandverhütung beschränken.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher die Erarbeitung neugedachter Rettungskonzepte für Rinder. Milchviehställe sind, wenn keine Auslaufmöglichkeit besteht, ohne einen Bedarf für große Öffnungen zur Tierhaltung konzipiert. Die Tiere sollen die Haltung im Normalbetrieb nicht verlassen können und es werden nur Einzeltiere für eine Behandlung oder zur Schlachtung aus dem Stall verbracht. Die bestehenden Öffnungen sind demnach meist nicht auf einen Herdenaustrieb ausgelegt. Hinführend zu der vorliegenden Arbeit bestand die Fragestellung, wie Rettungswege an die sinnesphysiologischen und ethologischen Bedürfnisse der Rinder angepasst werden können, um im Notfall die Evakuierung zu erleichtern. Dabei müssen die Anpassungen in der Praxis umsetzbar und ihre Prinzipien verständlich sein, um im Ernstfall schnell und sachgerecht von Rettungskräften und Landwirten anwendbar zu sein. Zudem sollte untersucht werden, ob eine vorhergehende Gewöhnung der Rinder an den Austrieb, am Tag und in Ruhe, einen Effekt auf eine nächtliche Evakuierung hat.

Der vorliegende Pilotversuch einer Evakuierung von Milchkühen aus einer Laufstallhaltung entstand im Rahmen des Verbundprojekts „Rettung von Großvieh bei Brandereignissen landwirtschaftlicher Gebäude in Holzbauweise“ (REGROBRA) unter Projekträgerschaft der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) mit Fördermitteln des Bundesministeriums für

Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Die Ergebnisse können für bestehende Ställe und Neubauten genutzt werden und sollen Anregung, sowie Grundlage für weitere Projekte zu Rettungskonzepten von Nutztieren im Brandfall sein.

## 2 Vorabveröffentlichungen

Tabelle 1: Gehaltene Vorträge des Autors

Vortrags-Rahmen	Titel	Datum
Arbeitskreis Nutztiere Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz (TVT)	REGROBRA – Eine Übersicht	09.05.2021
Fokus Netzwerk Tierwohl Schwein	Es brennt im Schweinestall – wie reagiere ich richtig?	20.07.2021
Staatliche Führungsakademie (FueAK)	Tierverhalten im Brandfall und Konsequenzen für den Stallbau	19.10.2021
Fokus Netzwerk Tierwohl Rind	Es brennt im Rinderstall – wie reagiere ich richtig?	20.10.2021
BauForum Arbeitsgemeinschaft für Landtechnik und Bauwesen (ALB)	Tierverhalten im Brandfall und Strategien zur Evakuierung	11.11.2021
Expertenrunde „Perspektiven Werkstatt“, organisiert von Präventionsingenieure e.V., im Rahmen des Verbundprojekts REGROBRA	Tierverhalten im Brandfall und Strategien zur Evakuierung	16.11.2021

Tabelle 2: Vorabveröffentlichungen

Veröffentlichung	Beschreibung
Dahlke, J. (2022): Wenn`s Brenzlig wird. agrarheute 1/2022, S. 14-15	Interview; Diel, F.
Diel F, Zeiler E, Weindl P, Versen F, Hirschmüller S, Walser G, Giertlova Z, Hammerl G, Rauch E (2022): Der Stall brennt, die Kühe müssen raus. Bauernzeitung 9/2022: 46–47	Artikel
Feuerborn, B.; Pahlke, M. (2022): Vorbeugen ist besser als Löschen. agrarheute 9/2022, S. 22-25	Interview; Diel, F.
BR 24 (2021): Warum es in bayerischen Ställen so häufig brennt. BR 24 13.08.21	Radio-Interview; Diel, F.
BR 24 (2021): Stallbrände: Vernachlässigter Brandschutz. Abendschau 25.08.21	Fernsehbeitrag; Zeiler, E.



## 3 Erweiterte Literaturübersicht

### 3.1 Gesetzliche Vorgaben zu Brandschutz in Tierhaltungen

In den letzten Jahren wurden politische Diskussionen um den Brandschutz in Tierhaltungsanlagen angeregt. Mitunter ursächlich dafür waren Großbrände mit großer Medienreichweite, wie der Brand der Schweinehaltung in Alt-Tellin am 30. März 2021 oder auch der Brand im Krefelder Zoo in der Silvesternacht 2019. Eine „ad-hoc“ Arbeitsgruppe wurde 2021 durch die Agrarministerkonferenz (AMK) ins Leben gerufen, die einen Ergebnisbericht zu *„Schlussfolgerungen aus und Handlungsbedarf aufgrund von Brandvorfällen in großen Tierhaltungsbetrieben“* auf der AMK im April 2022 präsentierte (AMK 2022). Darin heißt es, dass der Bund dringend gebeten wird zu prüfen, ob ein präventiver Brandschutz bundesrechtlich geregelt werden kann. Folgend soll eine kurze Übersicht über die für den Brandschutz in Tierhaltungen relevanten Gesetzgebungen gegeben werden.

#### 3.1.1 Tierschutzgesetz

Das Tierschutzgesetz (TierSchG) basiert auf dem Staatsziel des Tierschutzes und stellt grundsätzliche Regeln hierzu auf. Zweck sei es, wie es in § 1 TierSchG, 2020, heißt, *„aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen“*. Weiter heißt es in § 2a TierSchG, 2020, dass das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ermächtigt wird durch Rechtsverordnungen zum Schutz der Tiere die Anforderungen an die Haltung von Tieren näher zu bestimmen, so auch insbesondere hinsichtlich Sicherheitsvorkehrungen im Falle technischer Störungen oder im Brandfall (§ 2a (1) Nr.6 TierSchG, 2020).

#### 3.1.2 Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung

In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzTV) werden Anforderungen an das Halten von Nutztieren zu Erwerbszwecken gestellt (§ 1 (1) TierSchNutzTV, 2021). Im ersten Abschnitt der TierSchNutzTV werden allgemeine Anforderungen gestellt, während weitere Abschnitte auf spezielle Anforderungen bei bestimmten Tier- und Nutzungsarten eingehen.

Allgemein müssen Haltungseinrichtungen *„nach ihrer Bauweise, den verwendeten Materialien und ihrem Zustand so beschaffen sein, dass eine Verletzung oder sonstige Gefährdung der Gesundheit der Tiere so sicher ausgeschlossen wird, wie dies nach dem Stand der Technik möglich ist;“* (§ 3 (2) Nr. 1 TierSchNutzTV, 2021). Alarmierungsvorrichtungen müssen nur in *„Ställen, in denen die Lüftung von einer elektrisch betriebenen Anlage abhängig ist“* vorhanden sein, um den Ausfall einer solchen Anlagen

zu melden (§ 3 (6) TierSchNutzTV, 2021). Elektrische Anlagen wie Beleuchtungs-, Lüftungs- und Versorgungseinrichtungen müssen mindestens einmal täglich, Notstromaggregate sowie Alarmanlagen in technisch erforderlichen Abständen, auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden und festgestellte Mängel sind unverzüglich abzustellen (§ 4 (1) Nr.5-6 TierSchNutzTV, 2021). Es wird nicht im Hinblick auf potentiell gefährliche Störungen mit folgender Brandentstehung durch bspw. Kurzschlüsse spezifiziert.

### 3.1.3 Bauordnungen

Die Bauordnungen der Länder folgen grundsätzlich der Musterbauordnung (MBO) des Bundes. Sie gelten für alle errichteten Gebäude und sind daher allgemein gehalten. In Technischen Baubestimmungen können für bestimmte Gebäudearten zusätzliche Regelungen getroffen werden.

Oft zitiert und diskutiert wird §14 MBO, 2020, „Brandschutz“, der allgemeine Anforderungen stellt: *„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“*

Experten interpretieren diesen Paragraphen unterschiedlich, so interpretierte Kremer (2011) diesen als Grundvorschrift, von dem nicht abgewichen werden dürfe. Es werde kein Unterschied zwischen der Rettung von Menschen und Tieren getroffen, sodass eine Evakuierung gleichermaßen effektiv ablaufen habe. Eine Abstufung enthalte das Gesetz nicht. Zugleich sahen Kremer et al. (2007) Schwierigkeiten bei einer effektiven Evakuierung aller Tiere bei „Massentierhaltungsanlagen“. MdB Ostendorff (2010) leitete daraus sogar ein notwendiges Verbot von großen Tierhaltungsanlagen ab, wenn die technischen Voraussetzungen für eine sichergestellte Tierrettung nicht erfüllt sind. Dem stimmte auch Hörning (2012) in einem vom Deutschen Tierschutzbund und dem Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) beauftragten Gutachten zu. Er hielt fest, dass nach dem Wortlaut der Gesetzgebung zwingend nachzuweisen sei, dass in einem Brandfall die Möglichkeit der Rettung aller Tiere besteht und nicht nur von einer gewissen Prozentzahl der Tiere. Für eine einschränkende Auslegung bestehe kein Raum. Töpfer (2011) bezweifelte jedoch die Realitätsnähe der Forderung nach der Gewährleistung, dass alle Tiere im Brandfall erfolgreich evakuiert werden können. Letztlich liege die Verantwortung bei der Gesellschaft, die das Risiko für Tierverluste durch die notwendige Wirtschaftlichkeit des Systems hinnehme. Schließlich sind die Bauvorschriften nach Thönißen (2020) *„in Text gegossene, gesellschaftlich akzeptierte Risikoabschätzungen“*. Ein Ausschluss von Brandschäden könne nie gegeben sein, ohne belastbare Brandstatistik ließe sich das Risiko von Brandschäden aber nicht näher bestimmen. Der Charakter der Gesetzeslage und die damit verbundene Erstellung von Brandschutzkonzepten, dient vorrangig der Erlangung einer Bau- und Betriebsgenehmigung (GDV 2020b). Die Entscheidung über darüberhinausgehende Maßnahmen zum

Erreichen „*weiterführender Schutzziele*“, wie Schutz von Sach- und Vermögenswerten, Begrenzung der Betriebsunterbrechung im Brandfall oder auch das Vermeiden von Imageschäden, liegt gänzlich bei den Tierhaltern. Darunter fällt auch die Einbeziehung von Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen (GDV 2020b).

Die MBO stellt Anforderungen an den Brandschutz in allgemeiner Art und Weise für alle Gebäude. Hierzu werden Gebäude in Klassen von 1-5 eingeteilt, mit steigenden Anforderungen an den Brandschutz. Weiterführend wird innerhalb dieser Klassen für bestimmte Gebäude die ergänzende Kategorisierung „Sonderbau“ getroffen. Freistehende land- oder forstwirtschaftliche Gebäude sind explizit in die Gebäudeklasse 1 eingeteilt, mit den geringsten Anforderungen an den Brandschutz (§ 2 (3) Nr. 1 Buchst. b MBO, 2020) und gelten erst ab 1600 m<sup>2</sup> Grundfläche als Sonderbau (§ 66 (3) MBO, 2020). Das bedeutet, dass erst ab 1600 m<sup>2</sup> Grundfläche die brandschutztechnischen Ausführungen in Form eines Brandschutznachweises bei der Baugenehmigung bauaufsichtlich überprüft werden. Im Brandschutznachweis ist u.a. anzugeben welche Feuerwiderstandsdauer die Bauteile haben, wie die Rettungswege für Mensch und Tier gedacht sind, wie die Feuerwehr anrücken kann und wo es Löschwasser gibt. Wenn von einzelnen Anforderungen der Bauordnung abgewichen wird, können Ersatzmaßnahmen dargestellt werden, mit denen das Schutzziel kompensatorisch erreicht wird (Mayr 2020). Beispielsweise besteht eine Pflicht zu einer inneren Brandwand bei großen Hallen mit einem Rauminhalt von über 10.000 m<sup>3</sup>, um Brandabschnitte zu schaffen. Für Milchviehhaltungen würde das u.a. eine Unterbrechung des Futtertisches bedeuten. Eine Abweichung von dieser Vorgabe kann durch verschiedene, kompensatorische Ersatzmaßnahmen erfolgen, welche im Brandschutznachweis bauaufsichtlich auf Eignung geprüft werden müssen und sehr individuell ausfallen können. Beispielsweise können Anpassungen in der Anzahl der Zugänge, der Reduktion der Brandlast, zusätzliche Löschwasserversorgung etc. getroffen werden. Es können behördlich im Rahmen der Prüfung des Brandschutznachweises jedoch auch individuell weitergehende Anforderungen gestellt werden (Giertlova 2021).

Im Folgenden sollen die baurechtlichen Anforderungen an die Konstruktion einer freistehenden Tierhaltung (Gebäudeklasse 1) gemäß dem dritten Teil „Bauliche Anlagen“ der MBO, 2020, vierter Abschnitt „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Wände, Decken, Dächer“ dargestellt werden (Tab. 3). Die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile wird nach § 26 MBO, 2020, unterteilt in Feuerbeständig (F90 = 90 Minuten Feuerwiderstand), Hochfeuerhemmend (F60 = 60 Minuten) und Feuerhemmend (F30 = 30 Minuten) (Wiesche 2017). Baustoffe sind unterteilt nach nichtbrennbar, schwerentflammbar und normalentflammbar. Nach § 26 MBO, 2020, gilt generell, dass leichtentflammbare Baustoffe (bspw. Stroh) nicht verwendet werden dürfen. Wie dargestellt können Abweichungen im geltenden Recht der Länder vorliegen.

Tabelle 3: Anforderungen der Musterbauordnung (MBO, 2020) an Gebäudeteile der Gebäudeklasse 1; F30 = Feuerhemmend, F60 = Hochfeuerhemmend

Bauteil	Anforderung	MBO
Tragende Wände	„Ausreichend lange“ Standsicherheit Spezifizierung der Feuerwiderstandsfähigkeit nur für Kellergeschoss: F30	§ 27
Außenwände	„Ausreichend lange“ Begrenzung der Brandausbreitung Ohne weitere Spezifizierung der Feuerwiderstandsfähigkeit	§ 28
Trennwände	Zwischen Nutzungseinheiten bzw. als Trennung zu Räumen mit erhöhter Brandgefahr: F30	§ 29
Innere Brandwand	Um Brandabschnitte unter 10.000 m <sup>3</sup> zu erzielen: F60	§ 30
Decken	„Ausreichend lange“ standsicher und widerstandsfähig gegen Brandausbreitung Spezifizierung der Feuerwiderstandsfähigkeit nur für Kellergeschoss: F30	§ 31
Dächer	Grundsätzlich Harte Bedachung. Ausnahme, wenn gewisse Abstände zu weiteren Gebäuden eingehalten werden.	§ 32

Ob Technikräume in Ställen als Räume mit erhöhter Brandgefahr gelten, ist umstritten. Die Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen (ALB) Bayern stellt fest, dass Technikräume keine Räume mit erhöhter Brandgefahr seien und schlägt den Einbau von Trennwänden nur als kompensatorische Maßnahme vor, wenn eine innere Brandwand bei Stallgrößen über 10.000 m<sup>3</sup> nicht errichtet wird (ALB Bayern 2013). Die ALB Hessen sowie der Feuerwehrverband NRW weisen jedoch auf die Notwendigkeit zu Trennwänden bei Technikräumen hin (ALB Hessen 2012; VdF NRW 2015).

Gerade in Schweine- und Geflügelstallungen werden oft sogenannte Nagelplattenbinder als Dachkonstruktion eingesetzt, bei denen Holzlatten durch Nagelplatten miteinander verbunden werden. Diese Bauweise hat einen bekanntermaßen sehr niedrigen Feuerwiderstand und neigt bei einem Brand zu einem raschen Dacheinsturz, da die Stabilität der Konstruktion durch das Versagen eines Nagelplattenbinder bereits gefährdet wird (Helm 2011). Diese Kettenreaktion, bei der der Ausfall eines Binders zum Totaleinsturz des gesamten Daches führt, wird auch mit dem Begriff der Kinematischen Kette beschrieben. Zur Verhinderung der Kinematischen Kette beschreibt die DIN 1055-100:2001-03 (2001) mögliche vorbeugende Maßnahmen, wie die Erhöhung des Feuerwiderstands, oder das Schaffen von Reserven bzw. Redundanzen im Tragwerk, sodass bei Ausfall eines Binders diese Reserven die Stabilität erhalten. Wenn bei einem Vollbrand mehrere Binder ausfallen, lässt sich jedoch auch dadurch ein Dacheinsturz nicht verhindern (Rübel 2008). Die GDV geht davon aus, dass Nagelplattenbinder im Brandfall frühzeitig versagen (GDV 2019b). Die ALB Hessen, sowie der Feuerwehrverband Nordrhein-Westfalen forderten eine nachweisliche Standsicherheit zur Verhinderung der kinematischen Kette, nicht jedoch ein generelles Verbot von Nagelplattenbindern in Tierhaltungen (ALB Hessen 2012; VdF NRW 2015).



### 3.1.4 Technische Baubestimmungen, Industriebaurichtlinie

Die Schutzziele der Landesbauordnungen können von den jeweiligen Ländern durch die Annahme von Technischen Baubestimmungen konkretisiert werden. Eine dieser Bestimmungen ist die Industriebaurichtlinie (IndBauRL). Danach sind Industriebauten Gebäude, die der Produktion oder Lagerung von Produkten dienen. Die Richtlinie führt Mindestanforderungen an den Brandschutz spezifisch für Industriebauten auf, welche die Bauordnung ergänzen. Insbesondere regelt sie Feuerwiderstandskraft der Bauteile, Größe der Brandabschnitte und Näheres zu Rettungswegen in Industriebauten (Rockwool 2013). Eine solche Technische Baubestimmung existiert nicht im Speziellen für Tierhaltungen. Die Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz hat die IndBauRL 2019 überarbeitet und spezifiziert, dass sie nicht für Tierhaltungsanlagen gelte (Nr.2, Satz 2 Muster-IndBauRL, 2014).

### 3.1.5 Gesetzgebungen zur Gefahrenverhütungsschau

Der Brandschutz bei bestimmten, besonders schützenswerten Gebäuden bzw. Gebäuden mit besonderem Gefahrenpotential, wird regelmäßig überprüft. Diese Überprüfungen werden üblicherweise Brandverhütungsschau, Gefahrenverhütungsschau oder auch Feuerbeschau genannt und sollen objektspezifisch mögliche Gefahren aufzeigen. Dabei ist es nicht zwingend das Ziel, aktuell geltendes Baurecht anzuwenden, da ggf. Bestandsschutz besteht. Der Prüfumfang bezieht sich auf Löschwasserversorgung, Zugänglichkeit für die Feuerwehr, Rettungswege, Brandabschnitte, Brandbekämpfungsanlagen und das Aufzeigen möglicher Brandgefahren (AGBF 2012). Die Verordnungen zu der Feuerbeschau in den Ländern haben unterschiedliche Namen und stehen zu Teilen in Verbindung mit ergänzenden Gesetzen zum Brand- und Katastrophenschutz. Es besteht keine Einheitlichkeit bei den Aufzählungen schützenswerter Objekte, den Zeitabständen zwischen Überprüfungen und den Bestimmungen dazu, welche Personen für diese Überprüfungen beauftragt werden. Landwirtschaftliche Betriebe sind in wenigen Fällen aufgeführt (Tab. 4). In den Verordnungen der Bundesländer, die in der untenstehenden Tabelle nicht aufgeführt sind, sind landwirtschaftliche Betriebe nicht explizit genannt.

*Tabelle 4: Gesetzgebungen zur Gefahrenverhütungsschau in landwirtschaftlichen Betrieben nach Bundesländern. In den Verordnungen weiterer Bundesländer sind landwirtschaftliche Betriebe nicht explizit genannt.*

<b>Bundesland</b>	<b>Gesetzgebung</b>	<b>Objektbezeichnung</b>	<b>Turnus</b>
Brandenburg	Verordnung über die Organisation und die Durchführung von Brandverhütungsschauen (2019)	Landwirtschaftliche Produktion und Lagerung mit mehr als 2.000 m <sup>2</sup> Grundfläche	5 Jahre
Hessen	Verordnung über die Organisation und Durchführung der Gefahrenverhütungsschau (2019)	Landwirtschaftliche Betriebe mit eigenständiger Löschwasserversorgung	5 Jahre
Mecklenburg-Vorpommern	Verordnung über die Brandverhütungsschau (2004)	Landwirtschaftliche Betriebe	5 Jahre
Nordrhein-Westfalen	Liste der Brandschauobjekte des Lenkungsausschuss Vorbeugender Brandschutz (2016)	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude > 2.000 m <sup>3</sup> in Verbindung zu Wohngebäuden	6 Jahre
Saarland	Brandverhütungsschau-Verordnung (2015)	Landwirtschaftliche Betriebe	3 Jahre

Die Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) gibt zu bedenken, dass es erforderlich sein kann, auch bei in den Gesetzgebungen nicht explizit genannten Gebäuden Überprüfungen vorzunehmen, wobei dann nur einzelne, kritische Prüfkriterien zu kontrollieren seien, wie beispielsweise die Löschwasserversorgung bei landwirtschaftlichen Betrieben (AGBF 2012).

Ergänzend zu der Feuerbeschau hat das Land Nordrhein-Westfalen 2020 die Verordnung über die Prüfung elektrischer Anlagen in Tierhaltungsanlagen verabschiedet. Diese gilt jedoch nur für Schweinebetriebe ohne Freilandhaltung mit über 700 Mast- oder Aufzuchtplätzen bzw. mit mehr als 150 Sauenplätzen in reinen Zuchtbetrieben bzw. mit mehr als 100 Sauenplätzen bei geschlossenen Systemen. Festgeschrieben ist die Prüfung der elektrischen Anlagen und Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) auf ihre Betriebssicherheit alle vier Jahren auf Kosten des Betreibers. Das deckt sich mit der Unfallverhütungsvorschrift des gesetzlichen Unfallversicherungsträgers der Branche, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG), nach der der Unternehmer dafür verantwortlich ist alle vier Jahre elektrische Anlagen durch eine Fachkraft überprüfen zu lassen (SVLFG 2017).

## 3.2 Vorbeugender Brandschutz in Tierhaltungsanlagen

Brandschutz, als Überbegriff, fasst alle Maßnahmen zusammen, die der Brandentstehung und -ausbreitung vorbeugen und die die Räumung, sowie die Möglichkeiten der Brandlöschung unterstützen. Entsprechend lässt sich Brandschutz unterteilen in den vorbeugenden Brandschutz, welcher alle Maßnahmen zusammenfasst, die vorbereitend vor einem Brand getroffen werden können und dem abwehrenden Brandschutz, welcher als primärer Aufgabenbereich der Feuerwehren alle Tätigkeiten umfasst, die bei einem ausgebrochenem Brand Schäden eingrenzen und der Brandlöschung dienen. Der vorbeugende Brandschutz lässt sich wiederum unterteilen in

- den *baulichen* (Bauteile und -stoffe, Brandabschnitte, Fluchtwege, etc.),
- den *anlagentechnischen* (Branderkennungs-/Brandmelde-/Brandbekämpfungsanlagen, Notbeleuchtung, etc.) und
- den *organisatorischen* Brandschutz (Brandschutzordnung, Notfallpläne, Schulungen etc.) (Battran 2020).

Auf den abwehrenden Brandschutz und die Brandverhütung (Karlsch und Jonas 1993; Götz 2021; Schmidt-Thomé et al. 2021) wird in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen.

### 3.2.1 Baulicher Brandschutz

Der Einbau einer inneren Brandwand zur Bildung von Brandbekämpfungsabschnitten gestaltet sich in Rinder haltenden Betrieben schwierig (Unterteilung des Futtertischs und des Kuhverkehrs, Korrosion und Verschmutzung von automatisch schließenden Feuerschutz Türen etc.). Kompensatorisch schlug die ALB Bayern (2013) brandlastfreie Binderfelder von mindestens 5 m Breite vor, welche die gesamte Außenhülle des Gebäudes einschließt. Weitere Maßnahmen schließen die Verstärkung der Decke zwischen Stallung und darüberliegendem Einstreu- oder Futterlager ein, sowie die Unterteilung des dachgeschossigen Lagers mit Brandwänden (OMAFRA 2011; ÖKL 2017).

In Bezug auf die Breite von Rettungsöffnungen werden nur in wenigen Fällen konkrete Empfehlungen gegeben, welche in Tabelle 5 zusammengefasst sind. Fluchttüren sollen im Abstand von bis zu 25 bzw. 30 m zueinander vorhanden sein, bei kleineren Haltungen jedoch mindestens zwei, die möglichst entfernt voneinander liegen (ALB Bayern 2013; Dezernat für Umwelt, Planung und Bauen der Region Hannover 2010; NFPA 2022). Bei Teilgruppenhaltungen in Abteilen bzw. Buchten soll jeweils eine Öffnung zur Verfügung stehen (ALB Bayern 2013). Allgemein sollen wenn möglich den Tieren gewohnte Gänge für die Evakuierung verwendet werden, Türen sollen nach außen aufschlagen und Rettungswege sollen mit geeigneten Schildern gekennzeichnet sein (ML Nds. 2007; VdF NRW 2015). Notfalls seien gegebenenfalls Ausgänge in die Stallwand zu schlagen (ML Nds. 2007).

Des Weiteren wird auf die Bedeutung von befestigten Zufahrten zur Stallanlage, einer ausreichenden Löschwasserversorgung vor Ort, der räumlichen Trennung von brandgefährlichen Dünger- und Einstreulagern und der Tierhaltung, sowie von elektrischem Strom unabhängiger und leicht zu öffnender Entriegelungssysteme hingewiesen (ALB Hessen 2012; ML Nds. 2018; CFPA Europe 2015).

*Tabelle 5: Empfehlungen zur Breite von Rettungsöffnungen für Rinder*

Herausgeber	Empfehlung
Feuerwehrverband Nordrhein-Westfalen (VdF NRW 2015)	2 m
Confederation of Fire Protection Associations Europe (CFPA Europe 2015)	1,6 m
Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen Bayern (ALB Bayern 2013)	1,25 m
Umweltdezernat Hannover (2010)	1 m
National Fire Protection Association (NFPA 2022)	„1,5 mal Tierbreite“

### 3.2.2 Organisatorischer Brandschutz

In einem kanadischen, regionalen „Emergency Livestock Evacuation Plan“ werden detaillierte Angaben zu Zuständigkeiten, Adressen, Hilfseinrichtungen und dem Ablaufprozedere bei der Versorgung von evakuierten Nutztieren gemacht (Regional District of Nanaimo 2017). Derartig detaillierte Angaben existieren für deutsche Regionen nicht. Im Gespräch mit betroffenen Landwirten erschienen stets Einzelfall-Lösungen getroffen worden zu sein, teilweise unter organisatorischer Mithilfe des Kreisobmanns. Es wird aber die Erstellung von betriebsspezifischen Brandschutzordnungen mit aufgeführten Notfallmaßnahmen und Evakuierungsplänen empfohlen (VdS Schadenverhütung GmbH 2013, S. 18; ML Nds. 2007). Des Weiteren soll in Absprache mit der Feuerwehr geklärt werden, ob Einsatzkräften Übersichtspläne vom Betrieb nach DIN VDE 14095 „Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen“ verfügbar gemacht werden können (VdF NRW 2015, S. 11). Das Bewusstsein für Brandgefahren ist jedoch gering (Rademann 2012).

### 3.2.3 Anlagentechnischer Brandschutz

Die Brandfrüherkennung ist in Tierhaltungen technisch anspruchsvoll. Einfache Rauchmelder versagen oft auf Grund von Staub und Schadgasen oder melden zu spät auf Grund von hohen Decken (Thönißen 2020). Vereinzelt sind spezielle Rauchansaugsysteme auf dem Markt, die auch für Tierhaltungen zertifiziert sind (Mayer 2019). Alarmierungsgeräte sollten über einen separaten Stromkreis versorgt werden, sowie über eine Batterieversorgung verfügen und an einen akustischen sowie optischen Signalgeber als auch ein Telefonwahlgerät anschließbar sein (GDV 2009).

Automatisierte Brandbekämpfungsanlagen lassen nach der Branderkennung über ein verlegtes Rohrleitungssystem geeignete Löschmittel wie Wasser oder Schaum ab, ohne dass manuell eingegriffen werden müsste (bvfa 2010). Entsprechend sind diese Systeme auf eine funktionierende automatische Branderkennung angewiesen. Auch wenn der Einbau von Brandbekämpfungsanlagen – meist werden Sprinklersysteme genannt – in Tierhaltungen oft diskutiert werden, so gibt es keine Studien, welche sich mit der Zuverlässigkeit und der Effektivität solcher Anlagen in Tierhaltungen befassen.

### 3.3 Anzahl, Auswirkungen und Ursachen von Bränden in Tierhaltungen

Die Datenlage zum Aufkommen von Stallbränden ist sehr dünn. Es lassen sich kaum gesicherte Aussagen zu Tierverlusten oder wirtschaftlichen Schäden treffen. Die Brandstatistik in Deutschland ist aber nicht nur in Bezug auf die Landwirtschaft lückenhaft. In einem Artikel in der Fachzeitschrift „Schadenprisma“ heißt es: *„Deutschland ist auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts eines der wenigen Industrieländer ohne einheitliche nationale Brand- und Feuerwehrstatistik.“* (Wagner 2002). In einer Veröffentlichung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb) kritisieren die Autoren sehr deutlich, dass essentielle Informationen nicht erfasst werden und es unklar ist, wie viele Brände pro Jahr in Deutschland tatsächlich stattfinden (Festag und Döbbling 2020).

Im Hinblick auf Bränden in Tierhaltungen wurden in den 80er Jahren in Deutschland zwei veterinärmedizinische Dissertationen angefertigt. Ruppert veröffentlichte 1985 seine Untersuchungen *„Zur Häufigkeit, Ursache und Auswirkungen von Stallbränden in den Jahren 1982 und 1983 in Niedersachsen“*. Dabei musste er feststellen, dass weder Ministerien noch Versicherer oder die Feuerwehren verlässliche Statistiken zu Stallbränden betrieben und nur punktuell Daten vorlagen. Interessanterweise zitierte er eine persönliche Mitteilung des Deutschen Feuerwehrverbandes folgendermaßen: *„(...); eine bundeseinheitliche Brandstatistik ist allerdings in Vorbereitung“* (Ruppert 1985, S. 19). Das ist wie beschrieben bis heute nicht erfolgt.

Auch wenn keine einheitliche Statistik geführt wurde, haben auf Anfrage durch Ruppert einzelne Bundesländer Feuerwehrberichte ausgewertet. Dabei wurden in Niedersachsen im Jahr 1983 1.484 Brände mit einem Gesamtschadenaufkommen von 84 Millionen DM erfasst. Bei der Auswertung von 675 Brandberichten entfielen damals noch 36 % der Brandursachen auf vorsätzliche Brandstiftung. Weit abgeschlagen mit 7 % kam Blitzschlag als zweithäufigste Ursache und knapp dahinter mit 6 % Elektrische Anlagen (Ruppert 1985, S. 77). Pagel veröffentlichte 1986 ihre Untersuchungen *„Tierverluste und Schäden infolge von Stallbränden“*. Dabei durchsuchte sie Brandberichte der Feuerwehren händisch nach Stallbränden im Herzogtum Lauenburg (zwischen Lübeck und Elbe bzw. Hamburg und der damaligen DDR) in den Jahren 1973-82 und interviewte daraufhin betroffene Landwirte. Insgesamt berichtete sie von 96 Brandfällen mit Tierbeteiligung. Nur in 27 Fällen konnte der Entstehungsort des Brandes ermittelt werden. In über der Hälfte dieser Fälle brach das Feuer auf dem Stroh- und Heuboden über dem Stall aus. 991 Rinder waren in insgesamt 35 Betrieben betroffen (Pagel 1986). Weitere Studien zur Situation in Deutschland folgten seitdem nicht. In den Niederlanden untersuchten Looije und Smit (2010) von der Hochschule Van Hall Larenstein in Leeuwarden Stallbrände der Jahre 2005 bis 2009 in den Niederlanden. Es wurde versucht Daten von drei großen Agrarversicherern, Medienberichten und Interviews von betroffenen Tierhaltern und Tierärzten zusammenzufassen und auszuwerten. Dabei wurden 763 Brände ermittelt, bei denen in 151 Fällen Tiere ums Leben kamen. Aufgeteilt nach Tierarten brannten 410 Rinderställe (0,2 – 0,3 % aller Rinderställe jährlich), 242 Schweineställe (0,5 – 0,6 % aller Schweineställe jährlich) und 111

Geflügelställe (0,5 – 1,3 % aller Geflügelställe jährlich). Fehler in elektrischen Anlagen waren auch hier die Hauptbrandursache.

Im Folgenden soll eine Übersicht über vorhandene Informationen zu Bränden in Tierhaltungen gegeben werden. Von unterschiedlichen Seiten erhobene Daten sind oft lückenhaft und lassen sich auf Grund verschiedener Erhebungsmethoden kaum miteinander vergleichen, sodass ein Flickenteppich an punktuellen Informationen entsteht (Abb. 1).

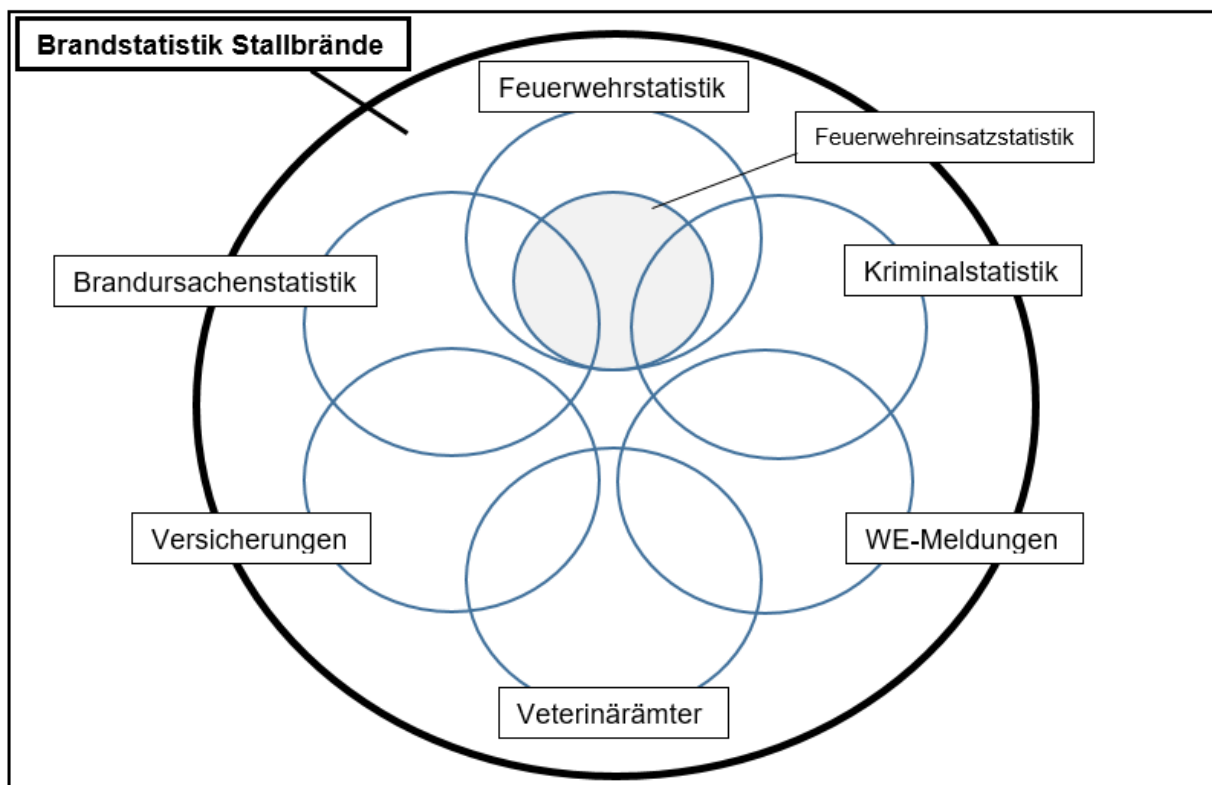


Abbildung 1: Darstellung der verschiedenen verfügbaren Daten zu Stallbränden, modifiziert nach Festag und Döbbeling (2020).

### 3.3.1 Amtliche Erhebungen in Deutschland

Teilweise existieren in den Bundesländern Erlasse der jeweils zuständigen Ministerien zu definierten Meldepflichten wichtiger Ereignisse (WE-Meldung) durch die Behörden. So müssen in Nordrhein-Westfalen bestimmte Großschadensereignisse von den Gemeinden gemeldet bzw. erfasst werden (IM NRW 2018). Da sich eine explizite Nennung von Stallbränden als WE-Meldung nicht finden lässt, ist aber nicht von einer allgemeinen amtlichen Meldepflicht auszugehen. Das Landesinnenministerium von Nordrhein-Westfalen veröffentlicht jährlich Daten zu Feuerwehreinsätzen, welche von den Gemeinden

erhoben werden (IM NRW 2022). 2020 wurden 585 Brände in „Landwirtschaftlichen Anwesen“ ausgewiesen (IM NRW 2021), wobei jedoch spezifiziert wird, dass eine Beteiligung von Tieren bei den Bränden nicht zwingend gegeben ist (MHKBD NRW 2019).

Auf eine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen nach vorhandenen Daten zu Bränden mit Tierbeteiligung im Zusammenhang mit dem Brand im Affenhaus des Krefelder Zoos in der Silvesternacht von 2019 auf 2020 antwortete die Bundesregierung: *„Es existiert keine amtliche Statistik zu getöteten oder verletzten Tieren bei Havariefällen (ausgelöst durch Feuer, Sturm, Wasser, Stromausfall oder Ähnliches) in Tierhaltungen wie etwa Zoos, Tierparks, Zirkussen, Ställen oder privaten Tierhaltungen. Entsprechende Informationen liegen der Bundesregierung daher nicht vor.“* (Deutscher Bundestag 2020). Jedoch wurden Zahlen zu Bränden mit Tierbeteiligung anlässlich von Anfragen in mehreren Landtagen erhoben (Tab. 6).

Dabei wurde hauptsächlich auf Angaben von Veterinärämtern und der polizeilichen Kriminalstatistik (PKS) zurückgegriffen. In der Regel erfasst die PKS jedoch nur strafrechtlich relevante Ereignisse (Bundeskriminalamt 2022). Das Bundeskriminalamt erfasste beispielsweise 2021 insgesamt 17.151 Fälle von „Brandstiftung und Herbeiführen einer Brandgefahr“ (Statista 2021), ohne Nennung der Brandobjekte. Die Angabe der Örtlichkeit in der PKS ist keine Pflichtangabe (Niedersächsischer Landtag 2019). Auch lassen sich aus der PKS in der Regel keine Angaben zu Tierschäden herausfiltern (Brandenburger Landtag 2019) und es werden nicht alle Brände polizeilich registriert (Festag und Döbbling 2020, S. 19).

*Tabelle 6: Datenerfassung zu Stallbränden mit Tierbeteiligung in Folge von Anfragen der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen an verschiedene Landtagen. \*Erfassung von Tierschäden durch technische Defekte im Stall und während des Transports, inklusive Verkehrsunfälle: Nur Zwei Ereignisse die mit einem Brand assoziiert waren. \*\*basierend auf der Landwirtschaftszählung 2020*

Landtag	Druck-sache	Datenquelle	Erfassungs-zeitraum	Brand-ereignisse	% Betriebe/ Jahr**
Thüringen 2018	6/6566	Veterinärämter, Lebensmittelüber- wachungsämter	2008-2018	2 (45)*	-
Brandenburg 2019	6/10503	Landesamt für Umwelt	2016-2018	11	0,1
Niedersachsen 2019	18/3312	Polizeiliche Kriminalstatistik, Veterinärämter, Gefahrenabwehr- behörden	2017-2018	42	0,08



### 3.3.2 Feuerwehrstatistik

Die Feuerwehren sind gesetzlich verankert in den Feuerwehr-/Brandschutz- oder auch Feuerschutzgesetzen der Länder. Die Einsatzleiter der Feuerwehren haben Einsatzberichte für die Dokumentation und Auswertung anzufertigen (siehe bspw. § 17 Ausführungsverordnung des Bayerischen Feuerwehrgesetzes, 2019), welche regional unterschiedlich strukturiert sind. Festag und Döbbling (2020) von der vfdb stellten fest: *“Feuerwehren sind komplexe Systeme, die in wesentlichen Teilen aus Menschen mit ganz eigenen Verhaltensmustern und Routinen bestehen. Obwohl im Feuerwehrwesen viele Standards existieren, besitzen Feuerwehren im Detail oftmals sehr spezifische Organisationsabläufe und -strukturen. Die Einsatzgebiete und Anforderungen an den Brandschutz sind zum Teil sehr verschieden. Es gibt nicht die eine Feuerwehr in Deutschland, sondern es gibt viele sehr unterschiedliche Feuerwehren – das Gleiche gilt für die Faktenlage.“*

Orientierung bietet ein Standard zur Erfassung von Daten für die Jahresstatistik des deutschen Feuerwehrverbands mit der Abkürzung „FEU 905“ (Feuerwehrverband 2022). In der Regel werden allgemeine Daten zum Einsatz, zur Anzahl eingesetzter Feuerwehrleute, zu eingesetzten Fahrzeugen und Technik als auch Daten zu Brandspezifika, unter anderem dem Brandobjekt, erfasst. Hier kann der Einsatzleiter die Katalognummer „Land-/Forstwirtschaft“ auswählen. Es kann hierbei nicht näher spezifiziert werden, um welche Art von Gebäude es sich handelt, sodass sowohl eine Fahrzeughalle, ein Treibhaus als auch ein Stall darunterfallen können. Die Einsatzleitung kann höchstens in einem Notizfeld freie Bemerkungen notieren (Staatliche Feuerwehrschule Würzburg 2009). Kunkelmann (2016) konstatiert, dass sich aus den Einsatzberichten kaum konkrete Erkenntnisse gewinnen lassen.

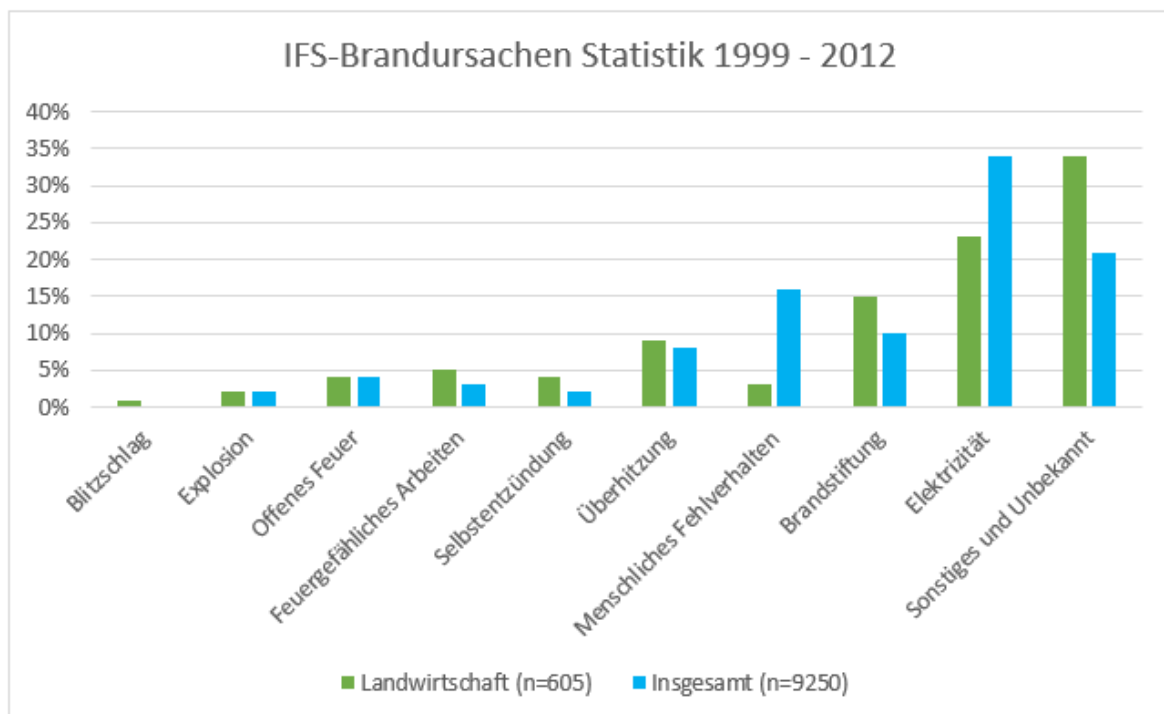
Der Deutsche Feuerwehrverband fasst auf Bundesebene vorhandene Daten zusammen und veröffentlicht sie selbst (Feuerwehrverband 2022) bzw. im Rahmen der World Fire Statistics des Internationalen Technischen Komitees für vorbeugenden Brandschutz und Feuerlöschwesen (CTIF 2020). Es werden die Anzahl an Feuerwehren, Mitgliedern, Einsätzen und der durch Rauch, Feuer und Flammen ums Leben gekommene Personen aufgeführt. Auch in den Jahresberichten der Feuerwehr-Landesverbände (LFV) werden lediglich allgemeine Daten dargestellt (LFV Bayern 2022; LFV BW 2021).

### 3.3.3 Versicherungen

Knapp sieben Milliarden Euro wurden an Leistungen über Schaden- und Unfallversicherungen der im Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) organisierten Versicherer im Bereich Industrie/Gewerbe/Landwirtschaft im Jahr 2020 gezahlt (GDV 2021). Der durchschnittliche Schaden je Brandfall in der Landwirtschaft lag 2018 bei 21.040 Euro und hat sich damit seit 2009 fast verdoppelt (GDV 2019a). Die jährliche Anzahl der Brände in landwirtschaftlichen Betrieben unterliegt starken Schwankungen, mit einem geschätzten Mittelwert von 5.000 Bränden, wobei nicht weiter differenziert werden kann, inwieweit Tiere von dem Brand betroffen waren, geschweige denn welche und wie viele

Tiere oder welche Tierschäden resultierten (Wang, GDV, persönliche Mitteilung, 01.12.2021). Multipliziert man die geschätzte durchschnittliche Brandzahl von 5.000 im Jahr mit dem durchschnittlichen Schaden pro Brandfall von 21.040 Euro kommt man auf einen Betrag von 105 Millionen Euro an Schäden durch Brände in der Landwirtschaft pro Jahr in Deutschland.

Das Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung (IFS) ist eine Institution der öffentlichen Versicherer, welche Forschung zur Schadenverhütung betreibt, und Gutachter beschäftigt, die Schadenursachen ermitteln. Marten (2012) beschrieb die durch das IFS erfassten Brandursachen in landwirtschaftlichen Betrieben und verglich sie mit der gesamten Schadendatenbank (Abb. 2).



*Abbildung 2: Vergleich der Brandursachen in der Landwirtschaft mit der Gesamtstatistik. Statistik des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung (IFS), modifiziert nach Marten (2012).*

Die Definitionen der verschiedenen Brandursachen sind im Anhang gegeben (Tab. 11, Kapitel 11.1). Die Beauftragung eines Gutachtens kann von den Mitgliedsunternehmen als auch von Polizei oder Staatsanwaltschaft erfolgen (IFS 2020b). Die Ergebnisse dieser Ursachenermittlungen werden vom IFS ausgewertet und veröffentlicht. Aus diesem Grund ist die Statistik nicht repräsentativ für das tatsächliche Schadensgeschehen in Deutschland, da bei offensichtlichen Brandursachen kein Gutachter beauftragt wird (IFS 2020a). Es ist davon auszugehen, dass gerade der erfasste Anteil von Blitzeinschlägen an den Brandursachen insgesamt nicht repräsentativ für die tatsächliche Sachlage ist, da diese Brandursache durch eine Abfrage der Wetterdaten ermittelt wird, ohne Involvierung der IFS. So leisteten die im GDV organisierten Hausrat- und Wohngebäudeversicherungen im Jahr 2019 200 Millionen Euro für Blitzschäden bei 210.000 erfassten Schadensfällen (GDV 2020a). Es fällt auf, dass menschliches

Fehlverhalten (fahrlässig, nicht vorsätzlich) in der Landwirtschaft eine viel geringere Rolle in der Brandentstehung spielt, Brandstiftungen jedoch ein größeres Problem sind. Nach dem großen Feuer von Chicago, bei dem 1871 neun Quadratkilometer der Stadt abgebrannt sind und dessen Ursache nie festgestellt werden konnte, wurde sich die Geschichte einer Kuh erzählt, die beim Melken eine Laterne umgetreten und so das Feuer verursacht haben soll (Zajackowski und Wheeler 2001). Mit unter 5 % aller Brände spielt offenes Feuer heutzutage nur noch eine untergeordnete Rolle bei der Brandentstehung.

### 3.3.4 Lage in anderen Ländern

In Österreich erfassen Genossenschaften für Sachverständigentätigkeit im Bereich Brandschutz und Brandursachenermittlung, die Brandverhütungsstellen (BVS), in den jeweiligen Bundesländern Daten zu Bränden. Im Jahr 2018 wurden 1.568 Brände in der Landwirtschaft mit einem Gesamtschaden von 61,6 Millionen Euro von den BVS erfasst. Das entspricht 24 % aller untersuchten Brandfälle und 21 % der Schadenssumme insgesamt (BVS 2018). 2014 wurde noch von einem langjährigen Mittel von 47 Millionen Euro an jährlichen Schäden in der Landwirtschaft in Österreich berichtet, was 17 % aller untersuchten Brandfälle und 18 % der Schadenssumme insgesamt entsprach (Widetschek 2014). Es lässt sich also ein Trend zu anteilig mehr Bränden in der Landwirtschaft in Österreich beobachten. Mit 27 % der Schadensfälle 2018 waren elektrischen Anlagen auch hier die Hauptbrandursache. Die BVS Oberösterreich erfasste 2019 bei 173 Bränden in der Landwirtschaft sogar 60mal (35 %) elektrische Anlagen und 38mal (22 %) Blitzschläge als Brandursache (BVS Oberösterreich 2020).

In Belgien wurde auf eine Anfrage an die Regierung 2011 Daten zu Stallbränden der vergangenen fünf Jahre erhoben. Dabei wurden 143 Stallbrände aufgeführt, bei denen in 62 Fällen Tiere starben. Stallbrände machten ungefähr 4 % aller Brandfälle aus. In 30 % der Fälle seien elektrische Anlagen als Hauptbrandursache identifiziert worden (Regierung von Flandern 2011).

In den USA sammelte der Verein Animal Welfare Institute (AWI) Presseberichte von 2013 bis 2017 über Stallbrände und versuchte diese auszuwerten. Auch hier wurde erwähnt, dass die Behörden in der Regel nicht dazu verpflichtet sind, Stallbrände und Tierverluste zu erheben und dass es keine Gesetze spezifisch für den Brandschutz in Tierhaltungsanlagen gibt. Das Durchsuchen der Presseberichte erbrachte 326 Stallbrände über fünf Jahre in den gesamten USA. Die Elektrik wurde am häufigsten als Brandursache genannt (AWI 2018). In Kanada sammelte der Verein Humane Society International (HSI) Presseberichte von 2015 bis 2019 über Stallbrände und versuchte diese auszuwerten. Auch hier wurde betont, dass es keine Gesetze spezifisch für den Brandschutz in Tierhaltungsanlagen in Kanada gibt. Und auch hier wurden elektrische Fehler als Hauptbrandursache ermittelt. Es wurden 327 Stallbrände mit Tierverlusten in der Presse über den Zeitraum von fünf Jahren gefunden (HSI 2020).

## 3.4 Ethologische und Sinnesphysiologische Prämissen

Die angewandte Nutztierethologie möchte u.a. Verhaltensansprüche von Nutztieren definieren und praktische Probleme bei ihrer Haltung und im Umgang mit ihnen durch die Umsetzung von verhaltensbiologischen Forschungsergebnissen lösen (Borrel 2009). Bei der Beantwortung der Fragestellung, wie sich die Evakuierung einer Milchviehherde im Brandfall am besten gestalten lässt, sind die Verhaltensweisen, die Sinneswahrnehmung und der Umgang mit Stress der Rinder bedeutsame Bausteine.

### 3.4.1 Sinnesphysiologie

Die Besonderheiten der Sinneswahrnehmung von Rindern haben Auswirkungen auf die Gestaltung von Rettungswegen.

Über den Sehsinn bezieht das Rind 50 % der Informationen zu seiner Umwelt (Phillips 2002), wobei die Sehschärfe im Vergleich zum Menschen gering ist. Sie können Bewegungen sehr gut erfassen, diese allerdings mit weniger Bildern pro Sekunde darstellen, sodass schnelle Bewegungen abgehackt wahrgenommen werden (Phillips 2002, S. 51; Adamczyk et al. 2015). Das Sichtfeld der Rinder ist mit 330° deutlich weiter als das des Menschen, räumliches Sehen ist ihnen jedoch nur in einem Bereich von 50° vor ihnen möglich (Winckler 2009). Sie haben durch die Positionierung ihrer Augen einen Blindfleck hinter ihnen, sowie am Boden direkt vor ihnen (Abb. 3).

Dadurch müssen sie für die Bewertung einer Stelle oder eines Objekts direkt vor ihnen den Kopf senken und einen ungewohnten Untergrund, einen Schatten oder eine Reflexion aus der Nähe inspizieren (Gastecker 2020). Rinder haben eine deutlich schlechtere Hell-Dunkel-Adaption als Menschen und benötigen somit mehr Zeit, um sich auf wechselnde Lichtverhältnisse einzustellen (Grandin und Johnson 2005). Durch das *Tapetum lucidum* können sie auch bei schwachem Licht noch kontrastreich sehen, sind dadurch aber auch schneller geblendet als der Mensch (Gastecker 2020). Starke Kontraste in den Lichtverhältnissen lassen die Tiere in der Bewegung verharren, seien es Reflexionen oder auch ein abrupter Schatten (Grandin 2013, S. 492; Willson et al. 2021). Rinder sind dichromatisch und können langwelliges Licht (rot/gelb) gut von Licht mit mittellangen (grün) und kurzen (blau) Wellenlängen unterscheiden. Schlecht unterscheiden können sie allerdings mittellange und kurze Wellenlängen (Phillips und Lomas 2001).

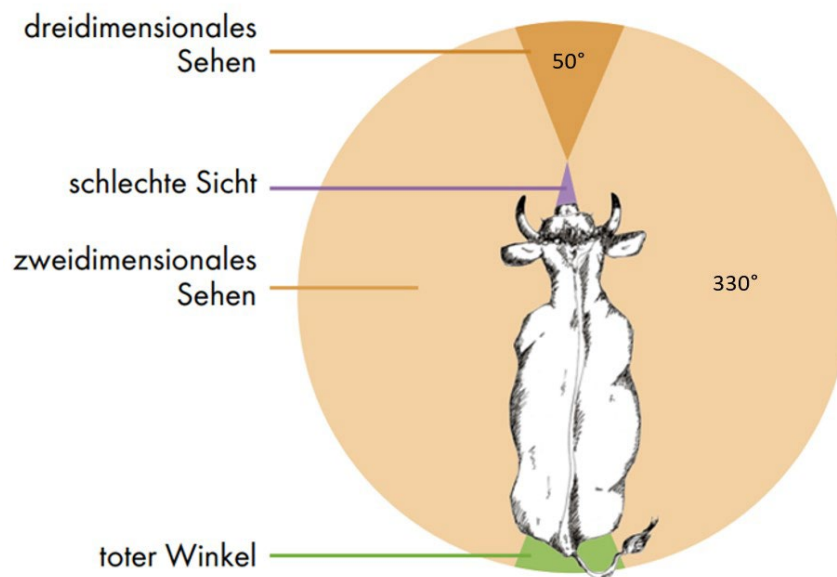


Abbildung 3: Bereiche des zwei- und des dreidimensionalen Sehens von Kühen, modifiziert nach FiBL (2018).

Rinder können im Bereich von 20 Hz bis 35 kHz hören und sind damit deutlich sensitiver für hochfrequente Geräusche als der Mensch, dessen Wahrnehmungsgrenze bei etwa 20 kHz liegt (Adamczyk et al. 2015; Moran und Doyle 2015). Sehr hohe, für den Menschen nicht wahrnehmbare Töne, ausgehend etwa von Melksystemen oder anderen technischen Geräten, können Kühe verunsichern (Phillips 2002). Die höchste Wahrnehmungsempfindlichkeit liegt bei 8 kHz, die des Menschen bei 4 kHz (Winckler 2009).

### 3.4.2 Dominanz und Leadership

Die Dominanz einer Kuh drückt sich durch die Verdrängung von Artgenossen von präferierten Orten bzw. den bevorzugten Zugriff auf limitierte Ressourcen aus (Borrel 2009). Bei Ressourcenknappheit stellen sich Dominanzverhältnisse deutlicher dar (Borrel 2009). In wilden Herden fressen zuerst die dominanten Tiere, wenn das Futterangebot knapp ist (Poettinger 2011). Im Stall kann eine Verdrängung, also eine antagonistische Interaktion, beispielsweise am Futtertisch, an Tränken, Kuhbürsten, Kraffutterstationen oder am Zugang zum automatischen Melksystem stattfinden (Wierenga 1990; Val-Laillet et al. 2008). Durch die Beobachtung und Auswertung dieser Interaktionen kann die Herdenstruktur dargestellt werden. Foris et al. (2019) schlugen alternativ die Auswertung von Zugangsdaten zu Fress- und Tränkeeinrichtungen im Stall vor, um Verdrängungen, also antagonistische Interaktionen, zu erfassen. Um Aussagen zur Herdenstruktur treffen zu können sollten idealerweise 20, bei deutlichem Hierarchie-Unterschied auch 10 Interaktionen ausgewertet werden (Sánchez-Tójar et al. 2018). Weitere Faktoren, wie die Gruppengröße, die Anzahl involvierter Tiere in

den beobachteten Interaktionen, als auch individuelle Beziehungen zwischen einzelnen Kuh-Paaren (Dyaden) spielen in die Bestimmung der Hierarchie mit ein (Hoy 2009). Während die Rangordnung in wilden Herden ohne stallbauliche Unterteilungen meist stabil ist, kommt es bei Gruppenwechseln und Neueingliederungen von Kühen in eine Milchviehherde, aber auch durch große Tiergruppen mit über 100 Tieren, immer wieder zu Rangauseinandersetzungen (Winckler 2009). Behornte, ältere, schwere Kühe sind in der Regel dominanter als hornlose, jüngere und leichtere Kühe (Houpt 1998). Brünstige Kühe können durch die veränderte hormonelle Konstellation einen vorübergehend höheren Rang in der Hierarchie der Gruppe einnehmen (Borrel 2009).

Ob die Rangordnung einen Einfluss auf die Positionierung von Kühen bei Herdenbewegungen hat, ist unklar. Reinhardt (1982) beschrieb, dass die Hierarchie kein bedeutsamer Einflussfaktor auf Positionierungen in freiwilligen oder auch erzwungenen Gruppenbewegungen ist. Auch Ramseyer et al. (2009) fanden bei der Untersuchung einer Herde von Kalbinnen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Hierarchie und Positionierung in Herdenbewegungen. Dagegen fanden Šárová et al. (2010), dass bei Herdenbewegungen auf der Weide dominantere Tiere weiter vorne in der Herde waren und diese zu leiten schienen. Della-Rossa et al. (2013) fanden jedoch, dass dominantere Tiere seltener eine Herdenbewegung initiierten. Borrel (2009) beschrieb einen Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und einer Leitfunktion und stellt diese Funktion in den Kontrast zu Dominanz. Sueur et al. (2018) bestätigten in ihrer Studie einen Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und einer vermehrten Leitrolle in Hochland-Rindern. Dumont et al. (2005) stellten fest, dass erzwungene Bewegungen nicht geeignet sind, um „Leadership“ zu bestimmen, da in diesen Fällen keine selbstbestimmte Entscheidung per se von den Tieren verlangt ist.

### 3.4.3 Stress

Belastungen durch die Umwelt, die Haltung oder durch physische Leistung lösen im Körper Reaktionen aus, wodurch sich der Organismus besser an die an ihn gestellten Herausforderungen anpassen kann (Porzig 1969). Dadurch lässt sich ein breites Spektrum an Umweltbedingungen bewältigen (Erhard und Hoy 2009). Stresshormone spielen für diese Anpassungsfähigkeit eine wichtige Rolle, so werden in Notfallsituationen Katecholamine ausgeschüttet, welche die Alarmbereitschaft steigern und katabol wirkende Glukokortikoide bewirken u.a. einen Abbau von Körperreserven bei Belastungen (Borrel 2009; Neumann und Schenck 1987). Andauernde Belastungen, wie beispielsweise Hitze, können zu chronischem Stress führen (Geischeder 2017; Veissier et al. 2018).

#### 3.4.3.1 Stress Induktoren beim Treiben von Rindern

Umtriebe, Verladen und Transport sind jeweils Stressbelastungen für Rinder (Nanda et al. 1990; Kenny und Tarrant 1987). Eine ruhige Herangehensweise ist wichtig, um die Tiere nicht panisch werden zu lassen. Hektische und abrupte Armbewegungen, als auch hochfrequente und intermittierende

Geräusche, wie Pfeifen und Rufen, stressen die zu treibenden Rinder (Grandin 2013). Im Fall eines Stallbrandes müssen die darin befindlichen Tiere möglichst zügig und sicher evakuiert werden, sodass Rinder unter Zeitdruck und unter Stress getrieben werden müssen. In dieser Hinsicht sind die Bedingungen am Schlachthof vergleichbar - auch hier sollten Tiere unter Zeitdruck kontrolliert der Schlachtung zugeführt werden. Faktoren wie Luftzüge, fremde Personen und sich bewegende Gegenstände, wie beispielsweise raschelnde Folien, können dabei eine Tierbewegung zum Stoppen bringen (Grandin und Johnson 2005). Eine sehr bedeutsame Rolle haben dabei rutschige Böden, da ausrutschende und stürzende Tiere panisch werden und damit auch andere Tiere beeinflussen (Grandin 2010a). Des Weiteren können schlechte Lichtverhältnisse die Tiere zum Stehenbleiben bewegen, beispielsweise bei starken Kontrasten, Reflektionen auf Metall oder einer nassen Oberfläche, wenn sie ins Dunkle hineingetrieben werden oder wenn sie von einer Lichtquelle geblendet werden (Grandin 1989; ÖKL 2017; Gastecker 2020).

In Bezug auf das Treiben von Rindern formulierten Grandin und Johnson (2005) „*The real Problem is Novelty*“. Rinder haben ein ausgeprägtes Erkundungsverhalten und sind neugierig beispielsweise gegenüber neuen Objekten, wenn die Situation nicht bedrohlich wirkt und sie eigenbestimmt sowie langsam erkunden können (Winckler 2009). Am Schlachthof resultiert der Stress hauptsächlich aus der erzwungenen Konfrontation mit einer neuen Umgebung (Grandin 2013). Auch Veränderungen in der Haltungsumgebung der Rinder können Stress auslösen, mit merklicher Reduktion der Milchleistung (Gräff 2017; Broucek et al. 2017; Weiss et al. 2004). Grandin et al. (1994) konnten darstellen, dass Rinder, wenn sie die Wahl haben, lieber einen bekannten Gang nehmen, als einen Unbekannten, selbst wenn der bekannte Gang eine unangenehme Behandlung beinhaltet. In dem Versuch wurden Rinder durch ein Gangsystem mit einer Y-Kreuzung getrieben. Die Tiere blieben bei mehrmaligem Durchtrieb überwiegend bei einem der beiden Gänge. Anschließend wurden sie in dem Gang, für den sie sich jeweils entschieden haben, in einem Durchtreibbestand kurzzeitig fixiert. Trotz dieser unangenehmen Behandlung wählten sie bei nachfolgenden Durchgängen nach wie vor diesen bekannten Gang. Der ihnen unbekannte Gang war für sie weniger attraktiv. Auch Hutson (1985) bemerkte bei einem Versuch mit Schafen, dass Tiere bei wiederholtem Durchtreiben bereitwilliger einen Gang durchliefen, auch wenn sie nicht mit Futter belohnt wurden und selbst dann, wenn sie am Ende des Ganges fixiert wurden. Dieser Angst vor dem Unbekannten kann also durch Training begegnet werden. Rinder, die zum ersten Mal transportiert werden, zeigen mehr Stressanzeichen als Rinder, die wiederholt transportiert werden (Stockman et al. 2011).

Der Gewöhnungseffekt der Tiere ist sehr spezifisch. Grandin (2021) beobachtete Pferde bei der Gewöhnung an ein neues Objekt. Die Tiere wurden in Ruhe über mehrere Tage an einer Kinderrutsche vorbeigeführt, bis sie ohne zu halten daran vorbeigingen. Dann wurde für einen Teil der Tiere die Rutsche um 90° gedreht, wodurch der Gewöhnungseffekt größtenteils verschwand. Pagel (1986) berichtete wie folgt von einem Brand: „*Die Panik der Tiere (...) war dadurch begründet, daß sie den Stall auf ungewohntem Weg verlassen mußten (...) nachdem die Kühe den gewohnten Weg zur Hauskoppel erreicht hatten, liefen sie aus eigenem Antrieb weiter.*“ Ruppert (1985) fasste Evakuierungsversuche

aus den 70er Jahren in Russland folgendermaßen zusammen: *„Jahrelange Versuche von Roitman, Pawlowa und Schurin (1978) ergaben, daß sich bei Tieren ein gewisser Zwang zum Verlassen des Stalles auf ganz bestimmten Wegen ausbildet und daß es praktisch unmöglich ist, die Tiere innerhalb des Stalles auf andere Wege zu lenken.“*

In Wesenstests werden Rinder in ungewohnte Situationen verbracht und ihre Reaktionen auf die Isolation von der Herde oder auf plötzlich in ihr Sichtfeld eingebrachte Objekte bewertet (Hoy 2009). Anhand der Reaktionen, wie Kot- und Urinabsatz, die Stellung des Kopfes oder die Bewegungsaktivität, lässt sich der induzierte Stress einschätzen (Mathias und Daigle 2019; Mathias et al. 2018; Yuen et al. 2017; Daigle et al. 2020).

#### 3.4.3.2 Stress-Beurteilung am Tier

Stürze, Vokalisation, Ohrzuckungen, vermehrte Schwanzbewegungen u.w. sind typische tierbezogene Indikatoren um Stressanzeichen beim Rind zu beobachten (Grandin 2013, S. 495; Grandin und Shivley 2015, S. 1237; Grandin 2010b).

Der Stress der Tiere lässt sich jedoch auch objektiv, quantitativ messen. Die physiologische Reaktion auf Stress beinhaltet die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HHN-Achse) mit der resultierenden Steigerung der Produktion von Glukokortikoiden (GK) wie Cortisol in der Nebennierenrinde (Neumann und Schenck 1987). Als Stress-Hormone regulieren GK den Energie-Haushalt und machen gespeicherte Energie in Stressmomenten schnell verfügbar (Borrel 2009). Die Quantifizierung der Cortisol-Konzentration im Serum ist eine bewährte Methode, um die Reaktion von Tieren auf eine potentiell Stress-induzierende Situation objektiv zu bewerten (Palme et al. 1999). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Serum-Cortisol-Konzentration sehr reaktiv ist und nur eine Momentaufnahme darstellt (Möstl et al. 2002; Idris et al. 2021). Für eine Blutprobenentnahme ist eine Fixation der Tiere notwendig, wodurch eine überlagernde Stressreaktion nicht auszuschließen ist (Palme 2019; Palme 2012).

Daher haben sich alternative, nicht-invasive Vorgehensweisen bei der Bestimmung der HHN-Achsen Aktivität etabliert, welche auf der Quantifizierung der Cortisol-Metaboliten beruhen (Ebinghaus et al. 2020; Rouha-Mülleider et al. 2010; Pesenhofer et al. 2006). Diese können über Haare, den Speichel, die Tränenflüssigkeit, die Milch sowie über den Kot bestimmt werden (Heinrich et al. 2020; Tallo-Parra et al. 2015). Die Korrelation zwischen der Serum-Cortisol-Konzentration und der dazu zeitlich verschobenen Metaboliten-Konzentration ist tierartlich unterschiedlich (Möstl et al. 2002; Palme und Möstl 1997). Der Peak der Konzentration der Faecalen-Cortisol-Metaboliten (FCM) findet beim Rind 9-12 Stunden nach dem Stressmoment statt (Palme 2019). Viele methodische Faktoren wie die Probennahme, Lagerung, Transport und analytische Labormethoden beeinflussen die Ergebnisse der FCM Quantifizierung, weswegen der Vergleich von absoluten FCM-Werten zwischen Studien erschwert ist, sodass keine allgemeinen Referenzwerte definiert sind und Basalwerte von jedem Tier erhoben werden müssen als Kontrollwerte (Palme 2019; Palme 2012).



Eine weitere Möglichkeit, den Stress von Tieren zu bewerten, beruht auf der Regulation der Herzaktivität durch das vegetative bzw. autonome Nervensystem. Die Depolarisierung der Schrittmacherzellen des Sinusknotens bzw. des Atrioventrikularknotens steht unter dem Einfluss des parasympathischen Nervensystems (PNS), dessen Aktivität die Herzfrequenz senkt, als auch des sympathischen Nervensystems (SNS), dessen Aktivität die Herzfrequenz steigert (Kovács et al. 2014a; Kovács et al. 2014b). Durch die Aktivität des SNS wird der Körper in erhöhte Leistungsbereitschaft versetzt, unter anderem als Reaktion auf eine Stress-induzierende Situation, sodass eine erhöhte Herzfrequenz als Parameter für die Bewertung der Stress-Reaktion eines Tieres verwendet werden kann. Im basalen Zustand beeinflussen sowohl PNS als auch SNS die Herzfrequenz, wodurch ständig geringfügige Anpassungen an Umweltreize stattfinden. Das lässt sich durch die Messung der Änderungen in den Abständen zwischen zwei Herzschlägen, der Herzfrequenzvariabilität (HRV), darstellen (Ernst 2017). Die HRV ist im Basalzustand ausgeprägt, da ständig antagonistische Einflüsse von PNS und SNS auf die Herzfrequenz einwirken. Im Moment hoher Leistungsbereitschaft dominiert jedoch der Einfluss des SNS, wodurch die HRV sinkt. Sowohl Herzfrequenz als auch HRV stellen Momentaufnahmen dar und müssen in der Regel telemetrisch erhoben werden (Borell et al. 2007).

#### 3.4.3.3 *Treiben trächtiger Tiere*

Inwieweit Stress, als primäre Anpassungsreaktion auf Umweltbedingungen, negative Auswirkungen auf Verhalten und Körperfunktionen hat, ist unter anderem abhängig von Intensität und Dauer der stressauslösenden Umstände (Borrel 2009). Von Glukokortikoiden ist bekannt, dass sie in ausreichender Dosierung im dritten Trächtigkeitsdrittel eine Geburt bzw. einen Abort auslösen können (Currie und Thorburn 1977, Aurich 2002). Nagel et al. (2019) fassten die Gefahr von Aborten durch Transportstress für hochtragende Rinder gut zusammen.

Auch negative Auswirkungen auf Kälber von Muttertieren, die in der späten Trächtigkeit Stress ausgesetzt waren, sind beschrieben. Die Gewichtszunahme von Föten ist exponentiell, das meiste Wachstum findet im letzten Trächtigkeitsdrittel statt (Bauman und Currie 1980). Tao und Dahl (2013) verglichen mehrere Studien, die die Effekte von Hitzestress in der Trockenstehperiode von Milchkühen auf die danach geborenen Kälber untersuchten. In all diesen Studien wurde ein verringertes Geburtsgewicht der Kälber ermittelt, mit einer gemittelten Reduktion von 12,5%. Das reduzierte Geburtsgewicht wirkt sich auch auf das Leistungspotential der Kälber aus. Sie haben geringere Tageszunahmen, sowie eine schlechtere Fruchtbarkeit und in der ersten Laktation eine erniedrigte Milchleistung (Dahl et al. 2016). Dem gegenübergestellt sind die Erkenntnisse zum Einfluss von pränatalem Stress in der Frühträchtigkeit nicht eindeutig. Lay et al (1997) setzten trächtige Rinder bis zum 140 Trächtigkeitstag wiederholten Transportstress aus und erfassten bei den so pränatal gestressten Kälbern ein erhöhtes Geburtsgewicht, als auch schwerere Hypophysen. Littlejohn et al. (2016) konnten dagegen bei einem sehr vergleichbaren Versuchsaufbau keinen Einfluss auf Geburtsgewicht und Absetzgewicht der pränatal gestressten Kälber feststellen, jedoch fanden sie erhöhte Basal-Serumcortisol-Konzentrationen. Chronischer pränataler Stress, ausgelöst durch Lärm und flackerndes Licht, hatte bei Ratten zwar keinen Einfluss auf das Geburtsgewicht, wohl aber auf die

spätere Entwicklung der spontanen Alteration der Jungtiere (Fride et al. 1986). Graignic-Philippe et al. (2014) betonten die Bedeutung des Zeitpunkts des pränatalen Stresses, sowie dessen Chronizität für die Auswirkungen auf die Nachkommen.

### 3.5 Evakuierungsstrategien von Nutztieren

Wie im Kapitel 3.2.4 beschrieben, bleiben Empfehlungen zur Gestaltung von Rettungsöffnungen und zu Evakuierungsmöglichkeiten vage. Zumeist wird sich in Veröffentlichungen auf die Verhütung von Bränden konzentriert. Wie Tiere sich bei einem Stallbrand verhalten und welche Evakuierungsstrategien sich daraus ableiten könnten, soll folgend dargestellt werden. Dabei muss zumeist auf Erfahrungsberichte zurückgegriffen werden, die sich stellenweise widersprechen.

Evakuierungsversuche mit Schweinen und Rindern in den frühen 80er Jahren in Russland zeigten, dass an Weide gewöhnte Rinder den Stall selbstständig über die ihnen bekannten Wege verließen. Tiere ohne Weidegang verblieben jedoch im Stall. Auch, dass Tiere ohne Weidegang zurück in den Stall liefen, wurde beschrieben und dass die Tiere sich sträubten für sie unbekannte Wege zu verwenden (Roitman et al. 1981). Werden die Tiere über bekannte Wege evakuiert, die sie zum Beispiel durch den täglichen Weidegang gewohnt sind, kann die Evakuierung rasch erfolgen (CFPA Europe 2015; Gebäudeversicherung Kanton Zürich 2009). Pagel (1986) sah sogar einen lang anhaltenden Effekt einer Weidegewöhnung im Sommer auf den Erfolg einer Evakuierung im Winter. Auch andere Autoren berichten über ein gutes Langzeitgedächtnis von Rindern. Hirata und Takeno (2014) stellten dar, dass Kühe sich an ein Objekt erinnerten, mit dem sie vor einem Jahr gelernt haben, es mit schmackhaftem Futter zu assoziieren. Ksiksi und Laca (2002) zeigten, dass Rinder auch 48 Tage nach dem Training noch die Position der vier von 64 gleichmäßig verteilten Containern wussten, welche als einzige mit Futter gefüllt waren. Des Weiteren ist mit einer Selbstrettung der Tiere bei geöffneten Toren nicht zu rechnen, vielmehr muss verhindert werden, dass evakuierte Tiere wieder zurück in den Stall laufen (Götz 2021; Morauw und Gimenez 2014; Vermont Barn Fire Task Force 2022; Miller und Miller 1995). Ruppert (1985, S. 62) formulierte, dass das Zurücklaufen in den Stall nach erfolgreicher Evakuierung als Ausdruck der Verängstigung der Tiere zu interpretieren sei und dieses Verhalten insbesondere auftritt, wenn noch andere Tiere in der Stallung verbleiben. Von Schweinen wird zudem berichtet, dass sie sich bei einem Brandfall instinktiv in die vermeintlich sichere Bucht zurückziehen und eine ausgeprägte Aggressivität zeigen, wenn sie herausgetrieben werden sollen (ALB Hessen 2012). Karlsch und Jonas (1993) sahen einen Zusammenhang vom Tierverhalten zum Zeitpunkt des Brandes und beschrieben dass gerade nachts die Tiere den Stall nicht verlassen würden. Das Ausleuchten des Bereichs, zu dem die Tiere außerhalb des Stalls getrieben werden sollen, kann den Austrieb erleichtern (Gebäudeversicherung Kanton Zürich 2009). Dieser Bereich sollte weit genug vom Stall entfernt, sicher einzäunbar und ganzjährig erreichbar sein und im Idealfall in der gängigen Windrichtung liegen (Zajaczkowski und Wheeler 2001; Morauw und Gimenez 2014).

Es ist sehr bedeutsam, dass ausreichend viele, geübte Rettungskräfte vor Ort sind und mit Ruhe, sowie unter Zuhilfenahme der Betriebsangehörigen die Tiere heraustreiben (ALB Hessen 2012; CFPA Europe 2015). Das Vorausführen von ruhigen Leittieren, eventuell mit aufgesetzten Blenden, wird als vorteilhaft beschrieben, da die anderen Tiere dann leichter, dem Herdentrieb entsprechend, folgen würden (Karlsch und Jonas 1993; Schmittner 2011; Gimenez et al. 2008).

Das Verhalten der Tiere kann das Treiben bzw. das Führen erschweren. Neben Panischem Verhalten wird von ruhigen, teilnahmslosen und sich hinlegenden Tieren berichtet (Ruppert 1985; Karlsch und Jonas 1993; Pagel 1986). Das apathische Verhalten von Tieren, die Brandrauch ausgesetzt waren, lässt sich durch die Pathophysiologie einer Rauchvergiftung erklären, bei der Kohlenmonoxid eine entscheidende Rolle spielt (Pauluhn 1992). Die Symptome einer Kohlenmonoxid-Vergiftung, wie Bewusstseins- und Wahrnehmungseinschränkungen, beruhen auf einem Sauerstoffmangel im Gewebe (Henschler 1987). Marsh (2007) beschrieb die Symptomatik bei Pferden mit Depression, Orientierungslosigkeit und Ataxie bis hin zu einem moribunden bzw. komatösen Zustand.

Pagel (1986) wertete methodisch Erfahrungsberichte von Stallbränden aus und fasste die Ergebnisse ihrer Interviews von betroffenen Landwirten zusammen:

- Erhalten die Tiere Weidegang und ist ihnen der Fluchtweg bekannt, verlassen sie ihren Stall selbstständig.
- Tiere, die ihren Stall noch nie verlassen haben, widersetzen sich der Rettung.
- Gewaltsame Rettung ruft weiteren Widerstand von Seiten der Tiere hervor.
- Mit dem Zurücklaufen bereits geretteter Tiere in ihren Stall ist zu rechnen, wenn sie gewaltsam befreit wurden. Deshalb ist nach der Rettung für sofortige Unterbringung der Tiere in abriegelbaren Notunterkünften zu sorgen.
- Ist der Stall für Helfer infolge der Feuerausbreitung nicht mehr begehbar und sind nur noch Stalltüren von brennenden Ställen zu öffnen, kommen viele Tiere von allein aus dem Stall, wenn sie dort nicht angebunden oder eingesperrt sind.
- Hat sich im Stall Rauch entwickelt, dem die Tiere einige Zeit ausgesetzt waren, verhalten sie sich in jedem Fall ruhig und teilnahmslos. Auch von Bullen geht keinerlei Gefahr aus. Den Tieren muss bei der Flucht geholfen werden.
- Liegt keine Rauchvergiftung vor und bedroht das Feuer die Tiere unmittelbar, entsteht Unruhe bis Panik.
- Bei bereits beunruhigten Tieren kann der Landwirt besänftigend auf die Tiere einwirken. Es ist auf einen ruhigen Rettungsablauf zu achten, da Aufregung von Seiten der Helfer sich auf die Tiere übertragen kann.



## 4 Erweiterte Methoden

Die publizierten Studienergebnisse entstanden im Rahmen des Forschungsprojekts „Rettung von Großvieh bei Brandereignissen landwirtschaftlicher Gebäude in Holzbauweise“ (REGROBRA) unter Projekträgerschaft der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) mit Fördermitteln des BMEL. Ein Pilotversuch einer nächtlichen Evakuierung einer Milchviehherde wurde konzipiert und durchgeführt, um das Verhalten von Rindern bei einer Evakuierung zu untersuchen und um Ansätze für angepasste Rettungswege zu erproben. Der Studie wurde die Tierversuchsgenehmigung mit der Referenznummer ROB-55.2-2532.Vet\_02-21-40 (05.08.2021) durch die Regierung Oberbayern erteilt.

### 4.1 Der Versuchsbetrieb

Der Versuch wurde am Staatsgut Achselschwang bei Utting am Ammersee durchgeführt. Der Betrieb ist ein Versuchs- und Ausbildungsbetrieb und umfasst rund 150 laktierende Kühe, aufgeteilt in eine Hochleistungs-, eine Niederleistungs- und eine Versuchsgruppe für Fütterungsversuche. Die Herde besteht größtenteils aus Fleckvieh-Kühen (ca. 60 %) und anteilig aus Braunvieh-Kühen (ca. 30 %) und Rotbunten-Kühen (ca. 10 %).

Der Stall ist ein vierreihiger Außenklima-Tiefboxenlaufstall mit einem zentralen und einem randständigen Futtertisch (Abb. 4). Gegenüber der laktierenden Herde, auf der anderen Seite des zentralen Futtertischs befinden sich der Trockensteher- und der Transitbereich, sowie die Abkalbebuchten. Die Kühe werden zweimal am Tag in einem 2x8-Fischgrätenmelkstand und einem 2x4-Tandemmelkstand gemolken. Das durchschnittliche Jahresgemelk im Jahr 2021 betrug 10.988 kg Milch mit 4,13 % Fett und 3,60 % Eiweiß (Staatsgut Achselschwang 2022). An der Stirnseite des Stalls befindet sich eine etwa 0,75 Hektar große Weide, welche zeitweise für eine Teilgruppe der trockenstehenden Kühe verwendet wird.



*Abbildung 4: Milchviehstall mit angrenzender Weide des Staatsguts Achselchwang (eigene Aufnahme). Links vom randständigen Futtertisch (#) befindet sich die laktierende Herde und links vom zentralen Futtertisch (\*) befinden sich die Trockensteher.*

Die Laufgänge sind planbefestigt mit Gummiauflagen im Bereich der Futtertische. Die Gülle wird mit automatisch laufenden Mistschiebern abgezogen und fällt endständig an den Stallöffnungen durch Gülleabwurfgitter. Abschnittsweise ist ein Güllesaugroboter im Einsatz. Die weiblichen Jungrinder haben während ihrer Aufzuchtphase am Betriebsstandort in Hübschenried Weidezugang.

## 4.2 Versuchsaufbau

Das Ziel des Versuchs war die nächtliche Evakuierung einer Milchviehherde in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr. Dabei sollten das Tierverhalten und die Stressbelastung der Tiere erfasst werden.

### 4.2.1 Versuchsgruppen

Es wurden drei Versuchsgruppen mit je 23 Kühen gebildet, welche letztendlich bei der Evakuierung zeitgleich über drei vergleichbare, präparierte Öffnungen an der Stirnseite des Stalls herausgetrieben wurden (Abb. 5). In der veröffentlichten Publikation wurden sie als NonH (Nicht gewöhnte Gruppe), NonH-R (Nicht gewöhnte Gruppe mit Treibgang) und HABIT (Gewöhnungsgruppe) bezeichnet.

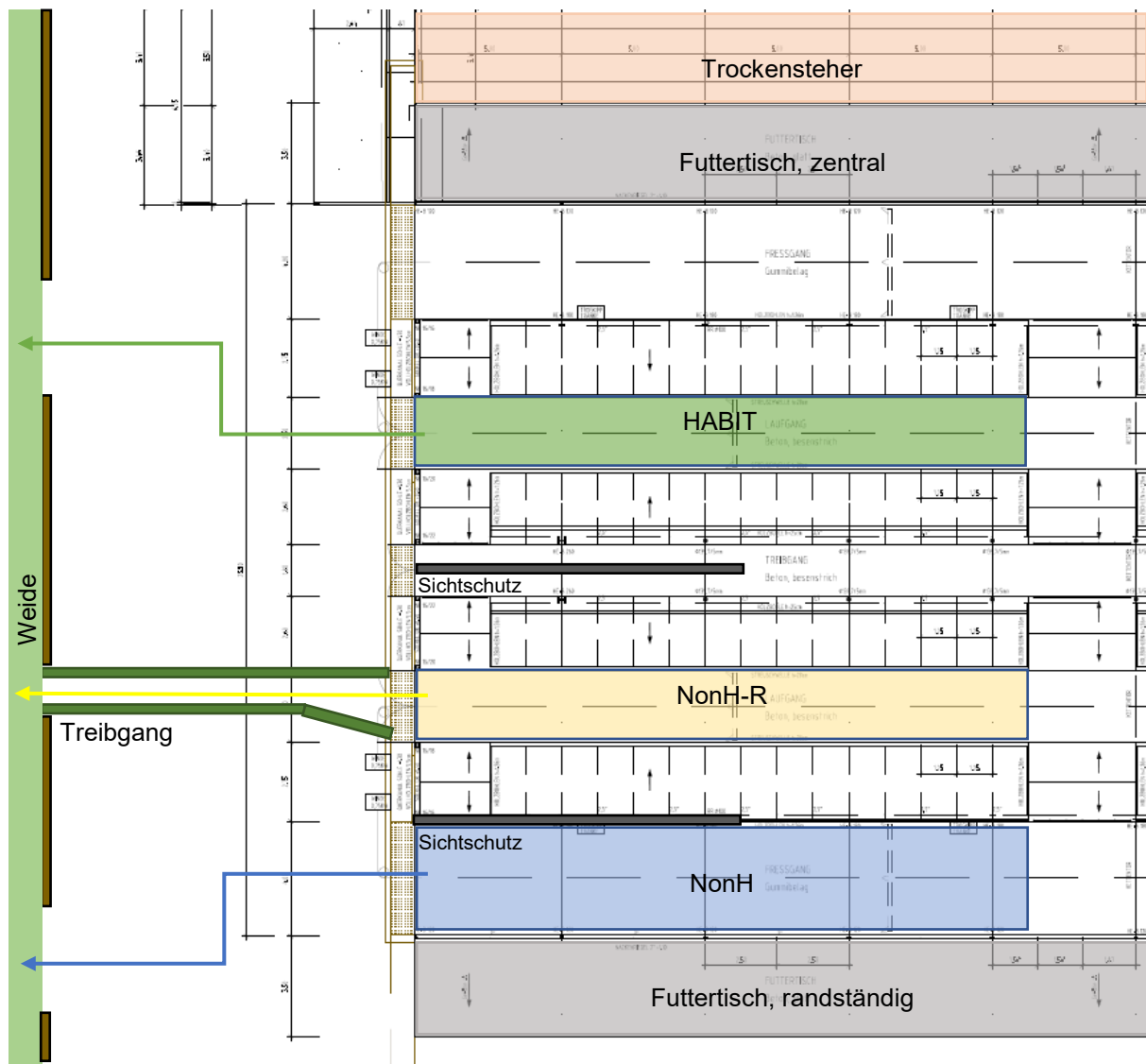


Abbildung 5: Ausschnitt des Stallplans (modifiziert); Darstellung der der Weide zugewandten Stirnseite des Milchviehstalls in Achselschwang mit den Austriebspositionen der Versuchsgruppen Gewöhnung (HABIT), Ohne Gewöhnung mit Treibgang (NonH-R) und Ohne Gewöhnung (NonH).

Zwischen den jeweiligen Treibgängen waren Bauzäune mit blickdichten Wetterschutzplanen positioniert als Sichtschutz, um eine gegenseitige Beeinflussung auszuschließen (Abb. 6).



*Abbildung 6: Bauzäune mit Sichtschutz (links im Bild) zwischen HABIT und NonH-R (eigene Aufnahme). Da die Schwunggatter nur nach innen aufschlugen, wurden sie für die Evakuierung durch Spanngurte ersetzt.*

**NonH:** Diese Gruppe verließ den Stall über den Gülleabwurf auf der, von der Weide aus betrachtet, rechten Seite des Stalls, beim randständigen Futtertisch. Der Laufgang am Futtertisch war 4 m breit mit einer endständigen Öffnung von 2,8 m Breite. Diese Gruppe stellte eine Kontroll-Gruppe dar, da ihr Austrieb zwar wie oben beschrieben adaptiert war, jedoch keine weiteren Maßnahmen ergriffen wurden. Die 23 Tiere von NonH und die 23 Tiere von NonH-R wurden am Tag der Evakuierung zufällig aus der Hochleistungsgruppe ausgewählt.

**NonH-R:** Die 23 Kühe von NonH-R waren im mittleren Laufgang mit einer Breite von 2,5 m positioniert. Ihre Öffnung war 2,6 m breit. An die Öffnung schloss sich ein Treibgang aus Weidepanelen an (Panel-6; 1,7 m Höhe; Patura, Laudenbach, Deutschland), welche mit blickdichten Wetterschutzplanen versehen waren, um die Sicht der Kühe auf die ungewohnten Ablenkungen wie Feuerwehr-Einsatzwagen und das Blaulicht zu blockieren und um ein Umkehren der Rinder zurück in den Stall zu verhindern (Abb. 7). Der Treibgang verjüngte sich von der Öffnung auf eine Breite von 0,9 m und endete unmittelbar auf der Weide.





*Abbildung 7: Treibgang für die Versuchsgruppe NonH-R, Ohne Gewöhnung mit Treibgang (eigene Aufnahme).*

**HABIT:** Die Rinder in HABIT waren Tiere der Niederleistungsgruppe und waren daher im regulären Betriebsablauf bereits separiert gehalten. Sie befanden sich, von der Weide aus betrachtet, links von NonH-R, auf der rechten Seite des zentralen Futtertischs. Sie wurden über acht Tage vor der Evakuierung täglich nach dem morgendlichen Melken in Ruhe durch Betriebsmitarbeitende durch die präparierte Öffnung auf die Weide getrieben, um sie an den Austrieb zu gewöhnen. Sie verblieben 45-60 Minuten auf der Weide und wurden dann wieder zurückgetrieben. Ihr Laufgang war 2,5 m und ihre Öffnung 2,6 m breit. In einem Vorversuch im Mai wurde eine Weidegewöhnung von 31 Kühen der Niederleistungsgruppe über acht Tage hinweg begleitet. Neun dieser Kühe wurden auch für den Austrieb im September eingesetzt, aber nur in HABIT. Von den restlichen Tieren, die im Mai ausgetrieben wurden, waren im September 13 Tiere in die Fütterungs-Versuchsgruppe des Staatsguts Achselschwang gewechselt, 5 waren trocken gestellt, 3 waren nicht mehr im Bestand und eine Kuh war im letzten Trächtigkeitsdrittel tragend.

## 4.2.2 Tiere

Beim Austrieb wurden keine Kühe eingesetzt, die im letzten Drittel der Trächtigkeit waren. Auch wurden Tiere ausgeschlossen, die einen BCS unter 2 oder über 4 hatten. Im Zusammenhang mit den Kotprobennahmen wurden alle Kühe tierärztlich im Hinblick auf die Beurteilungskriterien nach Tabelle 7 untersucht (siehe Anhang Abb. 20).

Im Fall, dass ein Beurteilungskriterium nicht der Norm entsprach, wurde das Tier nicht ausgetrieben und umgehend dem Betriebsleiter gemeldet, zur Umgruppierung bzw. zur Behandlung. Alle Tiere in den Versuchsgruppen waren gesund und hatten keine Anzeichen einer Lahmheit. Es wurden keine Erstlaktierende eingesetzt, die in dieser Saison am Jungviehaufzuchtstandort auf der Weide waren.

*Tabelle 7: Ausschlusskriterien Austrieb*

<b>Beurteilungskriterium</b>	<b>Norm</b>
<b>Lahmheitsbeurteilung</b>	Ungestörter Bewegungsablauf, gleichmäßige Belastung der Gliedmaßen, symmetrische Schrittlänge
<b>Rektaltemperatur</b>	38,0 – 39,0 °C
<b>Allgemeinbefinden</b>	Ungestört, aktiv und aufmerksam, Ohren hochgestellt
<b>Body-Condition-Score</b>	BCS 2,0-4,0
<b>Trächtigkeitsdauer</b>	Nicht tragend oder in den ersten zwei Trächtigkeitsdritteln tragend

Die Tiere in HABIT, NonH und NonH-R bestanden hauptsächlich aus Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und einigen Rotbunten (RBT) oder Kreuzungen mit Fleischrindern (XFM) (FL-BV-RBT-XFM; 11-6-2-4 ggb. 11-9-0-3 ggb. 8-8-4-3). Die Tiere in HABIT unterschieden sich von den Tieren in NonH und NonH-R im Hinblick auf ihr Alter, der Laktationsnummer, der Tagesmilchmenge und den Tagen in Milch (Tab. 8).

*Tabelle 8: Eigenschaften der Tiere in den Versuchsgruppen. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung*

<b>Versuchsgruppe</b>	<b>Alter (in Jahren)</b>	<b>Laktationsnummer</b>	<b>Tagesmilchmenge (in kg)</b>	<b>Tage in Milch</b>
HABIT	4,64 ± 2,89	2,57 ± 2,70	28,05 ± 3,70	181 ± 95
NonH	5,25 ± 1,65	3,22 ± 1,56	41,28 ± 5,09	112 ± 69
NonH-R	5,47 ± 1,23	3,43 ± 1,06	42,01 ± 3,55	123 ± 69

### 4.2.3 Austriebsgestaltung

Der Austrieb sollte an der Stirnseite des Stalls erfolgen. Die Laufgänge des vierreihigen Laufstalls enden wie oben beschrieben mit Toren in der Stallwand und jeweils einem Gülleabwurfgitter. Ohne Vorbereitung wären diese Öffnungen nicht geeignet für einen Austrieb der Tiere, da sie mit ihren Klauen zwischen die Gitterstäbe rutschen können. Deswegen wurden Abdeckungen für die Gülleabwürfe konzipiert und von der Technischen Hochschule Rosenheim hergestellt. Diese bestanden aus einer Holzplatte mit aufgenageltem Gummimatte, welche dem Bodenbelag der Laufgänge in Achselschwang entsprach (Abb. 8).



Abbildung 8: Gülleabwurfabdeckungen (eigene Aufnahme)

An der Unterseite wurden Streben angebracht, die in die jeweiligen Gitter der Gülleabwürfe griffen, wodurch die Abdeckung in ihrer Position stabilisiert war und nicht ins Rutschen kam. Auf den ersten Metern hinter den Öffnungen wurde für die Evakuierung Stroh verteilt. Zudem wurden Querverbindungen zwischen den Laufgängen geschlossen, sodass die Kühe an den Öffnungen keine Möglichkeit hatten seitlich auszuweichen. Die angrenzende Weide war durch eine etwa 20 m breite Asphaltfläche von der Stirnseite des Stalls entfernt und mit einem Holzzaun, sowie ergänzender, stromführender Weidezaunlitze eingegrenzt. Für eine bessere Sichtbarkeit des Zauns wurde für die Rinder in regelmäßigen Abständen blauweißes Flatterband an den Zaun geknotet (Abb. 9).



Abbildung 9: Weidezaun mit Flutterband (eigene Aufnahme)

## 4.2.4 Ablauf der Evakuierung

Die Evakuierung fand Ende September 2021 statt. Die Feuerwehr rückte um 20 Uhr abends, nach Sonnenuntergang, mit Blaulicht und Sirenen an und platzierte die Einsatzfahrzeuge an beiden Seiten des Stalls woraufhin die Sirenen abgestellt wurden, nicht jedoch das Blaulicht. Sie leuchtete die Weide und die Fläche vor dem Stall mit Scheinwerfern aus, welche quer zu der Laufrichtung der Tiere angeordnet waren, um die Tiere nicht zu blenden. Im Innern wurde die den Tieren vertraute, gedimmte Nachtbeleuchtung angelassen, aus Sicherheitsgründen und um die Videoaufzeichnung zu erleichtern. Aus den gleichen Gründen wurde auf den Einsatz von Kunstrauch verzichtet, wobei zudem nicht gegeben ist, dass der Einsatz von blickdichtem, jedoch kaltem Rauch realitätsnähere Versuchsbedingungen ergeben hätte. Jeweils ein Betriebsmitarbeiter und ein Mitglied der Feuerwehr in voller Montur positionierten sich als Treiber am von den Öffnungen gegenüberliegenden Ende der Laufgänge. Die nur nach innen aufgehenden Schwunggatter wurden durch Spanngurte ersetzt (siehe Kapitel 4.2.1, Abb. 6). Diese wurden zeitgleich geöffnet, woraufhin die Treiber begannen Druck auszuüben auf die Kühe, indem sie sich auf die Kühe zubewegten, die Tiere ansprachen und Armbewegungen machten. Sie nutzten keine Treibhilfen und waren instruiert keinen direkten Körperkontakt mit den Rindern aufzunehmen.

## 4.2.5 Kotprobennahme

Die Entnahme von Kotproben für die Bestimmung der FCM-Konzentrationen fand jeweils 10 Stunden  $\pm$  15 Minuten nach dem jeweiligen Austrieb statt, wenn die Kühe nach dem Melken am Futtertisch im Fressfanggitter standen. Kot wurde entweder bei spontaner Defäkation aufgefangen oder manuell aus dem Rektum entnommen. Hierfür wurden Rektalisierungshandschuhe und Gleitgel verwendet. Es wurden Abbruchkriterien definiert auf Basis eines Beurteilungsschemas der Stressbelastung der Kühe bei der Kotprobennahme, modifiziert nach Rizk et al. (2012). Der Abbruch der Kotprobennahme erfolgte bei einem kumulativen Score von 3 über alle Kriterien hinweg (Tab. 9, ergänzend siehe Anhang Abb. 20).

*Tabelle 9: Abbruchkriterien Kotprobenentnahme*

<b>Zu beobachten</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Score</b>
Ohren	Ohrbewegungen/Zuckungen, unabhängig von Kopfschütteln	1
Kopf	Versuch sich nach hinten umzusehen, Kopfschütteln	1
Gliedmaßen	Trippeln, Anziehen einer Gliedmaße	1
Schwanz	Seitliche schnelle Abwehrbewegungen	1
Rückenlinie	Aufziehen, Aufkrümmen	1
Vokalisation	Lautäußerungen jeder Art	3
Zähneknirschen	Hörbares aufeinander Reiben der Zahnreihen	3
Kot	Blutbeimengungen, rötliche Einfärbung	3

Entsprechend wurde von jeder Kuh zuvor eine Kotprobe genommen zur Basalwert-Bestimmung. Das fand statt nach dem morgendlichen Melken, sodass die FCM-Werte die Situation der Kühe in Ruhe, 10-12 Stunden zuvor, am späten Abend des vorherigen Tages, widerspiegeln sollten.

Der Kot wurde vom Rektalisierungshandschuh unmittelbar in ein Probenröhrchen überführt (Probengefäß 70 x 24 mm, 17 ml Volumen; Süsse, Gudensberg, Deutschland). Direkt im Anschluss erfolgte die Beschriftung und das Einfrieren bei  $-20^{\circ}\text{C}$  in einem Tiefkühlager auf dem Betrieb Achselschwang. Nach dem Versuch wurden die Proben in einem mobilen Tiefkühlgerät bei  $-18^{\circ}\text{C}$  zum Labor des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München transportiert. Dort wurden die Proben, wie in der

Publikation in dieser Arbeit beschrieben, vorbereitet und an das Labor des Department Biomedizinische Wissenschaften der Veterinärmedizinischen Universität Wien weitergeleitet für die Bestimmung der jeweiligen FCM-Konzentration in Nanogramm pro Gramm.

## 4.2.6 Tiererfassung beim Austrieb

Um das Tierverhalten beim Austrieb zu dokumentieren und um die benötigte Zeit für die Evakuierung zu erfassen, wurden Videoaufnahmen ausgewertet. Dazu war eine Dual-Sensor Kamera (AXIS P3715-PLVE Netzwerk Kamera; Axis Communications GmbH, Ismaning, Deutschland) an der Stalldecke angebracht, welche alle drei Ausgänge erfassen konnte. Dazu waren Videokameras auf Stativen im Außenbereich des Stalls im Einsatz. Zusätzlich fanden zwei Drohnen (DJI Mini 2; Da-Jiang Innovations- Science and Technology Co, Shenzhen, Guangdong) bei der Evakuierung Verwendung, um das Tierverhalten außerhalb des Stalls und auf der Weide festzuhalten.

Um die Reihenfolge der ausgetriebenen Tiere auf Einzeltierebene untersuchen zu können sollten Daten von RFID-Scannern eines Herdenmonitoring-Systems genutzt werden, welche über den Ausgängen angebracht wurden. Diese Scanner registrieren dazugehörige Ohrmarken-Clips, welche individuell bei Passage unter dem Scanner erfasst werden. Dadurch sollte die Erfassung, wann welche Kuh den Ausgang passiert, automatisch ablaufen. Bei Erprobung stellte sich jedoch heraus, dass das System nicht alle Ohrmarken-Clips an den Tieren erfasste beim Gruppen-Austrieb und manche doppelt erfasste. Eine Auswertung dieser Daten war daher nicht möglich.

## 4.3 Vorversuch

Wie in Kapitel 4.2.1 bereits beschrieben, wurde in einem Vorversuch im Mai eine Weidegewöhnung von 31 Kühen der Niederleistungsgruppe über acht Tage hinweg begleitet. Neun dieser Kühe wurden auch für den Austrieb im September eingesetzt, aber nur in HABIT. Von den restlichen Tieren, die im Mai ausgetrieben wurden, waren im September 13 in die Fütterungs-Versuchsgruppe des Staatsguts Achselschwang gewechselt, 5 waren trockengestellt, 3 waren nicht mehr im Bestand und 1 war im letzten Trächtigkeitsdrittel tragend. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Bachelorarbeit betreut, in der dieser Austrieb auf Einzeltierebene untersucht wurde, indem die Reihenfolge der Tiere bei fünf von den acht Austrieben erfasst wurde, zusammen mit dem Alter, Leistungsdaten, FCM-Werten und den Ergebnissen eines Group-Startle-Tests (Drexl 2022). Da wie oben beschrieben die automatische Erfassung über RFID-Scanner nicht funktionierte, wurden die Kühe mit Viehmarkern gekennzeichnet und via Videoaufzeichnungen manuell registriert.

Von den neun Kühen, die sowohl im Vorversuch im Mai ausgetrieben worden sind als auch im September als Teil der Gruppe HABIT, waren 5 Fleckvieh, 2 Braunvieh, eine Rotbunt und eine war eine Kreuzung mit Fleischrind. Unter ihnen waren zwei Altmelkende in der 11. und 8. Laktation. Daher unterschieden sich die neun Kühe zusammen betrachtet von den restlichen Tieren der Vorversuchs-Gruppe im Mai im Hinblick auf ihr Alter und der Laktationsnummer (Tab.10). Die Tagesmilchmengen und die Tage in Milch waren vergleichbar. Im Vergleich zu den restlichen Tieren in HABIT zeigte sich im September ein ähnliches Bild im Hinblick auf Alter und Laktationsnummer. Da die neun Tiere bereits seit Mai in der Niederleistungsgruppe waren, waren im September die Tage in der Milch erwartungsgemäß höher als bei den restlichen Tieren in HABIT. Die Tagesmilchmengen waren vergleichbar.

*Tabelle 10: Eigenschaften der neun Tiere, die sowohl im Mai als auch im September ausgetrieben wurden, im Vergleich zu den jeweils restlichen Tieren in den Austriebsgruppen (Mai: 22 weitere Kühe, September: 14 weitere Kühe). Angabe von Mittelwert und Standardabweichung.*

Tiere	Alter (in Jahren)	Laktationsnummer	Tagesmilchmenge (in kg)	Tage in Milch
Neun Mai	4,97 ± 4,07	3,00 ± 3,77	30,79 ± 3,40	115,89 ± 92,69
Rest Mai	3,69 ± 1,57	1,55 ± 1,26	28,31 ± 4,13	151,90 ± 114,48
Neun September	5,30 ± 4,07	3,00 ± 3,77	25,68 ± 4,94	234,89 ± 92,69
Rest September	4,22 ± 2,02	2,29 ± 1,98	29,86 ± 2,60	111,79 ± 64,44

#### 4.4 Online-Umfrage

Im Rahmen des Verbundprojekts REGROBRA wurde ergänzend zu dem in dieser Arbeit beschriebenen Versuch eine Online-Umfrage zu Erfahrungen bei bisherigen Stallbränden durchgeführt, um die Datengrundlage zu verbessern. Die Umfrage wurde über Unipark mit der Software EFS Survey (Tivian XI GmbH, Köln, Deutschland) erstellt und hatte eine Laufzeit vom 17.02.2021 bis 15.06.2021 und wurde in landwirtschaftlichen, tiermedizinischen und Feuerwehr bezogenen Fachzeitschriften beworben. Sie wurde von 670 Teilnehmenden beendet und von 812 vorzeitig abgebrochen. Es wurden nur wenige Pflichtfragen eingesetzt, um keine unsicheren Angaben zu forcieren. Insgesamt konnten die Angaben von 950 Teilnehmenden ausgewertet werden. Die Länge des Fragebogens sowie die Fragestellungen variierten, je nachdem ob die Teilnehmenden bei einem oder sogar mehreren Stallbränden vor Ort waren und welcher Personengruppe sie angehörten. So bekamen Landwirte und Tierärzte detailliertere Fragen zu den Tieren und der Tierhaltung als teilnehmende Mitglieder von Feuerwehren, ohne landwirtschaftlichen Hintergrund. Es wurden Fragen zu der beruflichen Stellung und den Tätigkeiten der Teilnehmenden gestellt, sowie allgemeine Fragen zum vorbeugenden Brandschutz an Betrieben, als auch spezifische Fragen zum Verlauf eines Brandes mit Rinderbeteiligung. Im Rahmen dieser Arbeit

wurde eine Masterarbeit betreut, in der u.a. die Angaben der Teilnehmer aus den Feuerwehren, ohne landwirtschaftlichen Hintergrund, zu bisherigen Bränden mit Rinderbeteiligung in Bezug auf den Evakuierungserfolg ausgewertet wurden (Achter 2022).

## 4.5 Statistik

Die statistische Analyse erfolgte mit IBM SPSS Statistics Version 26 und der frei verfügbaren Software R. Die Daten zur Milchleistung und FCM, sowie die Daten der Umfragenauswertung wurden mit Boxplots dargestellt und visuell auf Normalverteilung überprüft. Da zumeist keine Normalverteilung vorlag, wurden nichtparametrische statistische Tests verwendet. Um Unterschiede zwischen Versuchsgruppen, bzw. zwischen Kategorien der Umfrage, nachzuweisen wurde Kruskal-Wallis-Test mit anschließendem Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben zum paarweisen Vergleich und Nutzung der Bonferroni-Korrektur verwendet. Die Basalen FCM-Konzentrationen der Tiere und ihre FCM-Konzentrationen nach der Evakuierung wurden mit einem paarweisen Wilcoxon-Test verglichen. Die relativen Unterschiede zwischen den FCM-Konzentrationen wurden mit Kruskal-Wallis-Tests verglichen. Die gemittelte Milchleistung vor der Evakuierung wurde mit den individuellen Milchleistungen in den sieben Tagen nach der Evakuierung mit Friedman's nichtparametrischer Test für gepaarte Stichproben verglichen. Im Vorversuch wurde die gemittelte Austriebsreihenfolge der Kühe mithilfe von Pearson's Product Moment Correlation auf mögliche Korrelationen mit Eigenschaften und Leistungsdaten der Kühe überprüft. P-Werte unter 0,05 wurden als signifikant angenommen.



## 5 Publizierte Studienergebnisse

Titel:

**Exploring the Evacuation of Dairy Cattle at Night in Collaboration with the Fire Brigade: How to Prepare Openings for Swift Rescue in Case of Barn Fire**

Animals, 2022, Volume 12, Issue 11, Article ID 1344

<https://doi.org/10.3390/ani12111344>

Angenommen am 23.05.2022

Florian Die1<sup>1,2</sup>, Elke Rauch<sup>2</sup>, Rupert Palme<sup>3</sup>, Carola Sauter-Louis<sup>4</sup>, Eva Zeiler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Am Staudengarten 1, 85354 Freising, Deutschland

<sup>2</sup> Tierärztliche Fakultät, Veterinärwissenschaftliches Department, Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung, LMU München, Veterinärstraße 13/R, 80539 München, Deutschland

<sup>3</sup> Department für Biomedizinische Wissenschaften, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Österreich

<sup>4</sup> Institut für Epidemiologie, Friedrich-Loeffler-Institut, Südufer 10, 17493 Greifswald – Insel Riems, Deutschland

Folgend soll die Veröffentlichung zum Evakuierungs-Versuch am Staatsgut Achselschwang im Rahmen des Forschungsprojekts REGROBRA im September 2021 vorgestellt werden.

Der Artikel ist Open Access und ist online verfügbar unter:

<https://www.mdpi.com/2076-2615/12/11/1344>



Article

## Exploring the Evacuation of Dairy Cattle at Night in Collaboration with the Fire Brigade: How to Prepare Openings for Swift Rescue in Case of Barn Fire

Florian Diel <sup>1,2,\*</sup> , Elke Rauch <sup>2</sup> , Rupert Palme <sup>3</sup> , Carola Sauter-Louis <sup>4</sup> and Eva Zeiler <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Sustainable Agricultural- and Energy Systems, University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, 85354 Freising, Germany; eva.zeiler@hswt.de

<sup>2</sup> Chair of Animal Welfare, Ethology, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, 80539 Munich, Germany; rauch@lmu.de

<sup>3</sup> Department of Biomedical Sciences, University of Veterinary Medicine, 1210 Vienna, Austria; rupert.palme@vetmeduni.ac.at

<sup>4</sup> Institute of Epidemiology, Friedrich-Loeffler-Institut, 17493 Greifswald, Germany; carola.sauter-louis@fli.de

\* Correspondence: florian.diel@hswt.de

**Simple Summary:** The evacuation of farm animals out of a barn is a rarely considered subject. Especially in case of fire, there is a need for functional emergency exits as well as concepts of rescue for swift evacuation, since both the harmful smoke and the danger of collapsing roofs call for urgency. Field reports of firefighters and affected farmers state that barn animals hesitate to leave their familiar surroundings and rather try to withdraw to their known housing, which they deem as safe. Thus, it is not sufficient to simply open the doors and gates hoping for self-rescue of the animals. As there is a lack of guidelines on the design of emergency exits, we conducted an evacuation exercise of year-round housed dairy cattle, in cooperation with the fire brigade by night, to inspect the animals' behaviour. We found that preparing the exits according to the sensory perception of cattle, providing familiar surfaces and adequate lighting, and herding cattle correctly result in a speedy rescue, even if the animals were not habituated to leaving the barn before. We hope to set an example for farmers and fire brigades that are in need of instructions, and that more research considering this vital topic will follow.

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the influencing factors of successfully rescuing year-round housed cattle in case of a barn fire. Empirical research indicates the reluctance of cattle to leave their familiar barn. Subsequent retreat back to the perceived safety inside, which stands in contrast to the unknown and thus adversary elements outside, for example, the fire brigade, is to be expected. We examined the evacuation of 69 dairy cattle, split into three groups, to an adjacent pasture by night and inspected the animals' acceptance of two differently designed escape routes and the effect of preceding training. Along with the time needed for evacuating all animals, we measured faecal cortisol metabolites and daily milk yield to assess stress in the animals. Our preliminary assumption was that cattle trained for pasture would have a decisive advantage over untrained cattle. However, adapting the exits to the sensory physiology of the cattle resulted in an extensive impact on the animals' readiness to leave the familiar housing, as the evacuation of the cattle non-habituated to the exit was comparatively quick and successful. We consider this study instructional for fire brigades and farmers, encouraging them to develop a customised concept for rescuing their cattle in case of an emergency.

**Keywords:** livestock evacuation; fire preparedness; stockmanship; husbandry; sensory physiology; emergency management



**Citation:** Diel, F.; Rauch, E.; Palme, R.; Sauter-Louis, C.; Zeiler, E. Exploring the Evacuation of Dairy Cattle at Night in Collaboration with the Fire Brigade: How to Prepare Openings for Swift Rescue in Case of Barn Fire. *Animals* **2022**, *12*, 1344. <https://doi.org/10.3390/ani12111344>

Academic Editor: Frank J.C.M Van Eerdenburg

Received: 21 April 2022

Accepted: 23 May 2022

Published: 25 May 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

The research problem, concerning the evacuation of cattle in case of a barn fire, is an apparent gap in the current state of knowledge. Statistics about the occurrence of barn fires are scarce. While some data are collected about disasters by public authorities, the focus is usually on human fatalities or economic damages expressed by the value lost [1–3]. Concerning barn fires, the data collected vary vastly between countries, forming a patchwork of less expressive statistics. The number of fires in the agricultural sector in Austria is second in ranking right after residential fires [4]. In The Netherlands, between 0.2% and 0.3% of cattle farms, 0.5% of pig farms, and up to 1.28% of poultry farms are affected by barn fires per year [5]. In Belgium, around 4% of all fires were barn fires [6]. In Germany, the umbrella association of insurance companies counts about 5000 barn fires per year, being around 2.5% of all fires recorded, while there is no further differentiation between species and the number of affected animals [7].

There are many media reports concerning barn fires that are reviewed by animal welfare organisations [8,9], which in turn demand revised construction codes for barns, such as obligatory sprinkler systems or fire detection systems. While guidelines exist for the prevention of barn fires [10], there are no instructions on how to best evacuate livestock or how to design exits. The World Organisation for Animal Health (OIE) only mentions the general need for evacuation plans in their Terrestrial Animal Health Code [11] (Article 7.11.17 No. 16). Further recommendations limit themselves to specifying the minimum width of exits to be 1.5–2 times the largest animal width or elucidating the amount of exits and the maximum travel distance to an exit, with no further instructions given [12,13].

Farmers who are at risk of suffering from bush fires are given information about the logistics of transporting groups of animals through the countryside [14,15], triage references for assessing cattle after a fire (i.e., when fences trap the animals) [16], and feeding them afterwards [17]. However, the animals' reaction towards wildfires cannot be considered illustrative concerning the situation in a constricted space such as a barn, since the animals in an open field have plenty of options to evade the fire or even take advantage of it in hunting or foraging [18,19].

Regarding the behaviour of farm animals during a barn fire, there are only empirical field reports from affected farmers and firefighters. Factsheets underline the variety of animal behaviours, ranging from panic to aggression [20,21]. In addition, stoicism following exposure to smoke can result from early stages of carbon monoxide poisoning [22]. With respect to horses, guidance on blindfolding the animals and leading them out of the barn individually highlights the problematic instinct of the animals to seek refuge in their familiar housing [23]. The same instinct should be expected in other farm animals, but to a lesser extent if the animals are used to pasture [24,25]. In general, the willingness to accept an exit is improved by the habituation of the animals to it. Evacuation routines for livestock were proposed to become obligatory in East Germany [26]. In the 1980s, experimental evacuations of livestock took place in Russia [27]. Ruppert cites these studies in his dissertation, describing the observations that cattle habituated to pasture left the barn on their own, but only through the known openings. In contrast, non-habituated cattle took greater effort in terms of time and manpower [24] (pp. 56–58).

These field reports are congruent with prevailing opinions about herding and handling cattle, based on their physiology, ethology, and sensory perception. There are similarities between how to evacuate cattle in the case of a fire and how to reduce stress within cattle at the slaughter plant. In both cases, it is necessary to herd stressed cattle to an unknown location. Thus, the extensive work of Temple Grandin about welfare audits and handling and herding groups of cattle must be considered. Cattle choose an unpleasant but known option rather than one unknown to them [28]. Considering the sight of cattle, the adaptation to light is up to five times slower than in humans [29]. A path orderly lighted by the fire brigade at night or bright sunshine in the daytime might be glaring and blinding for cattle. In addition, the depth perception of cattle is worse than of humans, resulting in the need

for cows to inspect sharp contrasts on the floor, such as those created by shadows [30]. Because of this, the movement of a group of cows might be hindered or even stopped. In order for cows to accept races, for example, at the slaughter plant, they need safe footing and a clear line of sight [31]. The same is true for unknown flooring. In general, every distraction such as deflections, unknown vehicles, or persons around the exit can result in cattle balking, refusing to move, or turning around [32]. This knowledge should also be applicable to evacuating in case of a barn fire.

To evaluate the success of an evacuation, the primary concern is the required time. Secondly, the assessment of stress in the cattle can be an indicator of the willingness to use the escape route. However, the direct method of assessing stress by collecting blood samples right after evacuation and quantifying the serum cortisol level would not be possible, as catching and immobilising the animals on pasture for blood sampling risks additional superimposing stress [33]. Instead, quantifying faecal cortisol metabolites (FCMs) is a well-established, non-invasive approach in objectively comparing stress responses in animals [34–37]. Furthermore, due to the delay of faecal excretion, sampling faeces for quantifying FCMs must take place several hours (cattle: ~9–12 h) after the stressful event, as summarised by Palme [38].

In an effort to reduce the number of farm animals perishing in barn fires, this pilot study was undertaken. The practical goal of the study was to explore possible designs of egress and strategies evacuating cattle. The supporting, more scientific goal is to explore stress responses in cattle during evacuation. Our approach was to simultaneously evacuate three separated groups of cattle at night in cooperation with the fire brigade, advancing realistically with sirens and flashing lights, comparing two differently designed exits and the effect of habituating cattle to the exit beforehand. The long-term objective of this research topic is to establish the best practices within barns for emergencies. The aim of this study, therefore, was to indicate promising designs of openings for evacuation by recording behavioural and physiological stress responses of cattle during their rescue, thus encouraging farmers to develop rescue concepts for their farms.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Ethical Note

This study was approved by the competent authority of the administration of Upper Bavaria, Germany, with the internal approval code “ROB-55.2-2532. Vet\_02-21-40” in compliance with the convened Ethical Committee for the use of experimental animals according to § 15 Animal Protection Law, Germany.

### 2.2. Animals and Housing

Since to the authors’ best knowledge, no comparable study exists, it was difficult to predict the behaviour of the animals used in this study during evacuation. Thus, we needed to choose the amount of stressors carefully, in accordance with the principle of refinement. For this pilot study, we focused on dairy cattle because of the advantageous conditions for rescue with this kind of husbandry. Dairy cattle are used to being handled, the housing is less subdivided, and the animal density in the stable is lower than in beef cattle or with other livestock.

The study was carried out in September 2021 at the educational and research farm Achselchwang in Bavaria, Germany. After weaning, the young cattle were raised at another site, having partial access to pasture. Right before calving, they returned to the main farm and were included in the lactating herd postpartum. They were housed year-round, with no access to pasture, in a sideways open freestall barn with deep-bedded cubicles and rubber matted flooring in the cubicle alleys. Animals were fed a total mixed ration with grass and corn silage, with additional concentrate feeding individually at feeding stations. Milking took place twice a day in a double eight-herringbone parlour.

In preparation for evacuation, one group of cows was habituated to using an exit out of the barn and up to a pasture (HABIT,  $n = 23$ ). This was possible without repeatedly

selecting them from all lactating cows, because they formed the low-performance group on the farm. Two other groups of cows were not habituated to leaving the barn. Between them, the means of egress differed, with one group exiting through a single-file race (NonH-R,  $n = 23$ ) and the other group exiting through a wider opening (NonH,  $n = 23$ ). Cows were assigned randomly to NonH and NonH-R shortly prior to evacuation.

Breeds in HABIT, NonH, and NonH-R were mixed with mostly Simmental (S) or Brown Swiss (B) and a few Red Holstein (RH) or hybrids with beef cattle (beef) (S-B-RH-beef; 11-6-2-4 vs. 11-9-0-3 vs. 8-8-4-3). The average age of the HABIT group differed from NonH and NonH-R (mean  $\pm$  SD;  $4.64 \pm 2.89$  vs.  $5.25 \pm 1.65$  vs.  $5.47 \pm 1.23$  years), as did parity ( $2.57 \pm 2.70$  vs.  $3.22 \pm 1.56$  vs.  $3.43 \pm 1.06$  lactations), daily milk yield ( $28.05 \pm 3.70$  vs.  $41.28 \pm 5.09$  vs.  $42.01 \pm 3.55$  kg), and days in milk ( $181 \pm 95$  vs.  $112 \pm 69$  vs.  $123 \pm 69$  days). Cows in the last trimester of gestation were not included in this study.

Initially and repeatedly during the habituation period of HABIT, cows' health status was assessed, with defined study abort criteria. Assessment of cows in NonH-R and NonH took place in the morning of the day of evacuation. All cows were clinically healthy, had no signs of lameness, and had a BCS between 2.5 and 4 (mean  $\pm$  SD;  $3.08 \pm 0.36$  vs.  $3.07 \pm 0.26$  vs.  $2.92 \pm 0.32$ ). On the day after evacuation, lameness and general condition were assessed again, with only one cow having a contusion at an udder quarter, which was treated locally.

### 2.3. Design of Egress

The area in front of the barn was an asphalt surface of 20 m width, adjacent to around 0.8 hectares of corralled pasture. Blue and white striped barrier tape was fixed in short distances to the pasture fence for improved visibility. Cows in HABIT went on pasture after milking in the morning for eight days prior to evacuation, using the same means of egress. They remained on pasture for 45 to 60 min before returning to the barn.

For evacuation, each group had its own escape route. HABIT and NonH-R were positioned in 2.5 m wide cubicle alleys, while NonH was positioned in the 4 m wide feed passage. Crossover passages between the cubicle alleys were closed off. Between cubicles of HABIT, NonH, and NonH-R, screening walls were put up to prevent reciprocal influences between the groups. At the end of the cubicle alleys, openings in the wall of the barn were closed off by swinging gates of 2.6 m width, while a 2.8 m swinging gate closed off the feed passage. Since all gates swung only inwards, they had to be opened before the start of evacuation to prevent trapping cows. The openings were barred by lashing straps.

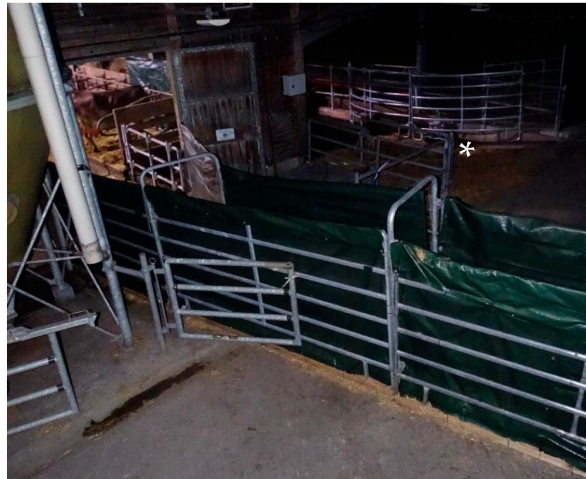
The single-file race for use of NonH-R was formed out of interlocking panels (Panel-6; 1.7 m height; Patara, Laudenbach, Germany), covered with opaque weatherproofing tarpaulin, which was fixed tightly to the metal of the panels to prevent rustling (Figure 1). The race narrowed from 2.6 m width at the barn opening to a single-file race of 0.9 m width in 2.5 m distance to the opening and ran straight to the corralled pasture, thus screening cows of NonH-R from visual distractions. It separated the exits of NonH and HABIT and prevented visual contact between the groups outside of the barn.

Behind each opening, there was a grid for dropping manure collected by automatic scrapers. Unprepared, those openings would be unsuitable for evacuating cattle, since the grid structure was wide enough for cow claws to slip through. Thus, the grids were covered by wooden boards with struts gripping the grid structure. The same rubber mats as those used as flooring in the cubicle alleys were tacked to the wooden boards to provide cows with familiar flooring at the opening and to prevent slipping.

The setup took place in the afternoon before evacuation. The fire brigade arrived at 8:00 p.m., one hour after sunset, with milking ending at around 5:00 p.m. They advanced with sirens, blue lights, and full gear, parking their vehicles realistically close to both sides of the barn. Sirens were shut down upon arrival, but blue lights were kept going until all cows were on pasture.

Although power cuts are common in barn fires, the low lighting inside the barn was not turned off to respect the safety of the herding personnel and to allow video footage of the evacuation. Outside, the fire brigade put up spotlights to illuminate the area in front

of the barn as well as the pasture to which the cows were to be evacuated. The spotlights were positioned orthogonally to the escape routes in order to avoid blinding the animals.



**Figure 1.** Race for NonH-R, covered with opaque weatherproofing tarpaulin. In the background, the exit of NonH is visible (\*). The exit of HABIT would be to the left.

Each group of cows was herded by one employee of the farm, known to the animals, and one firefighter, unknown to the animals. They herded the animals by moving towards them, waving arms and calling out but without touching the animals, as instructed, after additional farm personnel opened the lashing straps and moved aside.

Cows of all three groups were mixed and left on pasture for about 30 min before farm personnel herded them back to the barn and separating them again.

#### 2.4. Measures and Data Collection

To evaluate the success of evacuation, we focused on the required time for cattle to leave the barn. However, assessment of stress reactions in the cows was of interest as well, since highly stressed cattle would be more likely to seek refuge in familiar surroundings and to resist being herded outside. Furthermore, panicking animals present a danger especially to bystanders or untrained handlers, including the fire brigade.

The time needed for evacuation was analysed by recording video footage. In use was a Dual-Sensor Camera (AXIS P3715-PLVE Network Camera; Axis Communications GmbH, Ismaning, Germany), which was fixed to the ceiling of the barn, aiming the lenses to both sides, capturing all three exits. In addition, camcorders were set up outside the barn. Two drones (DJI Mini 2; Da-Jiang Innovations Science and Technology CO, Shenzhen, Guangdong) were also in use, capturing the area outside the barn and the behaviour of cows on pasture. In the same manner, the habituation of HABIT to pasture prior to evacuation was recorded.

For evaluating physiological stress reactions in the cows, faecal samples were collected and FCMs were quantified. Sampling took place with cows in headlocks at the feeding fence after milking, 10 h  $\pm$  15 min after evacuation. In the same way, faecal samples of HABIT were taken at days 1, 2, 3, and 6 of habituation. Faecal samples of each cow were taken beforehand to determine their baseline FCM levels. Sampling for baseline took place in the morning after milking, when FCM concentration should reflect the serum cortisol levels of the cows while resting, 9 to 12 h beforehand. Cows of HABIT were sampled on the day before habituation, while cows of NonH and NonH-R were sampled in the morning

of the day of evacuation. Faeces were taken manually from the rectum or directly during the process of defecating, but never from the ground, using disposable rectal examination gloves and filling faeces into sample tubes (Sample Container 70 × 24 mm, 17 mL Volume; Süsse, Gudensberg, Germany). During sampling, the behaviour of the animals was checked for unease using a Score Sheet with defined abort criteria. Samples were preserved at −20 °C in a deep freezer at the farm, directly after collecting and labelling them. They were then transported in a mobile freezer at −18 °C to the laboratory of the Chair of Animal Welfare, Ethology, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, for extraction by dispensing 0.5 g faeces in 5 mL of 80% methanol and draining the supernatant after vortexing for 30 min and centrifuging at 2500 × *g* for 15 min [33,39,40]. FCMs were then quantified using an 11-oxoetiocholanolone enzyme immunoassay (EIA measuring 11,17-dioxoandrostanes). Details of the EIA are described elsewhere [41,42]. FCM concentrations are expressed in nanograms per gram of fresh faeces. The sensitivity of the EIA is 2.2 ng/g. Intra-assay and inter-assay coefficients of variations were below 10% and 12%, respectively.

The milk yield of cows in all groups was recorded twice a day in the parlour using flow meters. The combined milk yield in litres was corrected in accordance with German animal products law with the factor 1.03 to state the milk yield in kilograms.

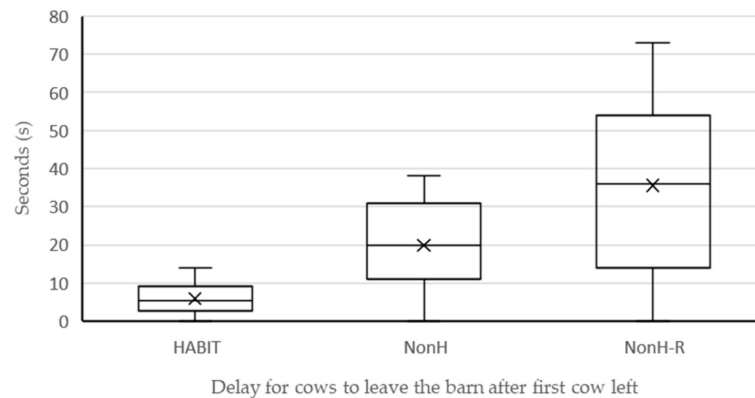
#### 2.5. Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics Version 26 and the open software R. Boxplots were produced for the data on the required time for evacuation, the milk yield, and the FCMs of the three different groups, stratifying for lactation if necessary. Data on milk yield and FCM were assessed visually for normality using these boxplots and Q-Q-Plots. As most data were not normally distributed, all analyses were conducted using non-parametric statistical tests. Data were analysed for differences between the three groups, using the Kruskal–Wallis test with subsequent Mann–Whitney U-tests for pairwise comparison using the Bonferroni correction. Baseline FCM concentrations were compared to the concentrations after evacuation using a paired Wilcoxon test. Relative differences (in %) in the FCM concentrations were compared using Kruskal–Wallis-tests. Differences in milk yield prior to evacuation (mean of 14 days prior to evacuation) and the individual milk yields in the seven days post-evacuation were analysed using Friedman's test, a non-parametric test for paired data. The difference (in litres) between the mean daily milk yield of the three days post-evacuation and the 14 days prior to evacuation were compared between the three groups using Kruskal–Wallis tests with subsequent Mann–Whitney U-tests for pairwise comparison using the Bonferroni correction. The relationships between the change in FCM concentration and the change in milk yield before and after evacuation were analysed using Pearson correlation. All *p*-values less than 0.05 were considered statistically significant.

### 3. Results

#### 3.1. Time Needed for Evacuation

Video footage of evacuation was analysed to capture the time needed for the first and last cow of HABIT, NonH, and NonH-R to leave the barn and to walk onto the corralled pasture after opening the lashing strips. There was a delay of only 14 s between the first cow and the last cow of HABIT to leave the barn. For cows in NonH, this delay was 38 s, and for cows in NonH-R, it was 73 s (Figure 2). This time period was statistically significantly shorter for HABIT than for the other two groups (HABIT vs. NonH:  $p_{\text{adj}} = 0.0001$ ; HABIT vs. NonH-R:  $p_{\text{adj}} = 0.0002$ ; NonH vs. NonH-R:  $p_{\text{adj}} = 0.1400$ ). The mean time interval between individual cows leaving the barn was  $0.67 \pm 0.56$  s for HABIT,  $1.62 \pm 1.21$  s for NonH, and  $3.19 \pm 1.61$  s for NonH-R ( $p < 0.0001$ , with statistically significant differences between all groups: HABIT vs. NonH:  $p_{\text{adj}} = 0.0116$ ; HABIT vs. NonH-R:  $p_{\text{adj}} < 0.0001$ ; NonH vs. NonH-R:  $p_{\text{adj}} = 0.0072$ ).



**Figure 2.** Boxplot graphs (bold line: median; cross: mean value; boxes: first and third quartile; whiskers: 5th and 95th percentiles) of time passed, depicted in seconds, between first cow and each following cow leaving the barn per group.

The response time from opening the lashing strips to the first cow leaving the barn was greatest for NonH-R with 87 s, followed by HABIT with 22 s and NonH with only 6 s (Table 1). The time it took for each animal from opening the lashing strips to leave the barn was statistically significantly different between the three groups ( $p < 0.0001$ ). There was no statistically significant difference in this time duration between the cows in the HABIT and NonH group ( $p_{\text{adj}} = 1.0$ ), but the times of cows in the NonH-R differed from the ones of the other two groups ( $p_{\text{adj}} < 0.0001$  each).

**Table 1.** Time needed (mm:ss) for the first and last cow per group to leave the barn and to arrive at the corralled pasture.

	HABIT		NonH		NonH-R	
	Barn	Pasture	Barn	Pasture	Barn	Pasture
First Cow	00:22	00:32	00:06	00:12	01:27	01:40
Last Cow	00:36	01:15	00:44	00:52	02:40	02:51

Describing observations, cows of HABIT appeared to move as bulk, walking straight to the pasture (Figure 3). This is also reflected in the shortest distances between the cows during evacuation. Cows of NonH moved quicker; some tried to turn around and some showed standing bouts (Figure 4). Cows of NonH-R moved in single file through the race.

### 3.2. Faecal Cortisol Metabolites (FCMs)

#### 3.2.1. FCM Baseline

Baseline FCM concentrations in HABIT (median: 18.7 ng/g; min/max: 5.9/50.2 ng/g), NonH (median: 15.2 ng/g; min/max: 9.7/32.7 ng/g) and NonH-R (median: 20.5 ng/g; min/max: 5.0/61.6 ng/g) did not differ significantly ( $p = 0.2389$ ; Figure 5). The median value of all cows was 17.4 ng/g. There was no significant difference in baseline values between Simmental (median: 16.8 ng/g; min/max: 6.6/61.6 ng/g;  $n = 30$ ), Brown Swiss (median: 15.4 ng/g; min/max: 5.0/37.7 ng/g;  $n = 23$ ), beef hybrids (median: 17.9 ng/g; min/max: 5.9/39.0 ng/g;  $n = 9$ ), and Red Holstein (median: 25.9 ng/g; min/max: 14.2/50.2 ng/g;  $n = 6$ ) ( $p = 0.3261$ ). Regarding parity, there was no statistically significant ( $p = 0.5316$ ) difference in baseline values between uniparous cows (median: 16.8 ng/g; min/max: 5.9/37.9 ng/g;  $n = 16$ ) and multiparous cows (median: 17.4 ng/g; min/max: 5.0/61.6 ng/g;  $n = 53$ ).





Figure 3. Cows of HABIT leaving the barn with fire engine next to the route to pasture.



Figure 4. Cows of NonH (r) leaving the barn with a Brown Swiss (\*) turning around on the right side. Cows of HABIT leaving the barn in a bulk in the far left (#). Race of NonH-R in the middle with no cow leaving the barn yet (+).

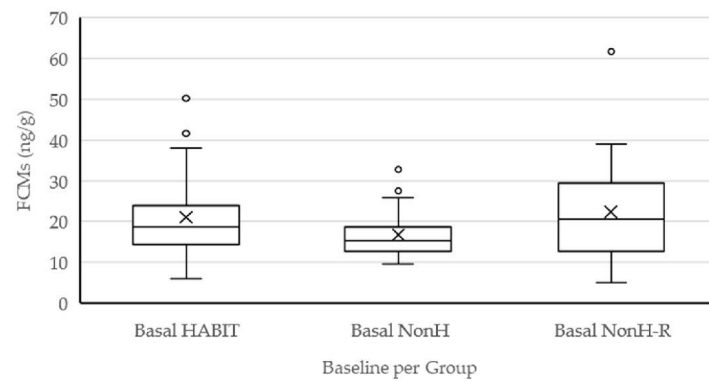
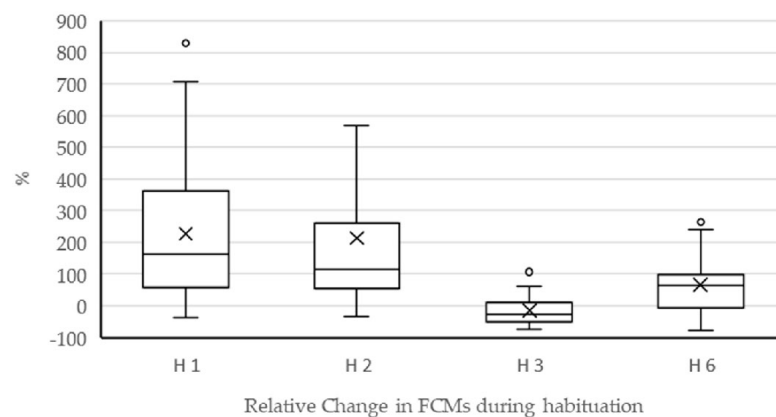


Figure 5. Boxplot graphs (bold line: median; cross: mean value; boxes: first and third quartile; whiskers: 5th and 95th percentiles; circles: outlier values) of baseline FCM concentrations (ng/g) per group.

### 3.2.2. FCMs during Habituation

During the habituation period of HABIT, four faecal samples were taken  $10 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$  after herding the group of cows to pasture in the morning. The relative difference of FCM concentrations in relation to the baseline differed statistically significantly between the four sampling days ( $p < 0.0001$ ), whereby the values of day one (median: 161%; min/max:  $-38/828\%$ ), day two (median: 115%; min/max:  $-35/1345\%$ ), and day six (median: 66%; min/max:  $-76/263\%$ ) did not statistically significantly differ from each other. However, the values of day 3 of habituation were the lowest (median:  $-28\%$ ; min/max:  $-74/107\%$ ) and statistically significantly differed from all the other days (day 3 vs. day 1:  $p < 0.0001$ ; day 3 vs. day 2:  $p < 0.0001$ ; day 3 vs. day 6:  $p = 0.0024$ ) (Figure 6).



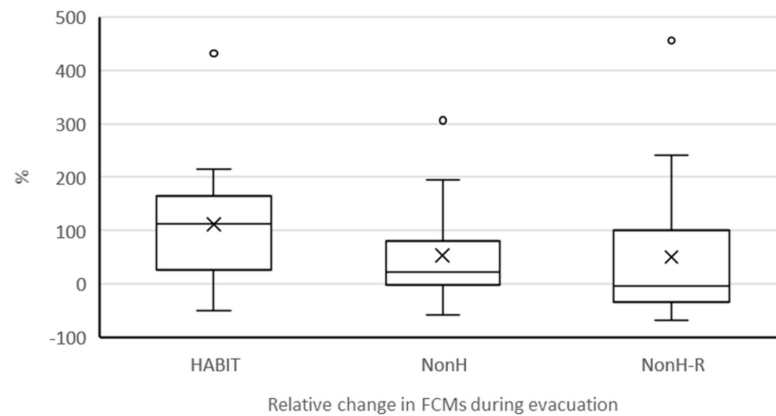
**Figure 6.** Boxplot graphs (bold line: median; cross: mean value; boxes: first and third quartile; whiskers: 5th and 95th percentiles; circles: outlier values) of individual differences in FCM concentrations (%) between baseline samples and samples on day one (H1), day two (H2) with one outlier of 1345% not depicted, day three (H3), and day six (H6) of habituating HABIT to pasture.

Remarkable was the behaviour of one particular Brown Swiss cow (9.45 years of age, low milk yield). The cow could not be persuaded to leave the barn, neither during habituation nor during evacuation. She did not seem stressed by being isolated, although FCM concentration did rise in a similar way as the rest of the group (baseline: 14.41 ng/g; H1: +394%; H2: +260%; H3: +17%; H6: +70%; evacuation: +126%).

### 3.2.3. FCMs during Evacuation

The fire brigade arrived shortly after 8:00 p.m. on the evening of evacuation. At around 6:00 a.m.,  $10 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$  after evacuation, faecal samples were taken from all cows. The differences in the FCM concentrations after evacuation in relation to the baseline were statistically significant for two of the three groups (HABIT:  $p = 0.0003$ ; NonH:  $p = 0.0130$ ; NonH-R:  $p = 0.560$ ) (Figure 7). The relative increase in FCM concentration was not statistically significantly different between the three groups (HABIT: median: 112%; min/max:  $-49/441\%$ ; NonH: median: 22%; min/max:  $-59/306\%$ ; NonH-R: median:  $-3\%$ ; min/max:  $-67/455\%$ ;  $p = 0.1736$ ), with large variations between individual cows. There were no statistically significant differences in the relative increase in FCM concentration between breeds ( $p = 0.4308$ ) or between uniparous and multiparous cows ( $p = 0.1145$ ) and no correlation with milk yield ( $p = 0.1907$ ).

The change in FCM after evacuation was not correlated with daily milk yield reduction (Pearson correlation  $r = 0.0440$ ,  $p = 0.07195$ ).



**Figure 7.** Boxplot graphs (bold line: median; cross: mean value; boxes: first and third quartile; whiskers: 5th and 95th percentiles; circles: outlier values) of individual differences in FCM concentrations (%) between baseline samples and samples after evacuation per group.

### 3.3. Changes in Daily Milk Yield

The milk yield of all cows was recorded twice a day at the parlour with flow meters. There was a statistically significant difference in the mean milk yield 14 days prior to evacuation between the three groups ( $p < 0.0001$ ), whereby the mean milk yield of HABIT was significantly lower than that of NonH ( $p_{adj} = 0.0001$ ) and lower than that measured in NonH-R ( $p_{adj} < 0.0001$ ). The mean milk yield of NonH differed not statistically significantly from that of NonH-R ( $p_{adj} = 0.7351$ ). This was also the case for the mean milk yield of the three days following the evacuation ( $p < 0.0001$ ; HABIT vs. NonH:  $p_{adj} < 0.0001$ ; HABIT vs. NonH-R:  $p_{adj} < 0.0001$ ; NonH vs. NonH-R:  $p = 0.3800$ ).

No statistical significant difference was observed in the change in mean daily milk yield between the 14 days prior to evacuation compared to the three days post-evacuation between the three groups ( $p = 0.0707$ ).

Comparing the mean daily milk yield during the 14 days prior to evacuation to the mean of daily milk yield during the first 3 days past evacuation, a noticeable drop was observed in HABIT (Wilcoxon paired test  $p = 0.0002$ ), but not in NonH (Wilcoxon paired test  $p = 0.1564$ ) nor in NonH-R (Wilcoxon paired test  $p = 0.6702$ ) (Table 2).

**Table 2.** Differences between the mean daily milk yield during the 14 days prior to evacuation and the mean daily milk yield (kg/d) during the three days past evacuation per group.

	Mean 14 d Prior E	Mean 3 d Past E	Difference
HABIT	27.77 ± 4.13	26.02 ± 4.14	-1.75 ± 1.67
NonH	39.64 ± 6.00	39.04 ± 5.88	-0.60 ± 1.91
NonH-R	41.04 ± 3.77	40.9 ± 4.95	-0.14 ± 2.46

Investigating the course of the milk yield within the three groups, comparing the mean milk yield 14 days prior to evacuation with the seven individual days after the evacuation did not show any statistically significant differences in the milk yield within the groups NonH (Friedman’s test  $p = 0.1849$ ) and NonH-R (Friedman’s test  $p = 0.1054$ ). Only in the HABIT group, there was a statistically significant difference (Friedman’s test  $p < 0.0001$ ), with day 2 after evacuation showing the lowest milk yield ( $-2.75 ± 3.61$  kg compared to the 14 days prior to evacuation).

In HABIT, a statistically significant decrease in daily milk yield was also observable, comparing the mean during the 14 days prior to the habituation period to the mean

of HABIT during the first 3 days of habituation ( $-1.65 \pm 1.42$  kg; Wilcoxon-paired test  $p < 0.0001$ ).

#### 4. Discussion

The results of this first explorative study, concerning the evacuation of cattle, indicate the effectiveness of exits, which are adjusted to the sensory physiology of the animals, to respect animal welfare and to prevent losses caused by fire or natural disaster.

The range of FCM values differed strongly between individual animals, as was also shown in the literature [41,43]. With median baseline of all cows at 17.4 ng/g, our results fit the findings of previous studies, falling, for example, in between the results of Rouha-Mülleder et al. with median baseline of 23.4 ng/g [43] and of Ebinghaus et al. with 11.0 ng/g [36].

Since analytical methods as well as sampling, storing, and transport influence the results of FCM quantification, a direct comparison of values between different studies might not be informative. In addition, the influence of health status as well as milk yield on the FCM concentration is not yet fully explored. Rouha-Mülleder et al. found a correlation between decubitus at tarsal joints and higher FCM concentrations [43]. Ivemeyer et al. found a correlation between lower baseline FCM values and the rate of self-curing udder disorders, defined by staying below 100,000 somatic cell count over three months following a somatic cell count of over 200,000 [44]. Bertulat et al. found differences in baseline FCM concentrations among low-, medium-, and high-yielding groups of cows, with lower values for the latter [45]. On the other hand, Pesenhofer et al. found no differences in FCM concentration between cows without lameness and cows with scores indicating slight or marked lameness [35]. To account for such individual differences, it has been suggested that each animal acts as its own control [38,40]. Therefore, the individual FCM rise (in relation to its baseline) following the stressful event was used to assess the physiological reaction of each cow to the event.

Sampling once after a stressful event, FCM values can depict the general level of stress the animals were affected with over a stretch of time by interpretation of the rise in concentrations, but without reliably depicting the peak, which would require repeated sampling. Pesenhofer et al. measured the peak of FCM concentration 9 h after a stressful event [35]. Heinrich et al. noted a plateau in FCM concentration after 9 h, rising only slightly until 11 h after the occurring stress [37]. Palme et al. described that a peak in FCM followed a peak in plasma cortisol concentration 10 h later [41], while Möstl et al. found that a peak in FCMs in cattle occurred 12 h after transportation [34]. To achieve the main objective of this study, the comparison of evacuation behaviour between cows in HABIT, NonH, and NonH-R, it was not mandatory to pinpoint safely the peak of FCM rise after evacuation, but to compare the rise in FCMs after the same amount of time between the groups. Repeated measurements might have revealed more details in FCM excretion.

For cows in HABIT, being younger on average than cows in NonH and NonH-R, less time passed on average since they were on pasture at the farm site where all cows were kept as young cattle. This should not have had an interfering effect on the rise in FCMs after evacuation, for there was no significant difference between uniparous and multiparous cows. However, cows in HABIT being younger could have influenced the quickness of habituation. The return to baseline values in FCM concentrations already on day three of the habituation period implies a swift and successful familiarisation of cows in HABIT.

The rise in FCM levels after evacuation in this study was comparably moderate. It was less than the rise in FCMs during heat stress exposure, as reported by Veissier et al. [46]. For HABIT, the rise in FCMs was comparable to the change in FCMs that Kuhlberg et al. noticed in heifers between one week prepartum and two weeks postpartum [47]. Our results indicate cows sufficiently accepting the designed openings, allowing for swift rescue. This is contrary to our expectations, resulting from field reports of firefighters and affected farmers, emphasising the difficulty in moving unhabituated cows out of the barn.

One influencing factor may be that cows on the educational and research farm were more used to foreign persons and procedures than cows on commercial dairy farms.

In conclusion, possible differences in the amount of stress experienced in the moments of leaving the barn, resulting from the different designs of evacuation between the groups, were not high enough to significantly affect the whole level of stress on the evening of evacuation. More likely, the FCM concentrations of the samples taken the following morning depicted imposing stress by mixing groups on pasture and by herding cows back to the barn, as well. While highlighting intriguing directions of future research, this study can neither differentiate nor quantify the influences of the factors investigated.

Reactions in the hypothalamic–pituitary–adrenal axis to a stressful event can be evaluated by FCMs. Additionally, reactions in the sympathoadrenal axis of the autonomic nervous system, regulating variations in the heart rate, can be depicted to assess stress. Concerning follow-up studies, the option of using sensors recording intervals between two following R-waves (RR-Intervals) to register the heart rate variability (HRV) at various defined points of time during evacuation should be considered to improve differentiation [48].

Surprisingly, the reduction in milk yield after evacuation was only statistically significant in HABIT and was not dependent on the lactation number of the cows. Additional stress caused by the sudden halt of access to pasture in the morning might have influenced this. Our results concerning milk reduction are comparable with the findings of Pesenhofer et al., describing a decline in the median of daily milk yield by 0.6 L on the day after claw trimming in comparison to the median of the 7 days prior to claw-trimming [35]. Gräff found a mean reduction of 0.55 L 10 days past a simulated power cut of an automatic milking system in comparison to the 10 days prior [49]. However, Broucek et al. noticed a reduction of 23.3% in daily milk yield on the first day after transferring a herd of Holstein cows from stanchion-stall housing to a new facility with freestall housing [50].

Concerning the design of the openings, the access to cubicles seemed to have an impact on the response time between opening the lashing straps and the first cow leaving the barn. For NonH, this was only 6 s, being herded through an opening at the end of the feed passage, without access to cubicles. For NonH-R, this was 87 s, with cows firstly evading the pressure built by the herding personnel by retreating in cubicles instead of choosing the opening through the race upon pasture. For HABIT, despite having access to cubicles, it took only 22 s until the first cow left the barn. This response time, besides differences in access to cubicles, might have also been influenced by hard-to-standardise herding pressure of the firefighters and the farm personnel, as well as random positioning of cows in front of the exit at the moment of opening the lashing straps.

After the first cow of NonH-R went into the race, the other cows followed in a mostly steady line. Since it was a single-file race, the interval between individual cows leaving the barn was considerably longer than with NonH or HABIT, for which the openings were wide enough for two cows to fit through simultaneously. The swiftness of cows in NonH to leave the barn might have been influenced by being herded in the broader feed passage in addition to having an opening that was slightly wider than openings for NonH-R and HABIT. However, the delay between the first and last cow leaving the barn was still significantly longer with NonH than for HABIT.

Neither the hypothetical advantage of the race blocking the sight of cows to the vehicles, personnel, lights, and other potential stress inducing distractions, nor the potential advantage of the race to prevent cows from turning around and retreating back into the familiar barn have proven to be effective or rather necessary with the presented experimental setting. Although a few cows in NonH turned around, trying to get back into the barn and escape the unknown impressions outside, the herding personnel were able to dissuade them easily. This was certainly supported by the positive effect of the design of the escape routes, which were adapted to fit the sensory physiology of cattle, with focus on lighting and surface, following the guidelines of the extensive work of Temple Grandin [30–32]. We were surprised nonetheless by the apparent effectiveness of these slight adaptations. While

the positioning of the lights at night by the fire brigade is adaptable, bright sunshine in the daytime is not, and can be glaring for cattle, as well. If possible, an evacuation route with a shaded opening, averting the sun, should be considered.

With cows in HABIT, turning around outside the barn was not observed. They seemingly were able to transfer their habituation of the route to pasture, which they previously learned was safe in calm circumstances, to a stressful evacuation with the fire brigade present. They left the barn readily in bulk, with the lowest time needed between the first and last cow leaving the barn. Outside, they seemed rather relaxed, with some cows watching the fire brigade while standing on the concrete area between barn and pasture. They were not trying to get back to the barn and were more laid-back reacting to the pressure of the herding personnel than cows in NonH. This observed calmness was not depicted by a significant difference in FCMs between HABIT and NonH or NonH-R. An evacuation late at night might have been more conclusive, with cows being even more inactive in the middle of the resting period instead of right after sunset.

Because, to our knowledge, there are no comparable studies to predict animal behaviour, it was necessary to start the experimental design with a low array of stressors. This was carried out in accordance with the rule of refinement, formulated by Russel and Burch in 1959 [51], and consequential to being mindful of experimental safety, especially towards the herding participants of the fire brigade with less experience concerning animal behaviour. However, the moderate change in FCM levels in all groups compared to baseline implies that a more realistic experimental design might be necessary and ethically acceptable. To highlight further effects of different designs of openings on the success of evacuation, additional stressors might be needed, simulating a more realistic emergency scenario and ensuring the applicability of the results. Subsequent studies should explore, for example, the usage of hot smoking installations inside the barn or locally controlled fires, improving the realism of the study design concerning sight, smell, and temperature.

## 5. Conclusions

With the correct preparation, the evacuation of a herd of lactating cows seems to be feasible, even if they were not previously habituated to leaving the barn. However, cows that were habituated to the exit beforehand left more rapidly. This study encourages farmers to think about possible means of evacuating cattle in case of fire or natural disaster and to give instructions regarding the design of egress. Further research is necessary for better understanding the factors influencing the success of an evacuation.

**Author Contributions:** Conceptualisation, E.Z., E.R. and F.D.; methodology, E.Z., E.R. and F.D.; formal analysis, C.S.-L.; investigation, F.D.; resources, R.P. and E.R.; data curation, F.D.; writing—original draft preparation, F.D.; writing—review and editing, E.Z., E.R., R.P. and F.D.; visualisation, F.D.; supervision, E.Z.; project administration, E.Z.; funding acquisition, E.Z. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was financed by the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), grant number 2220HV008B, with support from the Federal Ministry of Food and Agriculture, Germany (BMEL), by decision of the German Bundestag. This article is funded by the Open Access Publication Fund of Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of Regierung Oberbayern (ROB-55.2-2532. Vet\_02-21-40, 5 August 2021).

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** The data presented in this study are available on request. Please contact [florian.diel@hswt.de](mailto:florian.diel@hswt.de).

**Acknowledgments:** Special thanks to Sebastian Hirschmüller and Georg Walser (TH Rosenheim), for crafting the wooden boards, which covered the grids at the exits. Sincere thanks to the fire brigade in Utting, Ammersee in Bavaria for their participation in this study. Special thanks go to Florian Hoffmann, their commandant and mayor of Utting, as well as to Georg Hammerl, director of the educational and research farm Achselschwang. Sincere thanks also to Martin Dietz, herd manager, and Thomas Angermeier, technical manager, as well as all participating personnel of Achselschwang and students Laura Drexl, Katharina Pichler, and Annabel Kurth. Sincere thanks also to Edith Klobetz-Rassam for FCM analysis and to Hermann Kuchler for extraction.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

## References

1. U.S. Fire Administration. Fire in the United States 2008–2017—20th Edition. Available online: [https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/reports/fius\\_2008-2017.html](https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/reports/fius_2008-2017.html) (accessed on 30 July 2020).
2. International Association of Fire and Rescue Services. World Fire Statistics: 2020 No 25. Available online: <https://ctif.org/world-fire-statistics> (accessed on 14 August 2020).
3. Home Office UK. Detailed Analysis of Fires Attended by Fire and Rescue Services, England, April 2018 to March 2019. Available online: <https://www.gov.uk/government/statistics/detailed-analysis-of-fires-attended-by-fire-and-rescue-services-england-april-2018-to-march-2019> (accessed on 14 August 2020).
4. Die österreichischen Brandverhütungsstellen. Brandschadenstatistik der österreichischen Brandverhütungsstellen: 2018. Available online: [https://www.bvs-ooe.at/leistungen/brandermittlung/#statistik\\_oe](https://www.bvs-ooe.at/leistungen/brandermittlung/#statistik_oe) (accessed on 18 August 2020).
5. Looije, M.; Smit, M. *Brand in Veestallen: Onderzoek Naar de Omvang, Ernst, Oorzaken, Preventie- en Bestrijdingsmogelijkheden van Brand in Rundvee-, Varkens- en Pluimveestallen*; Hogeschool Van Hall Larenstein: Leeuwarden, The Netherlands, 2010.
6. Vlaamse Regering. Schriftelijke vraag: Veebedrijven—Brandpreventiemaatregelen België: Antwoord op vraag nr. 316 van 10.05.2011 van Hermes Sanctorum. Available online: <https://www.vlaamsparlament.be/nl/parlementaire-documenten/schriftelijke-vragen/640841> (accessed on 17 August 2020).
7. Das Erste. Report Mainz: Stallbrände: Wieso Jedes Jahr Zehntausende Tiere Qualvoll Verbrennen. Available online: <https://www.swr.de/report/stallbraende-wieso-jedes-jahr-zehntausende-tiere-qualvoll-verbrennen/-/id=233454/did=25275230/nid=233454/1xf73zf/index.html> (accessed on 3 December 2020).
8. Humane Society International. Untold Suffering: The Tragic Impact of Barn Fires on Animals: A Five-Year Review of Barn Fires in Canada. Available online: <https://www.hsi.org/wp-content/uploads/assets/pdfs/reports/2020/200310-HSI-Canada-Barn-Fire-Report-Final.pdf> (accessed on 14 August 2020).
9. Animal Welfare Institute. Barn Fires: A Deadly Threat to Farm Animals USA. Available online: <https://awionline.org/store/catalog/animal-welfare-publications/farm-animals/barn-fires-deadly-threat-farm-animals> (accessed on 30 July 2020).
10. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Reducing the Risk of Fire on Farm: Publication 837. Available online: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/barnfire/toc.pdf> (accessed on 23 March 2022).
11. OIE. Animal Welfare and Dairy Cattle Production Systems: Chapter 7.11 of the Terrestrial Animal Health Code. 2021. Available online: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/> (accessed on 13 November 2021).
12. CFPA Europe. Fire Protection in Farm Buildings: CFPA-E Guideline No 17:2015 F, Madrid. 2015. Available online: [http://cfpa-e.eu/wp-content/plugins/pdfs-viewer-shortcode/pdfs/web/viewer.php?file=http://cfpa-e.eu/wp-content/uploads/2015/05/CFPA\\_E\\_Guideline\\_No\\_17\\_2015\\_F.pdf&download=false&print=false&openfile=false](http://cfpa-e.eu/wp-content/plugins/pdfs-viewer-shortcode/pdfs/web/viewer.php?file=http://cfpa-e.eu/wp-content/uploads/2015/05/CFPA_E_Guideline_No_17_2015_F.pdf&download=false&print=false&openfile=false) (accessed on 21 July 2020).
13. NFPA. National Fire Protection Association Standard 150: Fire and life safety in animal housing facilities. Available online: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=150> (accessed on 14 August 2020).
14. Regional District of Nanaimo. Emergency Livestock Evacuation Plan. Available online: [https://www.rdn.bc.ca/sites/default/files/2019-05/livestock\\_evacuation\\_plan\\_-\\_rdn\\_website.pdf](https://www.rdn.bc.ca/sites/default/files/2019-05/livestock_evacuation_plan_-_rdn_website.pdf) (accessed on 7 January 2022).
15. WFI. Protecting your livestock during fire season. Available online: <https://www.wfi.com.au/sites/wfi/files/documents/protecting-your-livestock-during-fire-season.pdf> (accessed on 30 July 2020).
16. Department of Primary Industries and Regional Development. Assessing Cattle after a Fire. Available online: <https://www.agric.wa.gov.au/fire/assessing-cattle-after-fire> (accessed on 11 December 2020).
17. Waggoner, J.W.; Olson, K.C. Feeding and watering beef cattle during disasters. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.* **2018**, *34*, 249–257. [CrossRef] [PubMed]
18. Komarek, E.V. Fire and Animal Behavior. In Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference, Tallahassee, FL, USA, 10–11 April 1969.
19. Gleason, K.M.; Gillette, S. Myth busting about wildlife and fire: Are animals getting burned? U.S. Fish & Wildlife Service. *Fire Manag. Today* **2019**, 26–28.

20. Gebäudeversicherung Kanton Zürich. Tierrettung. Available online: <https://www.yumpu.com/no/document/read/10026408/tierrettung-gvz> (accessed on 23 March 2022).
21. Vermont Barn Fire Task Force. Evacuation of Livestock During a Fire. Available online: <https://ocgov.net/sites/default/files/E911/Agriculture%20Emergencies/Evacuation%20of%20Livestock%20During%20a%20Fire%208-30-10%20Final.pdf> (accessed on 7 January 2022).
22. Marsh, P.S. Fire and smoke inhalation injury in horses. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.* **2007**, *23*, 19–30. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Gimenez, R.M.; Woods, J.A.; Dwyer, R.M.; Gimenez, T. A Review of strategies to prevent and respond to barn fires affecting the horse industry. In Proceedings of the 54th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, San Diego, CA, USA, 6–10 December 2008.
24. Ruppert, M. Tiere bei Stallbränden: Zur Häufigkeit, Ursache und Auswirkung von Stallbränden in den Jahren 1982 und 1983 in Niedersachsen. Ph.D. Thesis, Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover, Germany, December 1985.
25. Pagel, S. Tierverluste und Schäden infolge von Stallbränden: Eine Schadensanalyse und Studie zum Verhalten von landwirtschaftlichen Nutztieren bei Bränden im Kreis Herzogtum Lauenburg während eines Zeitraums von zehn Jahren (1973–1982). Ph.D. Thesis, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany, June 1986.
26. Siegert, E.; Eitzert, R.; Schmidt, G. *Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz in der Landwirtschaft*, 2nd ed.; Deutscher Landwirtschaftsverlag: Berlin, Germany, 1983.
27. Roitman, M.; Schurin, E.; Car, V. Is a mass evacuation of farm animals because of fire possible? (russ.). *Pozar. Delo.* **1981**.
28. Grandin, T.; Odde, K.G.; Schutz, D.N.; Behrns, L.M. The reluctance of cattle to change a learned choice may confound preference tests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1994**, *39*, 21–28. [[CrossRef](#)]
29. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft. Rinder mit Anderen Augen sehen: So Tickt Die Kuh. ÖAG-Info 6/2020. Available online: <https://gruenland-viehwirtschaft.at/fachinformationen/viehwirtschaft/515-rinder-mit-anderen-auge-sehen-so-tickt-die-kuh.html> (accessed on 23 March 2022).
30. Grandin, T. Behavioral Principles of livestock handling. *PAS* **1989**, *5*, 1–11. [[CrossRef](#)]
31. Grandin, T. Making slaughterhouses more humane for cattle, pigs, and sheep. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* **2013**, *1*, 491–512. [[CrossRef](#)]
32. Grandin, T. How to improve livestock handling and reduce stress. Grandin (Hg.) 2015. *Improv. Anim. Welf. A Pract. Approach* **2010**, 64–87. [[CrossRef](#)]
33. Palme, R.; Robia, C.; Baumgartner, W.; Möstl, E. Transport stress in cattle as reflected by an increase in faecal cortisol metabolite concentrations. *Vet. Rec.* **2000**, *146*, 108–109. [[CrossRef](#)]
34. Möstl, E.; Maggs, J.L.; Schrötter, G.; Besenfelder, U.; Palme, R. Measurement of cortisol metabolites in faeces of ruminants. *Vet. Res. Commun.* **2002**, *26*, 127–139. [[CrossRef](#)]
35. Pesenhofer, G.; Palme, R.; Pesenhofer, R.M.; Kofler, J. Comparison of two methods of fixation during functional claw trimming—Walk-in crush versus tilt table—In dairy cows using faecal cortisol metabolite concentrations and daily milk yield as parameters. *Wien. Tierarztl. Monatsschr.* **2006**, *93*, 288–294.
36. Ebinghaus, A.; Knierim, U.; Simantke, C.; Palme, R.; Ivemeyer, S. Fecal cortisol metabolites in dairy cows: A cross-sectional exploration of associations with animal, stockperson, and farm characteristics. *Animals* **2020**, *10*, 1787. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Heinrich, M.; Müller, H.; Fieseler, H.; Steiner, A.; Gottschalk, J.; Einspanier, A.; Spilke, J.; Mielenz, N.; Palme, R.; Baumgartner, W.; et al. Cortisol concentration before, during and after sham foot trimming in German Holstein cows—The suitability of different matrices. *Tierarztl. Prax.* **2020**, *48*, 291–300. [[CrossRef](#)]
38. Palme, R. Non-invasive measurement of glucocorticoids: Advances and problems. *Physiol. Behav.* **2019**, *199*, 229–243. [[CrossRef](#)]
39. Palme, R. Measuring fecal steroids: Guidelines for practical application. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **2005**, *1046*, 75–80. [[CrossRef](#)]
40. Palme, R. Monitoring stress hormone metabolites as a useful, non-invasive tool for welfare assessment in farm animals. *Anim. Welf.* **2012**, *21*, 331–337. [[CrossRef](#)]
41. Palme, R.; Robia, C.; Messmann, S.; Hofer, J.; Möstl, E. Measurement of faecal cortisol metabolites in ruminants: A non-invasive parameter of adrenocortical function. *Wien. Tierarztl. Monatsschr.* **1999**, *86*, 237–241.
42. Palme, R.; Möstl, E. Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *Z. Säugetierkd. Int. J. Mamm. Biol.* **1997**, *62*, 192–197.
43. Rouha-Mülleeder, C.; Palme, R.; Waiblinger, S. Assessment of animal welfare in 80 dairy cow herds in cubicle housing—Animal health and other animal-related parameters. *Wien. Tierarztl. Monatsschr.* **2010**, *97*, 231–241.
44. Ivemeyer, S.; Simantke, C.; Ebinghaus, A.; Poulsen, P.H.; Sorensen, J.T.; Rousing, T.; Palme, R.; Knierim, U. Herd-level associations between human-animal relationship, management, fecal cortisol metabolites, and udder health of organic dairy cows. *J. Dairy Sci.* **2018**, *101*, 7361–7374. [[CrossRef](#)]
45. Bertulat, S.; Fischer-Tenhagen, C.; Suthar, V.; Möstl, E.; Isaka, N.; Heuwieser, W. Measurement of fecal glucocorticoid metabolites and evaluation of udder characteristics to estimate stress after sudden dry-off in dairy cows with different milk yields. *J. Dairy Sci.* **2013**, *96*, 3774–3787. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Veissier, L.; van Laer, E.; Palme, R.; Moons, C.P.H.; Ampe, B.; Sonck, B.; Andanson, S.; Tuytens, F.A.M. Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Int. J. Biometeorol.* **2018**, *62*, 585–595. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



47. Von Kuhlberg, M.K.; Wensch-Dorendorf, M.; Gottschalk, J.; Wagner, T.; Herrmann, N.; Einspanier, A. The effects of a training program using a phantom to accustom heifers to the automatic milking system. *J. Dairy Sci.* **2021**, *104*, 928–936. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Von Borell, E.; Langbein, J.; Després, G.; Hansen, S.; Leterrier, C.; Marchant-Forde, J.; Marchant-Forde, R.; Minero, M.; Mohr, E.; Prunier, A.; et al. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals—A review. *Physiol. Behav.* **2007**, *92*, 293–316. [[CrossRef](#)]
49. Gräff, A.M. Untersuchungen zu Auswirkungen von simulierten Energieausfällen eines automatischen Melksystems auf ausgewählte Stressparameter von Milchkühen. Ph.D. Thesis, TUM, Freising, Germany, September 2017.
50. Broucek, J.; Uhrincat, M.; Mihina, S.; Soch, M.; Mrekajova, A.; Hanus, A. Dairy cows produce less milk and modify their behaviour during the transition between tie-stall to free-stall. *Animals* **2017**, *7*, 16. [[CrossRef](#)]
51. Hubrecht, R.C.; Carter, E. The 3Rs and humane experimental technique: Implementing change. *Animals* **2019**, *9*, 754. [[CrossRef](#)]



## 6 Erweiterte Ergebnisse

### 6.1 FCM-Vergleich zwischen Vorversuch und Versuch

Von den neun Kühen, die sowohl im Vorversuch im Mai ausgetrieben worden sind als auch im September als Teil der Gewöhnungsgruppe HABIT, wurden jeweils Kotproben zur Basalwert-Bestimmung genommen. Im Mai wurden Werte zwischen 17,1 ng/g und 44,2 ng/g mit einem Median von 29,9 ng/g erhoben. Im September wurden Werte zwischen 13,0 ng/g und 50,2 ng/g mit einem Median von 19,9 ng/g erhoben. Die Basalwerte derselben Tiere unterschieden sich im Mittel um 61,71 % voneinander mit einer Spannweite von 23,61 % bis 193,19 %. Der Median der FCM-Konzentrationen aller Kotproben, die zur Basalwert-Bestimmung innerhalb dieser Arbeit genommen wurden (n=99), lag bei 20,5 ng/g.

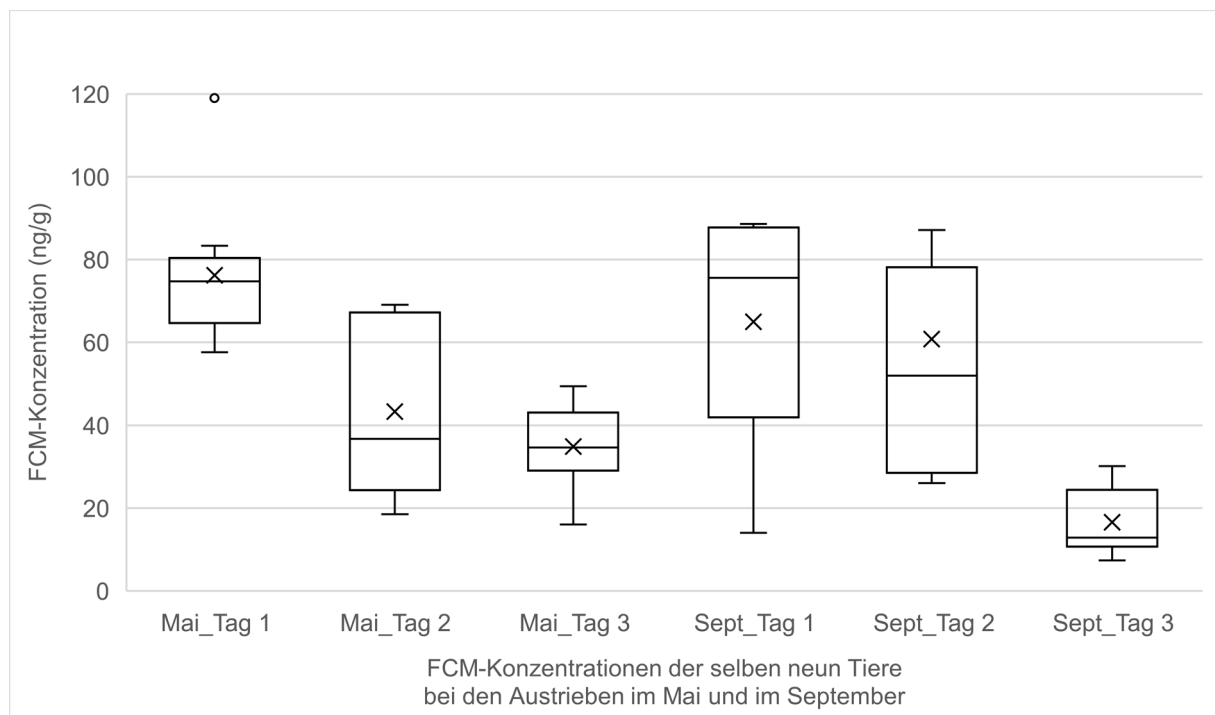


Abbildung 10: Boxplot-Grafiken (Linie in der Box: Median; Kreuz: Mittelwert; Box: Erstes und Drittes Quartil; Antennen: 5- und 95-Quantil; Kreis: Ausreißer-Wert) der FCM-Werte derselben neun Kühe nach den ersten drei Austrieben im Mai sowie den ersten drei Austrieben im September, mit einem Ausreißer-Wert von 163,4 ng/g am zweiten September-Austrieb.

Im Vergleich der FCM-Werte der neun Kühe, die sowohl im Vorversuch als auch im Versuch ausgetrieben wurden, nach den ersten Gewöhnungsaustrieben im Mai und ihren FCM-Werten nach den ersten Gewöhnungsaustrieben im September, fallen keine deutlichen Unterschiede auf (Abb. 10). Bei beiden Austriebsgewöhnungen ist ein Abfall der FCM-Konzentrationen über die Tage hinweg bemerkbar, jedoch ist kein Effekt der Gewöhnung im Mai auf den Austrieb im September erkennbar.

Auch im Vergleich der FCM-Konzentrationen zwischen den bereits im Mai ausgetriebenen Kühen (n=9) und den erstmalig im September ausgetriebenen Kühen (n=14) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (Abb. 11). Überraschenderweise wiesen die im September erstmalig ausgetriebenen Kühe vergleichsweise geringe FCM-Konzentrationen auf, als jene neun Kühe die sowohl im Mai als auch im September ausgetrieben wurden.

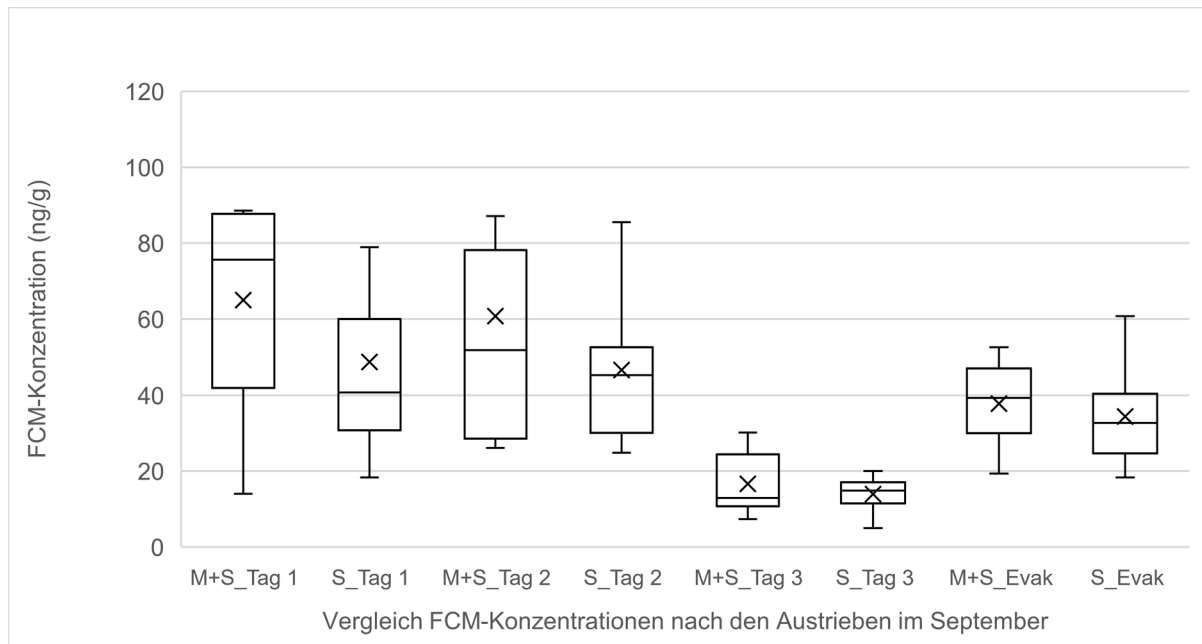


Abbildung 11: Boxplot-Grafiken nach den ersten drei Austrieben im September und nach der Evakuierung; Vergleich der 9 Kühe, welche bereits im Mai ausgetrieben worden sind (M+S), zu den 14 restlichen Kühen der Versuchsgruppe (S).

## 6.2 Austriebsreihenfolge im Vorversuch

Die Austriebsreihenfolge der Kühe (n=30) im Vorversuch im Mai wurde von Drexl (2022) mittels manueller Auswertung der Videoaufnahmen bestimmt, da sich die verwendete RFID Sensorik, wie in Kapitel 4.2.6 beschrieben, als zu ungenau herausstellte. Die Tiere waren mittels Viehmarkern mit ihren Versuchsnummern auf Flanken, Schenkeln und Rücken gekennzeichnet. Die Erfassung blieb unvollständig, da sich einzelne Tiere beim Austrieb entweder zwischen anderen Tieren befanden, zu schnell liefen oder die Viehmarker-Kennzeichnung durch Regen nicht mehr identifizierbar war. Von den 30 Tieren konnten bei drei Tieren weniger als drei Austriebspositionen erfasst werden. Diese Tiere wurden nicht ausgewertet. Bei den restlichen Tieren stellte sich eine deutliche Verteilung der Austriebsreihenfolge dar, mit 7 Tieren, die über alle Austriebe hinweg gemittelt im ersten Drittel den Stall verließen (gemittelte Reihenfolge  $\leq 9$ ) und drei Tieren, die über alle Austriebe hinweg gemittelt im letzten Drittel den Stall verließen (gemittelte Reihenfolge  $\geq 18$ ; Abb. 12).

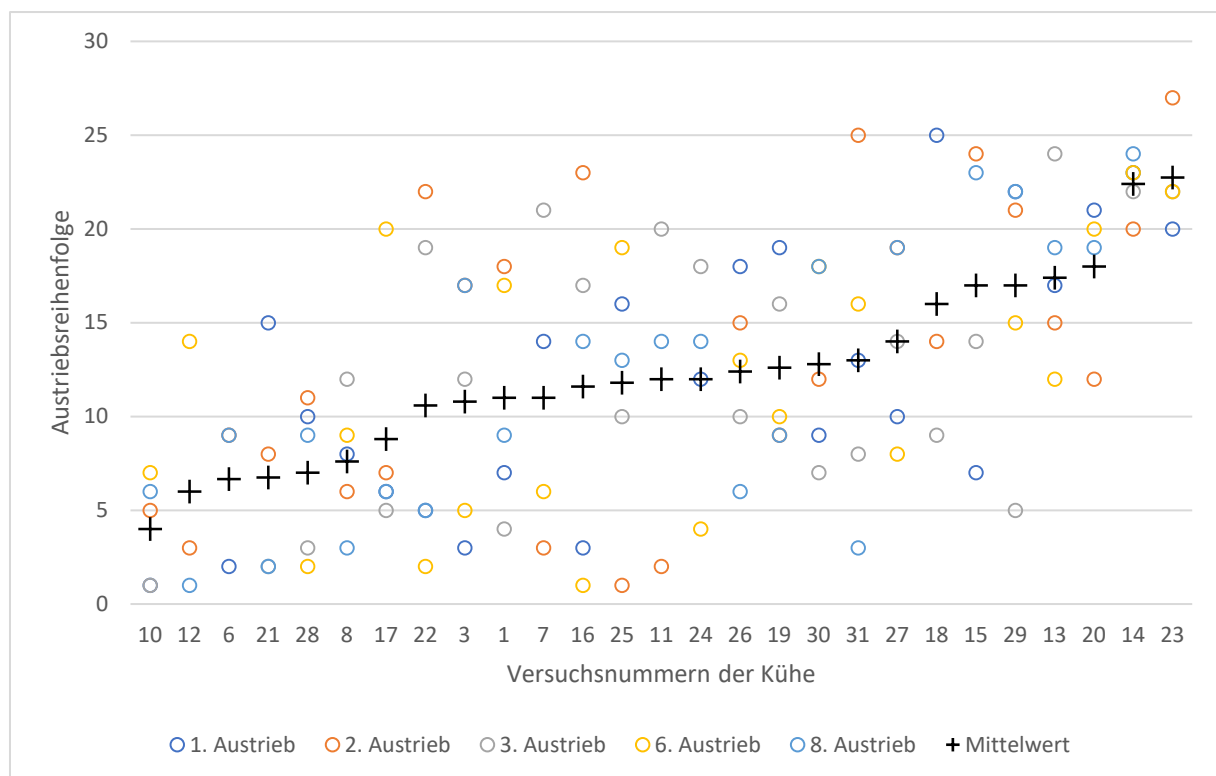


Abbildung 12: Austriebsreihenfolge der Kühe im Vorversuch an den fünf erfassten Austrieben am ersten, zweiten, dritten, sechsten und achten Tag der Austriebsgewöhnung im Mai.

Die Austriebsreihenfolge wurde auf Korrelationen mit Alter, Laktationsnummer, Rasse, Body-Condition-Score, Laktationstag, Milchleistung, FCM-Basalwert, FCM-Werte nach den ersten drei Austrieben, sowie den erfassten Parametern des Group-Startle-Tests der Tiere hin untersucht. Dabei wurden keine signifikanten Korrelationen gefunden. Knapp über dem Signifikanzniveau war die Korrelation zu dem Alter der Tiere ( $p=0,068$ ) bzw. der Laktationsnummer ( $p=0,065$ ). Der p-Wert der Untersuchung auf Korrelation zum Body-Condition-Score lag bei  $p=0,11$ .

### 6.3 Ergebnisse der Umfrage

Folgend soll eine Auswahl der relevanten Ergebnisse der Online-Umfrage zu Erfahrungen aus bisherigen Stallbränden dargestellt werden. Von den 950 Teilnehmern waren die Mehrheit Mitglieder einer Feuerwehr, von denen jeder Fünfte einen landwirtschaftlichen Hintergrund hatte (Abb. 13).

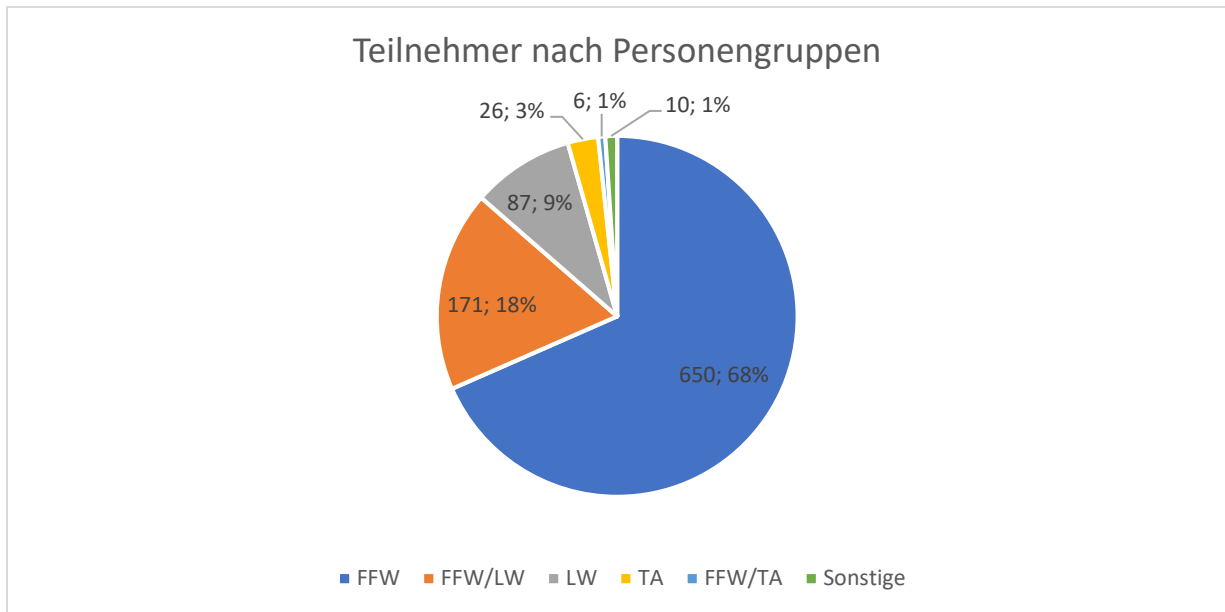


Abbildung 13: Umfrage-Teilnehmer (n=950) nach Personengruppen - Mitglied einer Feuerwehr (FFW), Landwirt (LW) oder Tierarzt (TA). Mehrfachantworten möglich.

Die teilnehmenden Landwirte wurden gefragt, ob verschiedenen Brandschutz-Anlagen auf ihren Betrieben installiert sind (Abb. 14). Nahezu alle Landwirte haben auf ihren Betrieben Feuerlöscher, die Hälfte hat einen Blitzableiter und auf knapp jedem dritten Betrieb sind Brandmelder im Einsatz. Eine Brandbekämpfungsanlage (Sprinklersystem etc.) war auf einem Betrieb installiert.

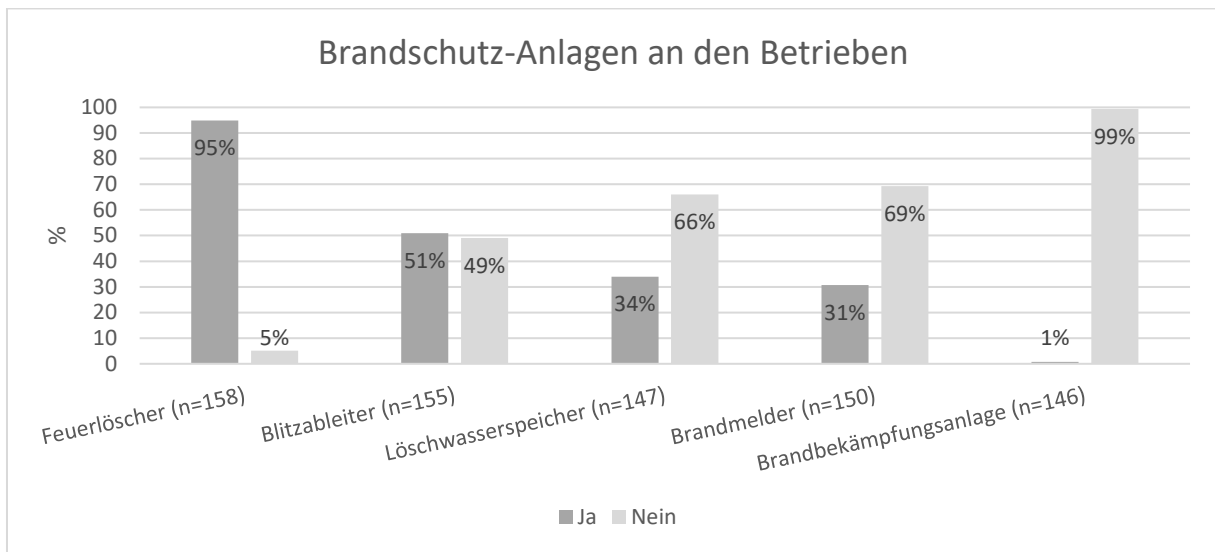


Abbildung 14: Vorhandene Brandschutz-Anlagen auf den Betrieben

Teilnehmende, die eine Evakuierung von Rindern miterlebt haben, wurden gefragt welche der vorgegebenen, möglichen Schwierigkeiten bei der Tierrettung „Zutreffend“, „Eher zutreffend“, „Eher nicht zutreffend“ oder „Nicht zutreffend“ waren. Die Teilnehmenden mussten nicht alle vorgeschlagenenen Schwierigkeiten bewerten, daher ergeben sich unterschiedliche hohe Antwortzahlen. Neben dem händischen Retten von Kälbern, welches relativ gesehen am häufigsten als Schwierigkeit bewertet wurde (Abb. 15), waren die Angaben bei „Zögerten den Stall zu verlassen“ und „Wenig Erfahrung der Rettungskräfte“ mit 167 bzw. 161 Angaben absolut am häufigsten als Schwierigkeit eingeschätzt worden.

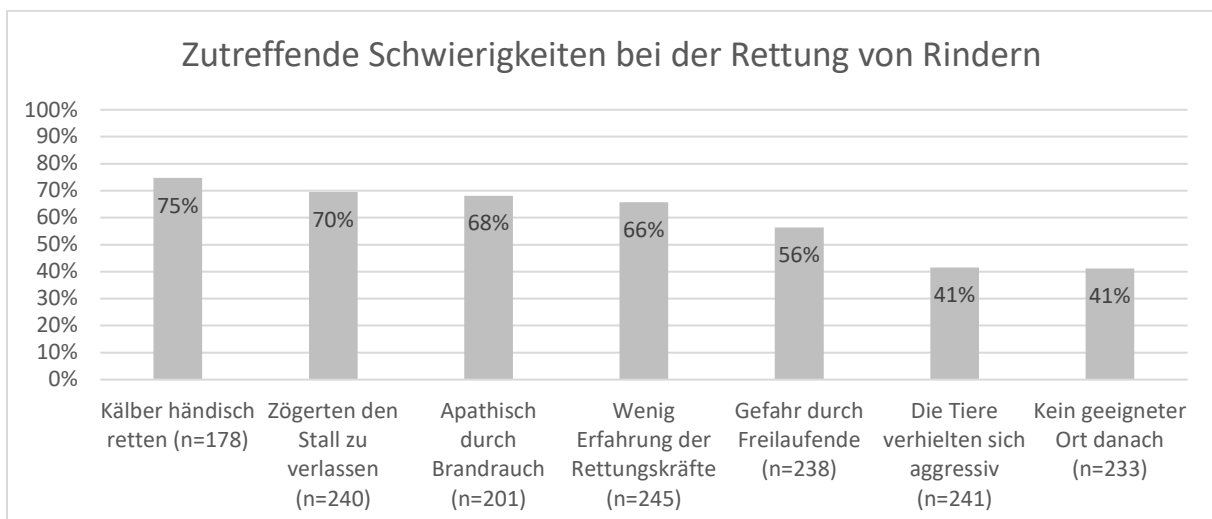


Abbildung 15: Anteil der Umfrage Teilnehmenden, die die jeweils vorgeschlagenen Schwierigkeiten bei der Rettung von Rindern mit "Zutreffend" und „Eher zutreffend“ bewerteten.

Die Angaben bezüglich der Aggressivität von Rindern gegenüber den Rettungskräften wurden differenziert nach Landwirten und Feuerwehrmitgliedern ohne landwirtschaftlichen Hintergrund

analysiert (Abb. 16). Dabei stellte sich heraus, dass Feuerwehrmitglieder ohne landwirtschaftlichen Hintergrund das Verhalten der Tiere signifikant ( $p < 0,01$ ) aggressiver einschätzten als Landwirte.

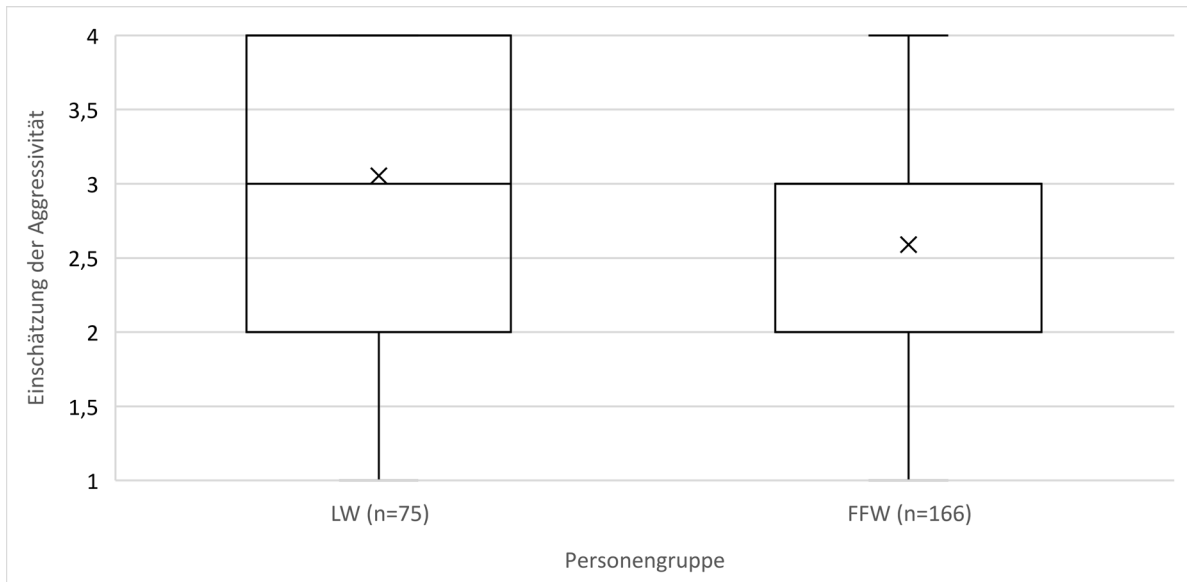
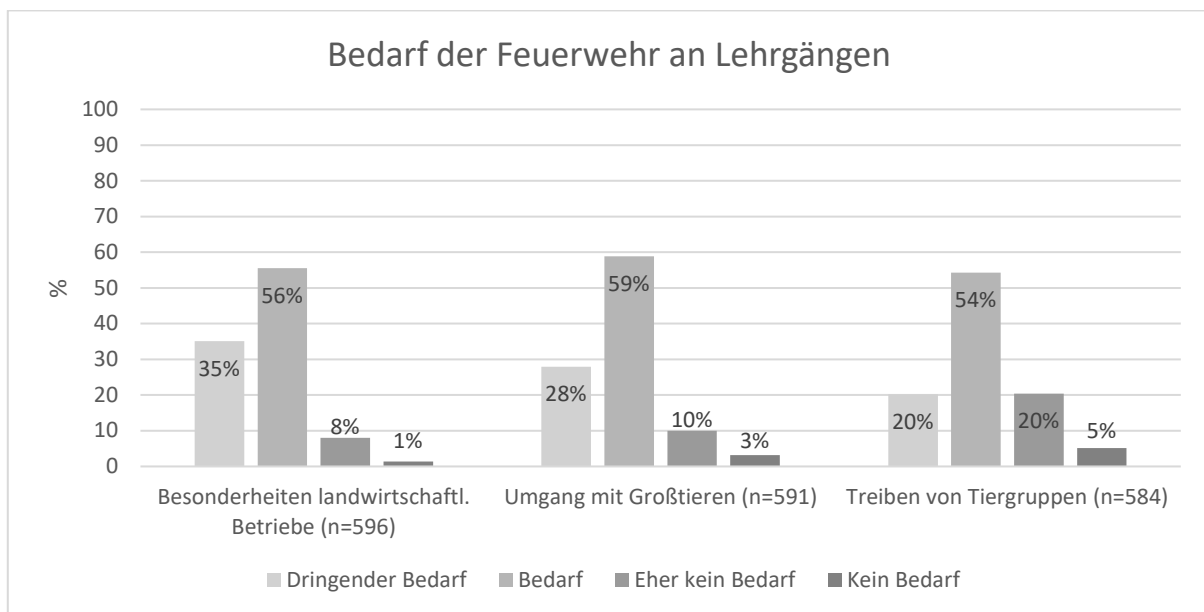


Abbildung 16: Bewertung der Aggressivität von Rindern gegenüber den Rettungskräften durch Landwirte (LW) und Feuerwehrmitglieder ohne landwirtschaftlichen Hintergrund (FFW). (1=trifft zu; 2=trifft eher zu; 3=trifft eher nicht zu; 4=trifft nicht zu)

Die teilnehmenden Feuerwehrmitglieder wurden nach ihrer Einschätzung zum Bedarf nach themenbezogenen Lehrgängen gefragt (Abb. 17). Alle drei vorgeschlagenen Themen trafen auf breite Zustimmung wobei insbesondere die Besonderheiten beim Brand in landwirtschaftlichen Betrieben hervorgehoben wurde.





*Abbildung 17: Angaben der Feuerwehrmitglieder über den Bedarf an Lehrgängen*

Achter (2022) wertete die Angaben der Feuerwehrmitglieder ohne landwirtschaftlichen Hintergrund zum Evakuierungserfolg von Rindern bei Stallbränden u.a. auf die Anzahl betroffener Rinder und der vorhandenen Auslaufmöglichkeiten aus. Insgesamt wurden von dieser Personengruppe 210 Brände mit Rinderbeteiligung beschrieben.

173 Brände wurden von den Feuerwehrmitgliedern in Bezug auf vorhandene Auslaufmöglichkeiten der Rinder beschrieben. In 23 Fällen (13,3 %) hatten die Rinder Weidezugang, in 15 Fällen (8,7 %) stand ein Laufhof zur Verfügung und in 135 Fällen (78 %) gab es keine Auslaufmöglichkeit. Hier stellte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem Evakuierungserfolg der Tiere mit Weidezugang gegenüber denen ohne Auslaufmöglichkeit dar ( $p=0,038$ , Abb. 18). Überraschend war die Tatsache, dass kein signifikanter Unterschied zwischen Kühen mit Laufhof gegenüber denen ohne Auslaufmöglichkeit gefunden wurde ( $p=0,955$ ).

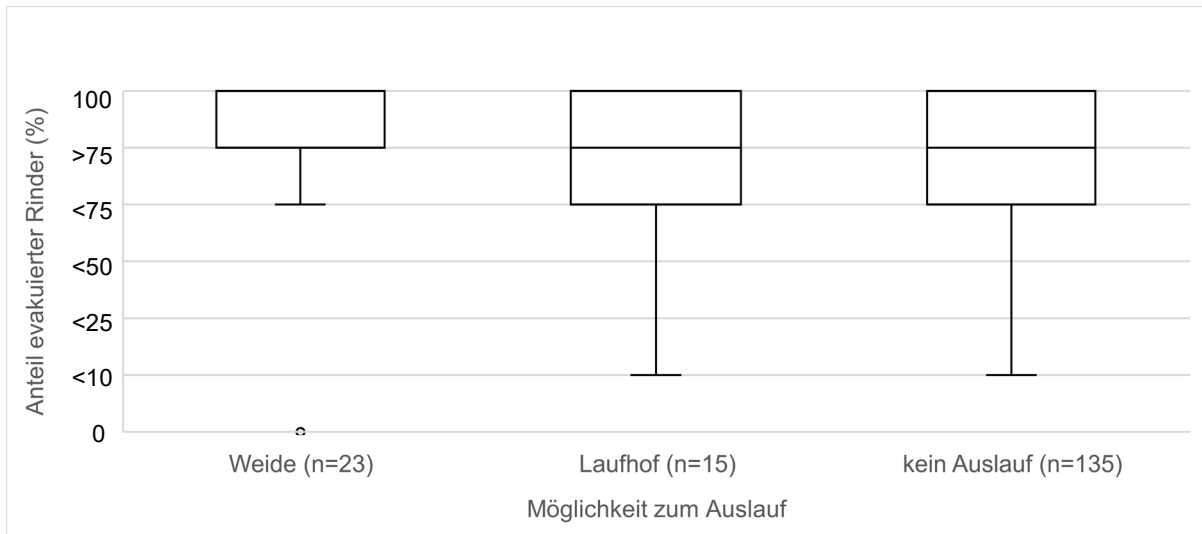


Abbildung 18: Anteil evakuierter Rinder nach Auslaufmöglichkeiten. Signifikanter ( $p=0,038$ ) Unterschied zwischen „Weide“ und „kein Auslauf“. Keine Signifikanz zwischen „Laufhof“ und „kein Auslauf“.

191 von Feuerwehrmitgliedern beschriebene Brände konnten in Bezug auf die Anzahl vom Brand betroffener, adulter Rinder ausgewertet werden (Abb. 19). In 20 Fällen (10,5 %) waren 1 bis 19 Rinder betroffen, in 82 Fällen (42,9 %) 20 bis 49 Rinder, in 66 Fällen (34,6 %) 50 bis 99 Rinder und in 23 Fällen (12,0 %) waren über 100 Rinder vom Brand betroffen. Es wurde weder ein signifikanter Unterschied im Evakuierungserfolg zwischen wenigen betroffenen Tieren (1-19) und größeren Tierzahlen (>19) gefunden ( $p=0,118$ ), noch wurde ein Unterschied zwischen sehr großen Tierzahlen (>100) und weniger Tieren (1-99) gefunden ( $p=0.367$ ).

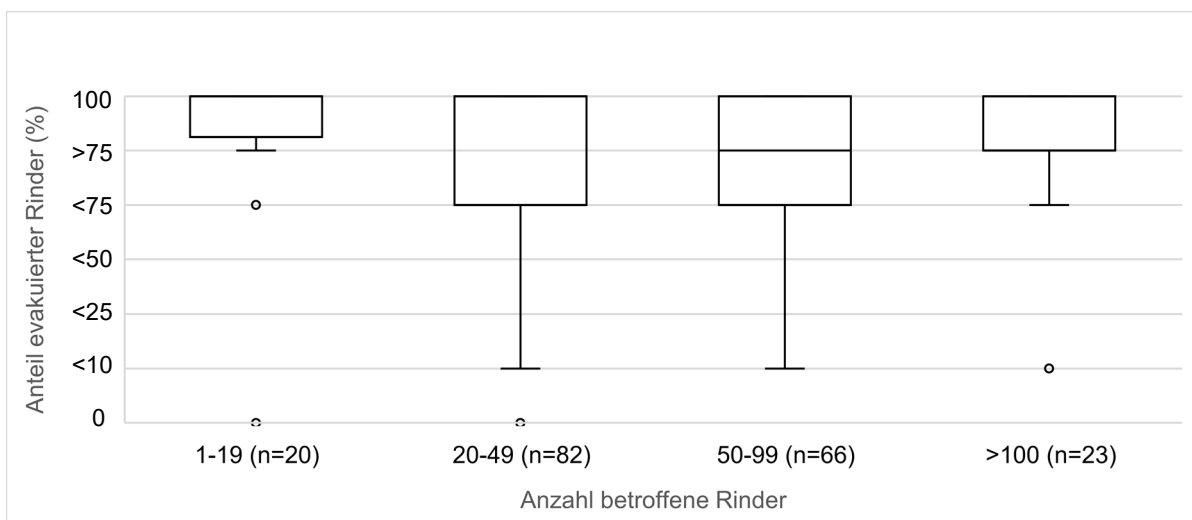


Abbildung 19: Anteil evakuierter Rinder nach Anzahl betroffener Rinder. Kein signifikanter Unterschied zwischen 1-19 Tieren und >19 Tieren. Kein signifikanter Unterschied zwischen >100 Tieren und <100 Tieren.

## 7 Erweiterte Diskussion

### 7.1 Datenlage

Auch wenn die Datenlage dünn ist, beschreibt sie doch eine hohe Relevanz der Thematik. Bezüglich der Anzahl von Bränden mit Tierbeteiligung kann angesichts des dargestellten Flickenteppichs an punktuellen Informationen von einer hohen Dunkelziffer ausgegangen werden, sodass die Ergebnisse der Landtag-Erhebungen in Brandenburg und Niedersachsen, mit Bränden in ca. 0,1 % aller tierhaltenden Betriebe jährlich, sicherlich hochkorrigiert werden müssen. Auch bei den umfassenderen Untersuchungen von Looije und Smit (2010) mit ca. 0,5 % betroffenen Betrieben pro Jahr in den Niederlanden, ist nicht von einer Vollständigkeit auszugehen. Eine bundesweit einheitliche, umfassende Brandstatistik ist notwendig, um Tierleid und wirtschaftliche Schäden realistisch darstellen zu können.

### 7.2 Methodik

Der Median der basalen FCM-Konzentration aller beprobten Kühe in dieser Arbeit lag bei 20,5 ng/g. Diesen Wert in die Literatur einzuordnen fällt nicht leicht. Palme (2019) betonte die Schwierigkeit FCM-Konzentrationen zwischen Studien zu vergleichen, auf Grund der vielen möglichen Einflussfaktoren der Methodik auf die schlussendlich dargestellten Werte. Soweit nachvollziehbar wurden die Kotproben in der vorliegenden Studie jedoch auf vergleichbare Weise genommen, gelagert, transportiert, sowie durch dasselbe Labor ausgewertet, wie in den folgenden Studien, wodurch eine Einordnung möglich wird. Rouha-Mülleider et al. (2010) nahmen, ohne vorherigen Stress-Impuls, einmalig Kotproben von 80 Betrieben und erhielten auf Herdenlevel einen Median von 23,4 ng/g mit Werten zwischen 9,1 ng/g und 47,7 ng/g. Ebinghaus et al. (2020) untersuchten die FCM-Basalwerte in Kotproben von Testtieren aus 25 Milchkuhherden, mit hauptsächlich Holstein-Friesian bzw. Rotbunten Kühen. Insgesamt wurden von 674 Kühen jeweils 3 – 4 Kotproben, im Abstand von 5 – 15 Tagen zueinander, gesammelt und ausgewertet. Die einzelnen Proben hatten eine Spannweite von 2,2 ng/g (die Sensitivitäts-Schwelle der Methodik) bis 159,5 ng/g. Die gemittelten Werte reichten von 2,2 ng/g bis 47,6 ng/g mit einem Median von 11,0 ng/g. Auch auf Herdenlevel fand man deutliche Unterschiede zwischen den Betrieben mit einem Median von 10,8 ng/g und einer Spannweite von 4,4 ng/g bis 17,5 ng/g der gemittelten 3-4 Kotproben. Die erhobenen Werte in dieser Arbeit scheinen demnach im Rahmen zu liegen und schlüssig zu sein. Angesichts dessen, dass sich die basalen FCM-Konzentrationen der neun doppelt beprobten Kühe im Mai und im September um gemittelt 61,71 % voneinander unterschieden, sollte für Folgeversuche überlegt werden die Werte mehrerer Kotproben für die Basalwert-Bestimmung zu mitteln. Der Peak der FCM-Konzentration folgt 9 – 12 Stunden nach einem stressvollen Ereignis (Palme 2019). Für die Beantwortung der Fragestellung in der vorliegenden Arbeit war es nicht notwendig die Spitze der FCM-Konzentration nach der Evakuierung abzubilden, da der Anstieg der FCM-

Konzentration zwischen den Versuchsgruppen zum gleichen Zeitpunkt verglichen wurde. Mehrere Kotproben nach der Evakuierung würden den Verlauf der FCM-Exkretion detaillierter darstellen. Ergänzend zu der Erfassung der Reaktion der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse der Tiere in Form von FCM-Analysen, könnte in Folgeversuchen die Regulation der Herzaktivität durch das vegetative bzw. autonome Nervensystem mittels Herzfrequenzvariabilität-Messung erfasst werden, um momentane Stressmomente differenzierter bewerten zu können.

Auf Grund der betrieblichen Situation musste die Niederleistungsgruppe am Betrieb Achselschwang als die Gewöhnungsgruppe HABIT verwendet werden, wodurch sich Unterschiede zwischen den Kühen in HABIT und den beiden nicht gewöhnten Versuchsgruppen NonH und NonH-R in Milchleistung und Alter ergaben. Die Aussagekraft der Studie sollte dadurch jedoch nicht eingeschränkt sein, da kein signifikanter Unterschied in den FCM-Basalwerten bzw. dem Anstieg der FCM-Werte nach der Evakuierung zwischen Erstlaktierenden und älteren Kühen bestand. Auch Drexl (2022) fand in ihrer Untersuchung der Austriebsreihenfolge im Vorversuch keinen Zusammenhang zwischen der mittleren Positionierung der Kühe und ihrem Alter bzw. ihren Leistungsdaten.

### **7.3 Evakuationsversuch, Austriebsreihenfolge und Umfrage**

Es ließ sich ein Vorteil der an den Austrieb gewohnten Tiere in HABIT für die Evakuierung darstellen. Damit konnte gezeigt werden, dass die Tiere den Trainingseffekt von Austrieben am Tag auf eine nächtliche Evakuierung mit der Feuerwehr übertragen können. Dieses Ergebnis bestätigt auch die Erfahrungsberichte bisheriger Stallbrände, nach denen sich an die Weide gewöhnte Tiere leichter evakuieren lassen und auch nicht versuchen nach der Evakuierung zurück in den Stall zu laufen (Pagel 1986; Ruppert 1985). Ein Umdrehen der Kühe der Gewöhnungsgruppe HABIT wurde nicht beobachtet, sehr wohl aber bei Tieren in der ungewöhnten Gruppe NonH. Auch Achter (2022) fand einen signifikant besseren Evakuierungserfolg bei Betrieben mit Weidehaltung gegenüber Betrieben ohne Auslaufmöglichkeiten. Dass keine signifikanten Unterschiede im Evakuierungserfolg zwischen kleinen und großen Betrieben bestehen zeigt, dass dieses Ergebnis der Weidegewöhnung selbst zuzuschreiben ist, anstatt der Tatsache, dass Weidebetriebe in der Regel eher kleinere Bestandsgrößen haben.

In der vorliegenden Arbeit wurde zwar in HABIT kein geringerer FCM-Anstieg nach der Evakuierung festgestellt als in den nicht an den Austrieb gewöhnten Gruppen NonH und NonH-R. Das kann jedoch durch den überlagernden Stress vom Zusammenführen der Gruppen auf der Weide und dem anschließenden Rücktrieb in den Stall erklärt werden, wodurch Unterschiede in der Stressbelastung zwischen den Gruppen, resultierend aus der unterschiedlichen Austriebsgestaltung, überdeckt wurden.

Ein Vorteil der neun bereits im Mai im Vorversuch ausgetriebenen Kühe bei den Austrieben im September konnte anhand der FCM-Werte nicht festgestellt werden. Ob diese neun Kühe im September

schneller den Stall verließen als die restlichen 14 Kühe von HABIT ließ sich auf Grund der ungenauen RFID-Sensorik und der damit fehlenden Einzeltiererkennung bei den Austrieben im September nicht beantworten, sodass keine Aussagen zum Erhalt des Gewöhnungseffekts über einen längeren Zeitraum getroffen werden können.

Drexl (2022) fand in den Videoauswertungen der Austriebe im Vorversuch zwar Kühe, die entweder überproportional oft im ersten Drittel oder im letzten Drittel der Gruppe den Stall verließen, es wurde jedoch kein Zusammenhang zwischen der gemittelten Austriebsreihenfolge und den untersuchten Eigenschaften der Kühe gefunden. Es konnten daher keine Hinweise formuliert werden zur Auswahl von ruhigen Leittieren, die vorausgeführt werden könnten, um weitere Tiere zum Nachlaufen zu animieren, wie von u.a. Gimenez et al. (2008) vorgeschlagen (siehe Kapitel 3.5).

In der vorliegenden Arbeit wurde deutlich gemacht, dass auch die Evakuierung von nicht an den Austrieb gewohnten Rindern effizient möglich ist, wenn die Rettungswege entsprechend vorbereitet und die Rettungskräfte geschult sind. Landwirte sollten sich daher nicht erst im Ernstfall damit beschäftigen, über welchen Ausgang sie ihre Tiere, wohin in Sicherheit treiben wollen. Kleine Anpassungen und Vorbereitungen, wie die im Versuch erprobten Gülleabwurfgitter-Abdeckungen können bereits einen großen Effekt auf die Verfügbarkeit von Ausgängen haben. Für die in dieser Arbeit angewandte, an die Sinnesphysiologie der Tiere angepasste Gestaltung von Rettungsöffnungen bietet Tabelle 12 im Anhang, Kapitel 11.3, einen Überblick. Der Treibgang von NonH-R, der den Kühen einen Sichtschutz gegen unbekanntes Eindringen bot und verhinderte, dass sie außerhalb des Stalls umdrehten, erwies sich als nicht notwendig für eine schnelle Tierrettung. Einzelne Tiere aus der ungewohnten Gruppe ohne Treibgang NonH drehten sich zwar außerhalb des Stalls um und machten Anstalten in den Stall zurückzulaufen, konnten jedoch von den Treibern einfach davon abgehalten werden.

Neben der Vorbereitung auf den Notfall, sollten unbedingt regelmäßig die Maßnahmen zur Brandverhütung am Betrieb kontrolliert werden. Auch ohne großen Investitionsbedarf lassen sich die betrieblichen Bedingungen für die Tierrettung optimieren und Mängel bei der Brandverhütung abstellen. Beispielsweise in Bezug auf den Blitzschutz, bedenkt man die 43 % der Betriebe ohne Blitzableiter in der Auswertung von Achter (2022). Da Blitzschläge einen großen Anteil an den Brandursachen in der Landwirtschaft haben können (BVS Oberösterreich 2020) besteht hier Verbesserungspotential. Während innerhalb der Tierhaltung nur kostspielige Rauchsaugsysteme störungsfrei laufen (Thönißen 2020), können reguläre Brandmelder in Technikräumen zur Brandfrüherkennung beitragen. Da Fehler in elektrischen Anlagen die Hauptbrandursache in der Landwirtschaft ist (Marten 2012), wodurch meist ein Stromausfall verursacht wird, kann ein an das Handy des Landwirts angeschlossener Stromausfallmelder eine kostengünstige Sicherheitsmaßnahme darstellen. Ob eine Brandbekämpfungsanlage, wie ein Sprinklersystem, zielführend im Rinderbetrieb ist, kann nicht beantwortet werden. Voraussetzung wäre sicherlich eine frühzeitige Aktivierung, durch eine funktionierende Brandfrüherkennung, welche für sich betrachtet schon herausfordernd ist (bvfa 2010).

Zwei Drittel der an der Online-Umfrage teilnehmenden Landwirte waren in der Feuerwehr aktiv, jedoch hatte nur jedes Fünfte der teilnehmenden Feuerwehr-Mitglieder einen landwirtschaftlichen Hintergrund. In Anbetracht des stetigen Rückgangs der Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe in Deutschland ist davon auszugehen, dass der Anteil an Landwirten in den Feuerwehren in den nächsten Jahren eher sinken wird, sodass noch weniger Erfahrung zum Umgang mit landwirtschaftlichen Nutztieren in den Feuerwehren verbleiben wird. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Rettung von Rindern war laut der Online-Umfrage aber die mangelnde Erfahrung der Rettungskräfte im Umgang mit Großtieren. Feuerwehrmitglieder ohne landwirtschaftlichen Hintergrund bewerteten das Verhalten von Rindern signifikant häufiger als aggressiv als Landwirte. Der überwiegende Anteil der an der Online-Umfrage teilnehmenden Feuerwehrmitglieder sah einen Bedarf an Lehrgängen zu Stallbränden und dem Umgang mit Großtieren. Da die Lehrgänge an den Feuerweherschulen in der Regel bereits sehr umfassend gefüllt sind (Mattern, Staatliche Feuerweherschule Geretsried, persönliche Mitteilung, 02.11.2021), besteht Bedarf für zusätzliche Angebote.

## 8 Zusammenfassung

Der Brandschutz in Tierhaltungen ist ein viel diskutiertes Thema. In dem vorliegenden Pilotversuch sollte der Effekt von an die Sinnesphysiologie von Rindern angepasste Rettungswege auf die Evakuierungsgeschwindigkeit und die Stressbelastung der Kühe untersucht werden. Auch der Einfluss einer vorhergegangenen Austribsgewöhnung in Ruhe und am Tag auf eine stressvolle Evakuierung bei Nacht sollte untersucht werden. Dafür wurde eine Versuchsgruppe von Rindern zuvor über 8 Tage stundenweise auf die angrenzende Weide getrieben. Der Gewöhnungserfolg konnte durch den Verlauf der FCM-Konzentration in Kotproben der Tiere in den ersten Tagen der Gewöhnung beschrieben werden. In Bezug auf die Basalwerte waren die FCM-Konzentrationen nach dem ersten Austrieb im Median um 161 % und nach dem zweiten Austrieb um 115 % erhöht. Nach dem dritten Austrieb kehrten die FCM-Konzentrationen auf das Niveau der Basalwerte zurück.

Die Evakuierung erfolgte nachts in Zusammenarbeit mit der örtlichen Feuerwehr, die in voller Montur, sowie mit Blaulicht und Sirenen anrückten. Sie leuchteten die Weide aus, ohne die Ausgänge aus dem Stall direkt anzuleuchten, um die Rinder nicht zu blenden und ihnen freie Sicht auf die gut ausgeleuchtete Weide vor ihnen zu geben. Querverbindungen zwischen den Gängen im Stall wurden geschlossen, sodass die Versuchstiere in gerader Linie ausgetrieben werden konnten. Die Ausgänge endeten auf einem Gülleabwurfgitter, welches rutschfest mit einer Holzplatte und Gummibeslag überdeckt wurde. Zudem wurde auf den ersten Metern dahinter Stroh verteilt, um den Tieren einen gewohnten Untergrund zu geben. Mit diesen Maßnahmen konnten auch die 23 Tiere der nicht an den Ausgang gewöhnten Versuchsgruppe erfolgreich in 52 Sekunden auf die Weide verbracht werden. Die gewohnte Versuchsgruppe lief zielstrebig und signifikant ( $p=0,01$ ) dichter beisammen auf die Weide. Innerhalb von 14 Sekunden, nachdem die erste Kuh den Stall verließ, war die ganze Gruppe evakuiert. Auch nach der Evakuierung wurden Kotproben aller Tiere genommen, um FCM-Konzentrationen zu bestimmen. Dabei konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden.

In der Online-Umfrage zu bisherigen Erfahrungen mit Stallbränden konnte ein signifikant ( $p=0,038$ ) besserer Evakuierungserfolg bei Weidebetrieben gegenüber Betrieben ohne Auslaufmöglichkeit festgestellt werden. Die Anzahl betroffener Tiere hatte jedoch keinen Einfluss auf den Evakuierungserfolg. Dass die Rettungskräfte wenig Erfahrung im Umgang mit landwirtschaftlichen Nutztieren hatten, stellte sich als Schwierigkeit bei der Tierrettung heraus.

Diese Ergebnisse bestätigen, dass eine vorhergehende Gewöhnung von Rindern an den Austrieb einen positiven Effekt auf eine nächtliche Evakuierung hat. Mit gewissen Vorbereitungen im Vorfeld durch den Landwirt und mit Sachverstand der Rettungskräfte ist jedoch auch die Tierrettung einer nicht an den Austrieb gewöhnten Milchviehherde effektiv umsetzbar. Rettungskräfte benötigen jedoch ein erweitertes Schulungsangebot zu den Besonderheiten beim Brand landwirtschaftlicher Betriebe.

Es ist herausfordernd, allgemeingültige und zielführende Sicherheitsvorgaben für jeden Stall und jeden Brandfall zu konzipieren und viel Forschungsarbeit ist von Nöten, um spezifische Rettungsansätze für verschiedene Tier- und Nutzungsarten zu entwerfen. Erst dann ließe sich die Forderung aus § 14 MBO, 2020, dass die Rettung von Mensch und Tier möglich sein muss, mit Inhalt füllen. Um diese Ansätze zu identifizieren und zu verifizieren ist eine zuverlässige Brandstatistik bedeutsam, die es aktuell in Deutschland noch nicht gibt. Die Erfassung von Spezifika bei Bränden mit Tierbeteiligung durch Behörden oder durch Befähigung der Feuerwehren ist notwendig, um auf den Evakuierungserfolg einwirkende Faktoren bestimmen zu können.



## 9 Summary

There is much discussion about fire safety in barns. In this pilot study the effect of prepared exits, adapted to the sensory physiology of cattle, on the readiness of cattle to leave the barn and on their stress level was examined. Another point of interest was the effect of previous habituation of cattle to leaving the barn on an evacuation at night. For this purpose, one group of cattle was herded to pasture in the morning for 8 days prior to evacuation. The success of the habituation was depicted by changes in FCM-concentrations in fecal samples of the cows at consecutive days of the habituation. In relation to baseline the FCM-concentration on the first day of habituation rose by 161 % (median), on the second day by 115 % and on the third day FCM-concentration was back on the same level as baseline.

Evacuation took place at night in collaboration with the fire brigade, advancing with sirens. They spotlighted the pasture without blinding the exiting animals, allowing them to have free vision on the illuminated pasture in front of them. Crossover passages between the cubicle alleys were closed off, with straight alleys ending upon grids for dropping manure, which were covered by wooden boards with struts gripping the grid structure and rubber mats tacked upon the wood to prevent slipping. Additionally, for a few meters the concrete area outside the exits was covered with straw to create a familiar surface for cattle. Providing this, the unhabituated group of 23 cattle were herded to pasture successfully in 52 seconds. The habituated group left the barn significant ( $p=0,01$ ) more in bulk. After the first cow left the barn, it took only 14 seconds for the rest of the habituated group to follow. In fecal samples after evacuation, there was no significant difference in FCM-concentration between groups.

A significant ( $p=0,038$ ) advantage in evacuating cows at farms with access to pasture was found in the online survey about experiences of past barn fires, compared to evacuating cows at farms with no access to open-air areas. The number of affected cows had no significant impact on the success of evacuation. Rescue services not having experience in handling cattle was described as the main challenge in evacuating cattle. These results confirm the positive impact of habituating cattle to leaving the barn during the day on the success of an evacuation at night. Given a certain amount of preparedness and knowledge of the rescue services the rescue of unhabituated dairy cattle can be effective, too. Rescue services need more support and training about the particular challenges of barn fires.

It is challenging to conceive applicable safety measures for every barn and every fire scenario. Farm animals do usually not flee to safety outside of the barn on their own. Therefore, much research is needed, to devise specific rescue strategies for each species and husbandry condition. Until then, the demand that the rescue of people and animals must be possible, formulated in § 14 MBO, 2020, is empty. To identify and verify solutions, reliable statistics about fires are necessary. Those do not exist as of yet in Germany. By recording specifics of barn fires by public authorities or by enabling the fire rescue services in this regard, it would be possible to find determining factors concerning the success of animal evacuation.



## 10 Literaturverzeichnis

Achter V (2022): Analyse der Tierrettung bei Stallbränden auf Grundlage einer Umfrage über Erfahrungen bisheriger Brandfälle. Hohenheim, Universität Hohenheim, Masterarbeit.

Adamczyk K, Górecka-Bruzda A, Nowicki J, Gumułka M, Molik E, Schwarz T, Earley B, Klocek C (2015): Perception of environment in farm animals – A review. *Ann. Anim. Sci.* 15: 565–589. DOI 10.1515/aoas-2015-0031.

AGBF (2012): Empfehlungen (2012-1) zur Durchführung der Brandverhütungsschau (auch Gefahrenverhütungsschau oder Feuerbeschau). Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF), 5 Seiten.

ALB Bayern (2013): Leitfaden Vorbeugender baulicher Brandschutz bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden für die Rinderhaltung. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB Bayern). 19 Seiten.

ALB Hessen (2012): Brandschutz bei Stallanlagen und landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden in Hessen. Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung, Landtechnik und Bauwesen in der Landwirtschaft Hessen e.V. (ALB Hessen). 24 Seiten.

AMK (2022): Endgültiges Ergebnisprotokoll. Agrarministerkonferenz (AMK) am 01.04.2022 (Videokonferenz). 77 Seiten.

Aurich J (2002): Endokrinpharmakologie. In: Frey H., Löscher W. (Hrsg.), *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin*. 2. Aufl. Enke, Stuttgart, ISBN: 3-7773-1797-7, 280–317.

AWI (2018): Barn Fires. A Deadly Threat to Farm Animals USA. Animal Welfare Institute (AWI). <https://awionline.org/store/catalog/animal-welfare-publications/farm-animals/barn-fires-deadly-threat-farm-animals> (Zugriff 30.07.2020).

Battran L (2020): Einführung in den vorbeugenden Brandschutz. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln.

Bauman DE, Currie WB (1980): Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *J Dairy Sci* 63: 1514–1529. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0.

Borell E von, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J, Marchant-Forde R, Minero M, Mohr E, Prunier A, Valance D, Veissier I (2007): Heart rate variability as a measure of

autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals -- a review. *Physiol Behav* 92: 293–316. DOI 10.1016/j.physbeh.2007.01.007.

Borrel E von (2009): Grundlagen des Verhaltens. In: Hoy S (Hrsg.), *Nutztierethologie*. Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN: 3-8252-3312-9, 12–37.

Brandenburger Landtag (2019): Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage Nr. 4145 des Abgeordneten Benjamin Raschke (Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN) Drucksache 6/10233. Brandschutz in Tierhaltungen. Drucksache 6/10503.

Broucek J, Uhrincat M, Mihina S, Soch M, Mrekajova A, Hanus A (2017): Dairy Cows Produce Less Milk and Modify Their Behaviour during the Transition between Tie-Stall to Free-Stall. *Animals (Basel)* 7. DOI 10.3390/ani7030016.

Bundeskriminalamt (2022): Polizeiliche Kriminalstatistik. [https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/pks\\_no\\_de.html](https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/pks_no_de.html) (Zugriff 27.07.2022).

bvfa (2010): Brandschutzkompakt Nr.39. Qualität von Sprinkleranlagen in der Diskussion. Bundesverband technischer Brandschutz e.V. (bvfa). <https://www.bvfa.de/178/presse-medien/publikationen/brandschutzkompakt/> (Zugriff 16.09.2022).

BVS (2018): Brandschadenstatistik der österreichischen Brandverhütungsstellen (BVS). 2018. [https://www.bvs-ooe.at/leistungen/brandermittlung/#statistik\\_oe](https://www.bvs-ooe.at/leistungen/brandermittlung/#statistik_oe) (Zugriff 18.08.2020).

BVS Oberösterreich (2020): Brandschaden Statistik 2019. [https://www.bvs-ooe.at/wp-content/uploads/2021/11/2019\\_Brandschadenstatistik\\_WEB.pdf](https://www.bvs-ooe.at/wp-content/uploads/2021/11/2019_Brandschadenstatistik_WEB.pdf) (Zugriff 30.07.2020).

CFPA Europe (2015): Fire protection in farm buildings. CFPA-E Guideline No 17:2015 F. Confederation of Fire Protection Associations Europe (CFPA Europe). 16 Seiten.

CTIF (2020): World Fire Statistics. 2020 No 25. Comité Technique International de prévention et d'extinction du Feu (CTIF). 67 Seiten. <https://ctif.org/world-fire-statistics> (Zugriff 14.08.2020).

Currie WB, Thorburn GD (1977): Parturition in goats: studies on the interactions between the foetus, placenta, prostaglandin F and progesterone before parturition, at term or at parturition induced prematurely by corticotrophin infusion of the foetus. *J Endocrinol* 73: 263–278. DOI 10.1677/joe.0.0730263.

Dahl GE, Tao S, Monteiro APA (2016): Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *J Dairy Sci* 99: 3193–3198. DOI 10.3168/jds.2015-9990.

Daigle CL, Hubbard AJ, Grandin T (2020): The Use of Traditional Fear Tests to Evaluate Different Emotional Circuits in Cattle. *J Vis Exp*. DOI 10.3791/60641.

Della-Rossa L, Chadœuf J, Boissy A, Dumont B (2013): Leaders of spontaneous group movements influence whole-group social organization: an experimental study on grazing heifers. *Behav* 150: 153–173. DOI 10.1163/1568539X-00003043.

Deutscher Bundestag (2020): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Renate Künast, Ullrich Schauws, Dr. Irene Mihalic, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Brand im Affenhaus des Krefelder Zoos in der Silvesternacht 2019 – Sicherheitsvorkehrungen in Tierhaltungsanlagen. Drucksache 19/18456. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/184/1918456.pdf> (Zugriff 27.07.2022).

Dezernat für Umwelt, Planung und Bauen der Region Hannover (2010): Neuer Regelstandard der Region Hannover für den Brandschutz bei großen Tierhaltungsanlagen. 3 Seiten.

Drexler L-M (2022): Analyse stressbezogener Parameter bei der Gewöhnung an einen stundenweisen Weideaustrieb von laktierenden Rindern auf Einzeltierebene. Freising, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, Bachelor Thesis.

Dumont B, Boissy A, Achard C, Sibbald AM, Erhard HW (2005): Consistency of animal order in spontaneous group movements allows the measurement of leadership in a group of grazing heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 95: 55–66. DOI 10.1016/j.applanim.2005.04.005.

Ebinghaus A, Knierim U, Simantke C, Palme R, Ivemeyer S (2020): Fecal Cortisol Metabolites in Dairy Cows: A Cross-Sectional Exploration of Associations with Animal, Stockperson, and Farm Characteristics. *Animals (Basel)* 10. DOI 10.3390/ani10101787.

Equine Network (2021): Temple Grandin: Horses Need To See Objects From All Sides. <https://thehorse.com/1103951/temple-grandin-horses-need-to-see-objects-from-all-sides/> (Zugriff 21.12.2021).

Erhard M, Hoy S (2009): Tierschutz, Tierverhalten und Tierhaltung. In: Hoy S (Hrsg.), *Nutztierethologie*. Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN: 3-8252-3312-9, 64–77.

Ernst G (2017): Hidden Signals-The History and Methods of Heart Rate Variability. *Front Public Health* 5: 265. DOI 10.3389/fpubh.2017.00265.

Festag S, Döbbling E (2020): vfdb-Brandschadenstatistik. Untersuchung der Wirksamkeit von (anlagentechnischen) Brandschutzmaßnahmen. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb). 513 Seiten.

Feuerwehrverband (2022): Statistik - Feuerwehrverband.

<https://www.feuerwehrverband.de/presse/statistik/> (Zugriff 13.09.2022).

FiBL (2018): Erfolgreiches Rinderhandling. Wahrnehmen, verstehen, kommunizieren. Merkblatt Nr. 1658. Forschungsinstitut für biologischen Landbau. 28 Seiten.

<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1658-rinderhandling.pdf> (Zugriff 28.09.2022).

Foris B, Thompson AJ, Keyserlingk MAG von, Melzer N, Weary DM (2019): Automatic detection of feeding- and drinking-related agonistic behavior and dominance in dairy cows. *J Dairy Sci* 102: 9176–9186. DOI 10.3168/jds.2019-16697.

Fride E, Dan Y, Feldon J, Halevy G, Weinstock M (1986): Effects of prenatal stress on vulnerability to stress in prepubertal and adult rats. *Physiol Behav* 37: 681–687. DOI 10.1016/0031-9384(86)90172-1.

Gastecker R (2020): Rinder mit anderen Augen sehen. So tickt die Kuh. *ÖAG-Info* 6/2020. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG). 12 Seiten.

GDV (2009): Intensiv-Tierhaltungen - Konzepte für Alarmierungseinrichtungen in Stallanlagen. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). 12 Seiten.

GDV (2013): Brandschutz im landwirtschaftlichen Betrieb. Leitlinien zur Schadenverhütung der deutschen Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). 20 Seiten.

GDV (2019a): Infografik Brandgefährlich. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). <https://www.gdv.de/resource/blob/48802/4657026dcedb89dcc2c7f3e5fa21a23b/infografik-data.pdf> (Zugriff 29.07.2022).

GDV (2019b): Stellungnahme des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft zur Anhörung im Landtag NRW zum besseren Brandschutz und Tierschutz am 13.03.2019 in Düsseldorf. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). 10 Seiten.

GDV (2020a): Blitzschäden. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). <https://www.gdv.de/resource/blob/61062/dc4e0e5b0a76da50ac6757350637ce17/grafik-blitze-data.pdf> (Zugriff 28.07.2022).

GDV (2020b): Schadenverhütung in der Sachversicherung 2019/2020. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). 25 Seiten.

GDV (2021): Statistisches Taschenbuch der Versicherungswirtschaft 2021. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). <https://www.gdv.de/resource/blob/69974/ce5a0b7c5ad43b0baaf4cb0e7afe2fd4/-iv-schaden-und-unfallversicherung-tab-59-89-data.pdf> (Zugriff 28.07.2022).

Gebäudeversicherung Kanton Zürich (2009): Tierrettung.

<https://www.yumpu.com/no/document/read/10026408/tierrettung-gvz> (Zugriff 23.03.22).

Geischeder S (2017): Auswirkungen von Hitzestress auf Milchkühe der Rasse Fleckvieh unter bayerischen Klimabedingungen und Einfluss einer Unterstützungslüftung durch Ventilatoren.

München, LMU, Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung, Dissertation.

Giertoła Z (2021): Die wichtigsten Fakten zum Brandschutz. top agrar Ratgeber Kuhställe 11/2021: 36–37.

Gimenez RM, Woods J.A., Dwyer R.M., Gimenez T (2008): A Review of strategies to prevent and respond to barn fires affecting the horse industry. In: American Association of Equine Practitioners (Hrsg.), Proceedings, San Diego, California 06-10.12, 160–179.

Götz M (2021): Brandursachen und -schutz in Ställen. [https://kontrolldienst-sts.ch/images/Dokumente/Schulunterlagen/Merkblaetter/mb\\_brandschutz\\_de\\_v3-1.pdf](https://kontrolldienst-sts.ch/images/Dokumente/Schulunterlagen/Merkblaetter/mb_brandschutz_de_v3-1.pdf) (Zugriff 13.07.2022).

Gräff AM (2017): Untersuchungen zu Auswirkungen von simulierten Energieausfällen eines automatischen Melksystems auf ausgewählte Stressparameter von Milchkühen. Freising, TUM, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Dissertation.

Graignic-Philippe R, Dayan J, Chokron S, Jacquet A-Y, Tordjman S (2014): Effects of prenatal stress on fetal and child development: a critical literature review. *Neurosci Biobehav Rev* 43: 137–162. DOI 10.1016/j.neubiorev.2014.03.022.

Grandin T (1989): Behavioral Principles of Livestock Handling. *Prof. Anim. Sci.* 2/1989: 1–11.

Grandin T (2010a): How to Improve Livestock Handling and Reduce Stress. In: Grandin T (Hrsg.), *Improving animal welfare. A practical approach.* CAB International, Wallingford, ISBN: 9781845935412, 64–87.

Grandin T (2010b): The Importance of Measurement to Improve the Welfare of Livestock, Poultry and Fish. In: Grandin T (Hrsg.), *Improving animal welfare. A practical approach.* CAB International, Wallingford, ISBN: 9781845935412, 1–20.

Grandin T (2013): Making slaughterhouses more humane for cattle, pigs, and sheep. *Annu Rev Anim Biosci* 1: 491–512. DOI 10.1146/annurev-animal-031412-103713.

Grandin T, Johnson C (2005): *Animals in Translation. Using the Mysteries of Autism to Decode Animal Behaviour.* Bloomsbury, London, ISBN: 0-7475-7857-5.

- Grandin T, Odde KG, Schutz DN, Behrns LM (1994): The reluctance of cattle to change a learned choice may confound preference tests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39: 21–28. DOI 10.1016/0168-1591(94)90012-4.
- Grandin T, Shivley C (2015): How Farm Animals React and Perceive Stressful Situations Such As Handling, Restraint, and Transport. *Animals (Basel)* 5: 1233–1251. DOI 10.3390/ani5040409.
- Heinrich M, Müller H, Fieseler H, Steiner A, Gottschalk J, Einspanier A, Spilke J, Mielenz N, Palme R, Baumgartner W, Möbius G, Starke A (2020): Cortisol concentration before, during and after sham foot trimming in German Holstein cows – the suitability of different matrices. *Tierarztl Prax* 48: 291–300. DOI 10.1055/a-1261-6583.
- Helm J (2011): Schwachpunkt Nagelplatten-Dachkonstruktion. [https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/nagelplattenbinder\\_11\\_05\\_12.pdf](https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/nagelplattenbinder_11_05_12.pdf) (Zugriff 16.09.2022).
- Henschler D (1987): Wichtige Gifte und Vergiftungen. In: Forth W, Henschler D, Rummel W (Hrsg.), *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Für Studenten der Medizin, Veterinärmedizin, Pharmazie, Chemie, Biologie sowie für Ärzte, Tierärzte und Apotheker.* 5. Aufl. Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim, 739–834.
- Hirata M, Takeno N (2014): Do cattle (*Bos taurus*) retain an association of a visual cue with a food reward for a year? *Anim Sci J* 85: 729–734. DOI 10.1111/asj.12210.
- Hörning B (2012): Rettung von Schweinen im Fall von Stallbränden. Gutachten. 35 Seiten.
- Haupt KA (1998): *Domestic Animal Behavior for Veterinarians and Animal Scientists.* 3. Aufl. Manson Publishing, London, ISBN: 1-874545-96-0.
- Hoy S (2009): Methoden der Nutztierethologie. In: Hoy S (Hrsg.), *Nutztierethologie.* Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN: 3-8252-3312-9, 39–63.
- HSI (2020): Untold Suffering: The Tragic Impact of Barn Fires on Animals. A Five-Year Review of Barn Fires in Canada. <https://www.hsi.org/wp-content/uploads/assets/pdfs/reports/2020/200310-HSI-Canada-Barn-Fire-Report-Final.pdf> (Zugriff 14.08.2020).
- Hutson GD (1985): The Influence of Barley Food Reward on Sheep Movement through a Handling System. *Appl. Anim. Behav. Sci.*: 263–273.
- Idris M, Uddin J, Sullivan M, McNeill DM, Phillips CJC (2021): Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle. *Animals (Basel)* 11. DOI 10.3390/ani11010071.



- IFS (2020a): Ursachenstatistik Brandschäden. <https://www.ifs-ev.org/schadenverhuetung/ursachenstatistiken/ursachenstatistik-brandschaeden-2021/> (Zugriff 28.07.2022).
- IFS (2020b): Wir über uns. <https://www.ifs-ev.org/das-institut/wir-ueber-uns/> (Zugriff 28.07.2022).
- IM NRW (2018): Meldungen an die Aufsichtsbehörden über außergewöhnliche Ereignisse im Brand- und Katastrophenschutz. Meldeerlass. [https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_bes\\_text?anw\\_nr=1&bes\\_id=38928&aufgehoben=N&keyword=meldeer-](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&bes_id=38928&aufgehoben=N&keyword=meldeer-) (Zugriff 27.07.2022).
- IM NRW (2021): Gefahrenabwehrbericht 2020. [https://www.im.nrw/system/files/media/document/file/gabimnrw\\_2020.pdf](https://www.im.nrw/system/files/media/document/file/gabimnrw_2020.pdf) (Zugriff 22.02.2022).
- IM NRW (2022): Gefahrenabwehr: Die Jahresstatistik. <https://www.im.nrw/zahlen-daten-und-fakten-zur-gefahrenabwehr> (Zugriff 27.07.2022).
- Karlsch D, Jonas W (1993): Brandschutz in der Landwirtschaft. 3. Aufl. Kohlhammer, Stuttgart, ISBN: 3170121049.
- Kenny FJ, Tarrant PV (1987): The reaction of young bulls to short-haul road transport. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 17: 209–227. DOI 10.1016/0168-1591(87)90147-X.
- Kovács L, Jurkovich V, Bakony M, Szenci O, Póti P, Tőzsér J (2014a): Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research. *Animal* 8: 316–330. DOI 10.1017/S1751731113002140.
- Kovács L, Tőzsér J, Szenci O, Póti P, Kézér FL, Ruff F, Gábrriel-Tőzsér G, Hoffmann D, Bakony M, Jurkovich V (2014b): Cardiac responses to palpation per rectum in lactating and nonlactating dairy cows. *J Dairy Sci* 97: 6955–6963. DOI 10.3168/jds.2014-8327.
- Kremer F (2011): Brandschutz in Mastviehanlagen. Brandschutzkonzepte. *FeuerTrutz Magazin* 2/2011: 9.
- Kremer P, Benning R, Wolf S (2007): Widerstand gegen Massentierhaltungsanlagen. Erfahrungen und Empfehlungen aus der Praxis. 18 Seiten.
- Ksiksi T, Laca EA (2002): Cattle Do Remember Locations of Preferred Food over Extended Periods. *Asian Australas. J. Anim. Sci* 15: 900–904. DOI 10.5713/ajas.2002.900.
- Kunkelmann J (2016): Brandschutz-Forschung der Länder der Bundesrepublik Deutschland. Effektiver, effizienter und wirtschaftlicher Brandschutz bei Massentierhaltung. Forschungsbericht Nr. 178. 241 Seiten.

Lay DC, Randel RD, Friend TH, Carroll JA, Welsh TH, Jenkins OC, Neuendorff DA, Bushong DM, Kapp GM (1997): Effects of prenatal stress on the fetal calf. *Domest. Anim. Endocrinol.* 14: 73–80. DOI 10.1016/S0739-7240(96)00115-4.

LFV Bayern (2022): Statistiken. Landesfeuerwehrverband Bayern (LFV Bayern). <https://www.lfv-bayern.de/informationen/statistiken/> (Zugriff 28.07.2022).

LFV BW (2021): Jahresbericht LFV BW 2020. Landesfeuerwehrverband Baden-Württemberg (LFV BW). [https://www.fwvbw.de/fileadmin/Downloads/Jahresbericht\\_LFVBW\\_2020.pdf](https://www.fwvbw.de/fileadmin/Downloads/Jahresbericht_LFVBW_2020.pdf) (Zugriff 28.07.2022).

Littlejohn BP, Price DM, Banta JP, Lewis AW, Neuendorff DA, Carroll JA, Vann RC, Welsh TH, Randel RD (2016): Prenatal transportation stress alters temperament and serum cortisol concentrations in suckling Brahman calves. *Anim. Sci. J.* 94: 602–609. DOI 10.2527/jas.2015-9635.

Looije M, Smit M (2010): Brand in veestallen. Onderzoek naar de omvang, ernst, oorzaken, preventie en bestrijdingsmogelijkheden van brand in rundvee-, varkens- en pluimveestallen. Leeuwarden, Hogeschool Van Hall Larenstein.

Marsh P (2007): Fire and smoke inhalation injury in horses. *Vet Clin North Am Equine Pract* 23: 19–30. DOI 10.1016/j.cveq.2006.11.005.

Marten M (2012): Neue Risiken in der Landwirtschaft. *Schadenprisma* 3/2012: 4–12.

Mathias A, Daigle C (2019): Safety in numbers: Social isolation increases behavioral responses of cattle during startle tests. *Anim. Sci. J.* 97: 18. DOI 10.1093/jas/skz053.040.

Mathias A, Forehand L, Carstens GE, Daigle CL (2018): Quantifying Stress and Anxiety: Development and Validation of a Novel Fear Test for Cattle. *Anim. Sci. J.* 96: 19. DOI 10.1093/jas/sky027.036.

Mayer C (2019): Brandmelder für den Stall. <https://www.topagrar.com/suedplus/news/rauchmelder-fuer-den-stall-11813933.html> (Zugriff 14.08.2020).

Mayr J (2020): Brandschutznachweise nach Bayerischer Bauordnung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln.

MHKBD NRW (2019): Aktueller Bericht zum Brandschutz in Tierhaltungsanlagen in Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen (MHKBD NRW). <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMV17-1618.pdf> (Zugriff 27.07.2022).

Miller J, Miller W (1995): Barn Fire Prevention, Proceedings of the 2nd international conference on equine rescue, Southern Pines, North Carolina 11.02.1995, 162-164.

ML Nds. (2007): Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML Nds.). 86 Seiten.

ML Nds. (2018): Tierschutzleitlinie für die Mastrinderhaltung. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML Nds.). 100 Seiten.

Moran J, Doyle R (2015): Cow Talk. Understanding Dairy Cow Behaviour to Improve Their Welfare on Asian Farms. CSIRO Publishing, ISBN: 978-1-4863-0163-8.

Morauw C, Gimenez R (2014): How to Configure an Equine Facility to Prevent and Better Respond to Barn Fires. AAEP Proceedings.

Möstl E, Maggs JL, Schrötter G, Besenfelder U, Palme R (2002): Measurement of Cortisol Metabolites in Faeces of Ruminants. Vet. Res. Commun. 26: 127–139.

Nagel C, Aurich C, Aurich J (2019): Stress effects on the regulation of parturition in different domestic animal species. Anim Reprod Sci 207: 153–161. DOI 10.1016/j.anireprosci.2019.04.011.

Nanda AS, Dobson H, Ward WR (1990): Relationship between an increase in plasma cortisol during transport-induced stress and failure of oestradiol to induce a luteinising hormone surge in dairy cows. Res. Vet. Sci. 49: 25–28. DOI 10.1016/S0034-5288(18)31040-3.

Neumann F, Schenck B (1987): Endokrinpharmakologie. Pharmakotherapie mit Hormonen. In: Forth W, Henschler D, Rummel W (Hrsg.), Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Für Studenten der Medizin, Veterinärmedizin, Pharmazie, Chemie, Biologie sowie für Ärzte, Tierärzte und Apotheker. 5. Aufl. Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim, 396–447.

NFPA (2022): Standard 150. Fire and Life Safety in Animal Housing Facilities. National Fire Protection Association (NFPA). <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=150> (Zugriff 14.08.2020).

Niedersächsischer Landtag (2019): Was unternimmt die Landesregierung gegen unzureichende Brandschutzbestimmungen bei Stallbauten? Drucksache 18/3312. [https://www.landtag-niedersachsen.de/drucksachen/drucksachen\\_18\\_05000/03001-03500/18-03312.pdf](https://www.landtag-niedersachsen.de/drucksachen/drucksachen_18_05000/03001-03500/18-03312.pdf) (Zugriff 27.07.2022).

ÖKL (2017): Baulicher Brandschutz in der Landwirtschaft. ÖKL-Merkblatt Nr 107. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL). 16 Seiten.

OMAFRA (2011): Reducing the Risk of Fire on Farm. Publication 837. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA). 56 Seiten.

Ostendorff F, Werner U (2010): Argu-Hilfe 1.0. Brandschutzproblematik bei Massentierhaltungsanlagen. 10 Seiten.

Pagel S (1986): Tierverluste und Schäden infolge von Stallbränden. Eine Schadensanalyse und Studie zum Verhalten von landwirtschaftlichen Nutztieren bei Bränden im Kreis Herzogtum Lauenburg während eines Zeitraums von zehn Jahren (1973-1982). Berlin, Freie Universität Berlin, Dissertation.

Palme R (2012): Monitoring stress hormone metabolites as a useful, non-invasive tool for welfare assessment in farm animals. *anim welf* 21: 331–337. DOI 10.7120/09627286.21.3.331.

Palme R (2019): Non-invasive measurement of glucocorticoids: Advances and problems. *Physiol Behav* 199: 229–243. DOI 10.1016/j.physbeh.2018.11.021.

Palme R, Möstl E (1997): Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *Z. Säugetierkd. – Int. J. Mamm. Biol.* 62: 192–197.

Palme R, Robia C, Messmann S, Hofer J, Möstl E (1999): Measurement of faecal cortisol metabolites in ruminants: A non-invasive parameter of adrenocortical function. *Wien Tierarztl Monatsschr*: 237–241.

Pauluhn J (1992): Modeling of toxicological effects of fire effluents: prediction of toxicity and evaluation of animal model. *Toxicology Letters* 64-65: 265–271. DOI 10.1016/0378-4274(92)90198-S.

Pesenhofer G, Palme R, Pesenhofer RM, Kofler J (2006): Comparison of two methods of fixation during functional claw trimming - walk-in crush versus tilt table - in dairy cows using faecal cortisol metabolite concentrations and daily milk yield as parameters. *Wien Tierarztl Monatsschr*: 288–294.

Phillips C (2002): *Cattle Behaviour and Welfare*. 2. Aufl. Blackwell Science, ISBN: 0-632-05645-2.

Phillips C, Lomas C (2001): The Perception of Color by Cattle and its Influence on Behavior. *J Dairy Sci*: 807–813.

Poettinger J (2011): Vergleichende Studie zur Haltung und zum Verhalten des Wisents und des Heckrindes. München, LMU, Dissertation.

Porzig E (1969): Verhalten von Rindern. In: Porzig E (Hrsg.), *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 121–221.

Rademann P (2012): Erhebung des Risikobewusstseins bei Pferdebesitzern und Stallbetreibern und Erarbeitung eines Informationsinstrumentes zur Kommunikation des Risikos von Stallbränden und

deren gesundheitliche Konsequenzen für Pferde. Wien, Veterinärmedizinischen Universität Wien, Diplomarbeit.

Ramseyer A, Boissy A, Thierry B, Dumont B (2009): Individual and social determinants of spontaneous group movements in cattle and sheep. *Animal* 3: 1319–1326. DOI 10.1017/S1751731109004790.

Regierung von Flandern (2011): Schriftelijke vraag: Veebedrijven - Brandpreventiemaatregelen België. Antwoord op vraag nr. 316 van 10.05.2011 van Hermes Sanctorum. <https://www.vlaamsparlement.be/nl/parlementaire-documenten/schriftelijke-vragen/640841> (Zugriff 17.08.2020).

Regional District of Nanaimo (2017): Emergency Livestock Evacuation Plan. [https://www.rdn.bc.ca/sites/default/files/2019-05/livestock\\_evacuation\\_plan\\_-\\_rdn\\_website.pdf](https://www.rdn.bc.ca/sites/default/files/2019-05/livestock_evacuation_plan_-_rdn_website.pdf) (Zugriff 07.01.2022).

Reinhardt V (1982): Movement Orders and Leadership in a Semi-Wild Cattle Herd. *Behaviour*: 251–264.

Rizk A, Herdtweck S, Offinger J, Meyer H, Zaghloul A, Rehage J (2012): The use of xylazine hydrochloride in an analgesic protocol for claw treatment of lame dairy cows in lateral recumbency on a surgical tipping table. *Vet J* 192: 193–198. DOI 10.1016/j.tvjl.2011.05.022.

Rockwool (2013): Handkommentar Industriebaurichtlinie. <https://www.heinze.de/pdfdownload/?pdf=/m2/04/65304/pdf/77/16066277px595x842.pdf> (Zugriff 30.07.2022).

Roitman M, Schurin E, Car V (1981): Is a mass evacuation of farm animals because of fire possible? (russ.). *Pozarnoe delo* (Fire Engineering).

Rouha-Mülleder C, Palme R, Waiblinger S (2010): Assessment of animal welfare in 80 dairy cow herds in cubicle housing - animal health and other animal-related parameters. *Wien Tierärztl Monatsschr* 97: 231–241.

Rübel (2008): Dachkonstruktionen aus Nagelplattenbindern ohne Brandschutzanforderungen nach der Landesbauordnung NRW. [https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/20080828\\_eri\\_mbv\\_nagelplatten.pdf](https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/20080828_eri_mbv_nagelplatten.pdf) (Zugriff 31.07.2022).

Ruppert M (1985): Tiere bei Stallbränden. Zur Häufigkeit, Ursache und Auswirkung von Stallbränden in den Jahren 1982 und 1983 in Niedersachsen. Hannover, Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Sánchez-Tójar A, Schroeder J, Farine DR (2018): A practical guide for inferring reliable dominance hierarchies and estimating their uncertainty. *J Anim Ecol* 87: 594–608. DOI 10.1111/1365-2656.12776.

Šárová R, Špinka M, Panamá JLA, Šimeček P (2010): Graded leadership by dominant animals in a herd of female beef cattle on pasture. *Anim. Behav.* 79: 1037–1045. DOI 10.1016/j.anbehav.2010.01.019.

Schmidt-Thomé R, Schmidt C, Battran L, Scheidl R, Huber M, Schütz T, Maack R, Blabl G, Spiegel T (2021): Sicherheit für landwirtschaftliche Betriebe. In: Verband öffentlicher Versicherer (Hrsg.), *Tipps für mehr Sicherheit in der Landwirtschaft. Sonderheft für die Landwirtschaft*, 4–26.

Schmittner S (2011): Die Rolle des Tierarztes bei Großschadensereignissen und in der Katastrophenmedizin. Risikoanalys, Erstellen eines Notfallplans und Erstversorgung am Unglücksort, abgehandelt am Beispiel eines Pferdeeinstellbetriebs. Wien, Veterinärmedizinischen Universität Wien, Diplomarbeit.

Staatliche Feuerweherschule Würzburg (2009): Einsatzbericht - Brand. <https://www.sfs-w.de/downloads/einsatzberichte.html> (Zugriff 27.07.2020).

Staatsgut Achselschwang (2022): Leistungsdaten und Zuchtarbeit. <https://www.baysg.bayern.de/zentren/achselschwang/245499/index.php> (Zugriff 14.09.2022).

Statista (2021): Anzahl der polizeilich erfassten Fälle ausgewählter Straftaten/ -gruppen in Deutschland im Jahr 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12791/umfrage/anzahl-der-straftaten-nach-deliktart/> (Zugriff 27.07.2022).

Stockman CA, Collins T, Barnes AL, Miller D, Wickham SL, Beatty DT, Blache D, Wemelsfelder F, Fleming PA (2011): Qualitative behavioural assessment and quantitative physiological measurement of cattle naïve and habituated to road transport. *Anim. Prod. Sci.* 51: 240. DOI 10.1071/AN10122.

Sueur C, Kuntz C, Debergue E, Kelle B, Robic F, Siegwalt-Baudin F, Richer C, Ramos A, Pelé M (2018): Leadership linked to group composition in Highland cattle (*Bos taurus*): Implications for livestock management. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 198: 9–18. DOI 10.1016/j.applanim.2017.09.014.

SVLFG (2017): Unfallverhütungsvorschrift. Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. [https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/8e1fd841657a532c/a0519883132f/vsg1\\_4-elektrische-anlagen-betriebsmittel.pdf](https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/8e1fd841657a532c/a0519883132f/vsg1_4-elektrische-anlagen-betriebsmittel.pdf) (Zugriff 30.07.2022).

Tallo-Parra O, Manteca X, Sabes-Alsina M, Carbajal A, Lopez-Bejar M (2015): Hair cortisol detection in dairy cattle by using EIA: protocol validation and correlation with faecal cortisol metabolites. *Animal* 9: 1059–1064. DOI 10.1017/S1751731115000294.

Tao S, Dahl GE (2013): Invited review: heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J Dairy Sci* 96: 4079–4093. DOI 10.3168/jds.2012-6278.

Thönißen W (2020): Brandschutz im Affenhaus: Der Versuch einer Versachlichung. <https://www.feuertrutz.de/brandschutz-im-affenhaus-der-versuch-einer-versachlichung/150/74416/> (Zugriff 22.07.2020).

Töpfer H-J (2011): Brandschutz in Mastviehanlagen. Brandschutzkonzepte. *FeuerTrutz Magazin* 2/2011: 8.

Val-Laillet D, Passillé AM, Rushen J, Keyserlingk M (2008): The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111: 158–172. DOI 10.1016/j.applanim.2007.06.001.

VdF NRW (2015): Fachempfehlung zum Brandschutz in Stallanlagen. Positionspapier des Verbandes der Feuerwehren in NRW e.V. (VdF NRW). 19 Seiten.

Veissier I, van Laer E, Palme R, Moons CPH, Ampe B, Sonck B, Andanson S, Tuytens FAM (2018): Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Int J Biometeorol* 62: 585–595. DOI 10.1007/s00484-017-1468-0.

Vermont Barn Fire Task Force (2022): Evacuation of Livestock During a Fire. <https://ocgov.net/sites/default/files/E911/Agriculture%20Emergencies/Evacuation%20of%20Livestock%20During%20a%20Fire%208-30-10%20Final.pdf> (Zugriff 07.01.2022).

Wagner P (2002): Bundeseinheitliche Brand- und Feuerwehrstatistik. *Schadenprisma* 4/2002: 26–75.

Weiss D, Helmreich S, Möstl E, Dzidic A, Bruckmaier RM (2004): Coping capacity of dairy cows during the change from conventional to automatic milking. *Anim. Sci. J.* 82: 563–570. DOI 10.2527/2004.822563x.

Widetschek O (2014): Heiße Zahlen. Eine kleine Brandschadenstatistik. *Blaulicht* 12/2014: 92–97.

Wierenga HK (1990): Social dominance in dairy cattle and the influences of housing and management. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27: 201–229. DOI 10.1016/0168-1591(90)90057-K.

Wiesche R (2017): Hochfeuerhemmend – Lexikon der Sicherheit. <https://lexikon-der-sicherheit.de/glossary/hochfeuerhemmend/> (Zugriff 31.07.2022).

Willson DW, Baier FS, Grandin T (2021): An observational field study on the effects of changes in shadow contrasts and noise on cattle movement in a small abattoir. *Meat Sci* 179: 108539. DOI 10.1016/j.meatsci.2021.108539.

Winckler C (2009): Verhalten der Rinder. In: Hoy S (Hrsg.), Nutztierethologie. Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN: 3-8252-3312-9, 78–101.

Yuen CH, Schoepf I, Schradin C, Pillay N (2017): Boldness: are open field and startle tests measuring the same personality trait? *Anim. Behav.* 128: 143–151. DOI 10.1016/j.anbehav.2017.04.009.

Zajackowski J, Wheeler E (2001): Fire Safety in Horse Stables.  
<https://www.equineguelph.ca/pdf/facts/G100.PDF> (Zugriff 25.09.2022).



# 11 Anhang

## 11.1 Brandursachen

*Tabelle 11: Brandursachen nach Definition des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung (IFS, persönliche Kommunikation, 06.12.2021)*

<b>Brandursache</b>	<b>IFS Definition</b>
Blitzschlag	Einwirkung von direktem und indirektem Blitzschlag
Brandstiftung	Nur willentliche Inbrandsetzung
Elektrizität	Technische Defekte an Elektro-Installationen, -Anlagen und -Verbrauchern
Explosion	Sowohl physikalisch-chemische als auch rein physikalische
Feuergefährliches Arbeiten	U.a. Schweißen, Löten, Trennen, Schleifen, Heißkleben, Folienschumpfen, Flämmen
Menschliches Fehlverhalten	U.a. unbeaufsichtigter Betrieb von Heizgeräten (Herde, Öfen, Bügeleisen etc.), unachtsamer Umgang mit glühenden Tabakwaren, unsachgemäßer Umgang mit leicht entzündbaren Stoffen u. Ä., Kinderbrandstiftung
Offenes Feuer	U.a. Kerzen und Teelichter, Lagerfeuer, Feuerwerkskörper u. Ä.
Selbstentzündung	Infolge exothermer mikrobiologischer oder chemischer Prozesse
Überhitzung	Stoffen u. a. infolge von Reibung, Nichteinhaltung der erforderlichen Abstände zwischen Wärmequellen und entzündlichen Materialien
Sonstiges/Unbekannt	Brandursachen, die den o. g. Schlüsseln nicht zugeordnet werden können, oder nicht zu ermitteln waren

## 11.2 Scoresheet

			FCM-Wert Bestimmung nach												
Datum:			Versuchungsgruppe:												
			Abbruchkriterien Kotprobe: Adäquate Beurteilung der Stressbelastung			Abbruchkriterien Austrieb									
Versuchs- nummer	Cattle-Date	Stallnr.	Ohren (1)	Kopf (1)	Gltm. (1)	Schwanz (1)	Vokal. (3)	Zähne bisherige Bf	Kor (3)	Summe Soll < 31	Rektatemperatur	Allgemeinbefinden	Gangbild	BCS	Summe Soll 0-1

Zu beobachten	Beschreibung	Score	Rektatemperatur
Ohren	Ohrbewegungen/Zuckungen, unabhängig von Kopfschütteln	1	0
Kopf	Versuch sich nach hinten umzusehen, Kopf schütteln	1	38 - 39,0
Gliedmaßen	Trippeln, Anzittern einer Gliedmaße	1	39,1 - 39,5
Schwanz	Seitliche schnelle Abwehnbewegungen	1	39,6 - 40,0
Rückenlinie	Aufziehen, Aufkrümmen	1	37,5 - 37,9
Vokalisation	Lautäußerungen jeder Art	3	37,0 - 37,4
Zahnknirschen	Hörbares aufeinander Reiben der Zahnreihen	3	
Kot	Buttermengungen, rötliche Einführung	3	

**Scoresheet Kotproben**

Kotproben genommen:  
Allg. Befinden untersucht:  
Gangbild bewertet:

Assistenz:  
Assistenz:

Unterschrift:  
Datum: 22.09

Ort: Adelschwang

Versuchsleitung: \_\_\_\_\_

Versuchsdurchführung: \_\_\_\_\_

Score	Rektatemperatur	BCS	Gangbild	Lähmheit
Score	0	0		
Beschreibung	38 - 39,0	39,1 - 39,5	39,6 - 40,0	40,1 - 40,5
	37,5 - 37,9	37,0 - 37,4		
Score	0	1	2	3
Beschreibung	ungestört	matt	depressiv	apathisch
Score	0	2		
Beschreibung	2 bis 4	<2; >4		
Score	0		2	
Beschreibung	ungestört		Lähmheit	

**Scoresheet Austrieb**

Abbildung 20: Scoresheet Abbruchkriterien Austrieb und Kotproben

## 11.3 Evakuierungsvoraussetzungen einer Tierhaltung

Tabelle 12: Hinweise zur Bewertung der Evakuierungsmöglichkeiten einer Tierhaltung

<b>Hat die Tierhaltung...</b>		
1	...mindestens zwei Ausgänge, die gegenüberliegend, bzw. mit ausreichend Abstand zueinander positioniert sind?	
2	...leicht zu öffnende Unterteilungen zwischen Tiergruppen, um alle Tiere zu den Ausgängen treiben zu können?	
<b>Ist der Ausgang...</b>		
1	...den Tieren bekannt (Weideaustrieb, Umstallungen, Laufhof, etc.)?	
2	...frei zugänglich (Kälberglus/Klauenstand/Stufen etc. im Weg), unverwinkelt und hinter möglichst wenig Absperrungen erreichbar?	
3	...so beschaffen, dass der Untergrund hinter dem Ausgang betretbar ist? Gülleabwurfgitterabdeckung notwendig? Kein Abhang/steiler Anstieg?	
4	...frei von Brandlasten und möglichen Brandursachen in unmittelbarer Nähe? Keine Futtermittel/Einstreu/Düngelager, elektrische Anlagen/Verteiler?	
5	...min. zwei Tierbreiten weit?	
6	...so beschaffen, dass sich eine Sackgasse zum Ausgang hin bilden lässt? Zumindest einseitig (Ausgang in einer Ecke)? Lassen sich Quergänge absperren?	
7	...so beschaffen, dass eine freie Fläche einsehbar ist vom Ausgang aus? Lässt sich die Fläche vor dem Ausgang beleuchten ohne herauskommende Tiere zu blenden?	
8	...auch im Brandfall (verformbares Metall?) und ohne Elektrizität zu öffnen?	
9	... bzw. die Tür/das Tor/das Gatter nach außen zu öffnen?	
10	...so beschaffen, dass der Untergrund hinter dem Ausgang rutschfest und den Tieren bekannt ist? Kein Schotter, Gummimatte/Stroh auslegbar?	
<b>Ist der Zielbereich für evakuierte Tiere...</b>		
1	...absperrenbar? Ist die Absperrung auch nachts für die Tiere gut sichtbar (kontrastreiches Flatterband, Zaunseil/-band, dicke Zaunelemente, etc.) ?	
2	...weit genug von der Tierhaltung entfernt (Brandhitze und -rauch, Stress durch Rettungskräfte, etc.) ?	
3	...beleuchtbar?	



## 12 Danksagung

Priv. Doz. Dr. Elke Rauch danke ich herzlich für ihre nahe und persönliche Betreuung der vorliegenden Arbeit. Ich bedanke mich für die stetige Unterstützung, für ihr immenses Engagement, für jede schnelle Rückmeldung, für jede Kritik und für jedes Lob.

Prof. Dr. Dr. Eva Zeiler danke ich herzlich für die gegebene Chance. Ich bedanke mich für das Vertrauen, fürs Fordern und Fördern. Ich bedanke mich für die Kollegialität in der Praxis und für das Verständnis und den Support, Praxis und Promotion kombinieren zu können. Besten Dank für die schnellen Rückmeldungen, die Leidenschaft für die Arbeit und das gewaltige Engagement.

Ein riesiges Dankeschön gilt allen Betriebsmitarbeitenden des Staatsgutes Achselschwang und der Feuerwehr Utting für ihre Bereitschaft bei der Evakuierungsübung mitzuwirken, wodurch der Versuch erst möglich gemacht wurde. Vielen Dank dabei an Martin Dietz, für die stetige Erreichbarkeit und für die vielen schnellen Antworten zu meinen Rückfragen. Insbesondere gilt mein Dank Betriebsleiter Georg Hammerl und Feuerwehrkommandant Florian Hoffmann. Ihre Geduld und ihr Zuspruch haben mir über die schwierige Phase bis zur Tierversuchsgenehmigung hinweggeholfen. Und vielen Dank an meine studentischen Helferinnen, Laura Drexl, Katharina Pichler und Annabel Kurth, die mir auch in stressigen Situationen zur Seite standen.

Zuzana Giertlova möchte ich danken für den stetigen, fruchtbaren Austausch im Projekt und für gemeinsame Exkursionen.

Meinen Kolleg:innen an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Felix, Joanna, Theresa, Verena, Melanie, Peter und Holger danke ich vielmals für das großartige Team, das sie sind. Ich sage Danke für den Austausch, fürs Nachfragen können und sich Zeit nehmen, fürs Einspringen und für die tolle Stimmung im Büro. Besonders möchte ich mich bei Melanie bedanken, für jede kurze Frist die möglich gemacht wurde, fürs Lösungen finden und für die gute Laune dabei. Vielen Dank an Alle dafür, dass die Arbeit Spaß macht.

Kim Usko möchte ich herzlich Danken für das sorgfältige Gegenlesen und für den kontinuierlichen Austausch zum Promovieren per se.

Kathi, dir danke ich von Herzen, für die liebevolle Unterstützung und das Rückenstärken in allen Dingen.