



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Agrarwirtschaft

Erstgutachter: Prof. Dr. Rose

Zweitgutachter: Johannes Schmidt-Mosig

Masterthesis

Automatisierte Aktivitäts- und Verhaltensanalyse von Milchkühen

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science (MSc)

Sabine Schulte-Lünzum

urn:nbn:de:gbv:519-thesis20022-0027-6

Neubrandenburg, den 15.09.2022

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung und Problemstellung	1
1.1. Zielstellung	2
1.2. Vorgehensweise	2
2 Wissensstand der Literatur.....	3
2.1. Precision Livestock Farming	3
2.2. Smart Dairy Farming.....	3
2.3. Verhaltens- und aktivitätsbezogene Sensoren in der Milchviehhaltung	4
2.4. Aktivitäts- und Verhaltensmessung	5
3 Material und Methoden	8
3.1. Versuchsaufbau.....	8
3.2. Betriebe	8
3.3. VetVise Aktivitätserkennung.....	10
3.4. Versuchsaufbau und Funktionsweise der Aktivitätsanalyse.....	10
3.5. Mögliche erfassbare Parameter.....	13
3.6. Statistik und Datenauswertung.....	14
3.1.1. Korrelation	14
4 Ergebnisse.....	16
4.1. Aktivitätsanalyse Milchkühe des Betriebes Natura Agrar GmbH	16
4.1.1. Futtertisch.....	16
4.1.2. Liegebereich	18
4.1.3. Bewegungsbereich	21
4.2. Verhaltensanalyse der Milchkühe des Betriebes Natura Agrar GmbH.....	22

4.2.1.	Korrelation der Kameras am Futtertisch	22
4.2.2.	Korrelation der Kameras im Liegebereich	39
4.2.3.	Korrelation der Kameras im Bewegungsbereich	46
4.2.4.	Korrelation des Bereichs Futtertisch und Liegebereich.....	49
4.3.	Aktivitätsanalyse der Milchkühe des Betriebes Havellandhof Ribbeck.....	50
4.3.1.	Futtertisch.....	50
4.3.2.	Liegebereich.....	53
4.3.3.	Außenbereich.....	57
4.4.	Verhaltensanalyse der Milchkühe des Betriebes Havellandhof Ribbeck.....	58
4.4.1.	Korrelation der Kameras am Futtertisch	58
4.4.2.	Korrelation der Kameras im Liegebereich	63
4.4.3.	Korrelation der Kamera im Außenbereich.....	75
5.	Diskussion	78
5.1.	Futterbereich	78
5.2.	Liegebereich.....	80
5.3.	Bewegungsbereich	82
5.4.	Außenbereich	83
5.5.	Vergleich der Verhaltens- und aktivitätsbezogenen Sensoren mit der Analyse durch Videokameras.....	83
6.	Fazit.....	85
7.	Zusammenfassung.....	86
	Literaturverzeichnis	87
	Anhang.....	89
	Stallplan Natura Agrar GmbH	89
	Stallplan Havellandhof Ribbeck.....	89
	Eidesstattliche Erklärung	XI

Danksagung

Bei so einer Arbeit, ist es vorprogrammiert, dass nicht immer alles nach Plan verläuft. Mich haben viele Menschen sehr stark unterstützt, damit ich diese Arbeit schreiben konnte. Mein aller größter Dank und der kommt von Herzen geht an meine Eltern, die mich die ganze Zeit über unterstützt haben und immer ein offenes Ohr für mich hatten. Dann möchte ich meinen Dank gegenüber Jürgen Broemmer und seiner Frau Julia ausdrücken, ihr beide seit Engel ohne Flügel. Wenn ich eure Hilfe gebraucht habe, wart ihr da. So etwas gibt es nicht oft. Ein herzliches Dankeschön.

Dann möchte ich mich an meine Professorin Frau Rose wenden. Ohne Sie wäre das nicht möglich gewesen. Mir tut es schon leid, dass sich die Wege trennen. Sie haben mir von der Seite der Hochschule viel Rückhalt gegeben. Auch ein offenes Ohr hatten Sie immer für mich, auch wenn Sie wenig Zeit hatten. Herzlichen Dank!

An das Gleichstellungsbüro möchte ich auch einen riesigen Dank aussprechen! Connie und Jenny, ihr beide habt mich viel unterstützt und das nicht nur von der Hochschuleseite her auch privat hattet ihr in einer schweren Zeit ein Auge auf mich. Auch hier einen Herzlichen Dank an euch!

Dann möchte ich mich bei der Firma VetVise bedanken, die das Projekt durchgeführt hat. Besonders geht mein Dank an Johannes, der zu jeder Tages- und Nachtzeit erreichbar war. Vielen Dank für die Zusammenarbeit, auch wenn es nicht immer einfach war.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktionskosten und Milchpreise in Deutschland (agrarheute.com, 2020)	1
Abbildung 2: Bereiche des Herdenmanagements und damit verbundene Krankheiten (Büscher, W., 2021)....	4
Abbildung 3: Mögliche Einsatzorte von Sensoren an der Kuh (Mohr, U., 2019).....	5
Abbildung 4: Halssensor von DeLaval (Quvarford, B., 2020)	6
Abbildung 5: Ohrsensor von CowManager (CowManager, 2020).....	6
Abbildung 6: Fußsensor Bayern Watch (Bayern Genetic, 2020).....	7
Abbildung 7: Standort des Betriebes Natura Agrar GmbH (Googlemaps. 2022).....	8
Abbildung 8: Standort des Betriebes Havellandhof Ribbeck (Googlemaps, 2022)	9
Abbildung 9: Installation der Kameras im Futterbereich, (links) Natura Agrar GmbH, (rechts) Havellandhof Ribbeck (eigene Darstellung, 2021)	10
Abbildung 10: Installation der Kameras im Liegebereich, (links) Natura Agrar GmbH(Schmidt-Mosig, 2021), (rechts) Havellandhof Ribbeck (eigene Darstellung, 2021).....	11
Abbildung 11: Bewegungsbereich Natura Agrar GmbH (links), Außenbereich Havellandhof Ribbeck GmbH (Eigene Darstellung, 2021)	12
Abbildung 12: Verbindungskabel zwischen Kameras und Computer (Schmidt-Mosig, 2021)	12
Abbildung 13: Computer im Stallbüro (Schmidt-Mosig, 2021)	13
Abbildung 14: Gelabelte Bilder, links und rechts (eigene Darstellung, 2021).....	13
Abbildung 15: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bereich Futtertisch_1 (Möller, M., 2022)	16
Abbildung 16: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bereich Futtertisch_2 (Möller, M., 2022)	17
Abbildung 17: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bereich Futtertisch_3 (Möller, M., 2022)	17
Abbildung 18: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_1 (Möller, M., 2022)	18
Abbildung 19: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_2 (Möller, M., 2022)	19
Abbildung 20: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_3 (Möller, M., 2022)	19
Abbildung 21: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_4 (Möller, M., 2022)	20
Abbildung 22: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)	21
Abbildung 23: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch_2 (Möller, M., 2022)	22
Abbildung 24: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch_3 (Möller, M., 2022)	23
Abbildung 25: Korrelation Futtertisch_1 und Liegebereich_1	24
Abbildung 26: Korrelation Futtertisch_1 und Liegebereich_2	25
Abbildung 27: Korrelation Futtertisch_1 und Bewegungsbereich_1	26
Abbildung 28: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	27
Abbildung 29: Korrelation Futtertisch_1 und Liegebereich (Möller, M., 2022)	29
Abbildung 30: Korrelation Futtertisch_2 und Liegebereich_1 (Möller, M., 2022)	30
Abbildung 31: Korrelation Futtertisch_2 und Liegebereich_2 (Möller, M., 2022)	32
Abbildung 32: Korrelation Futtertisch_2 und Bewegungsbereich (Möller, M., 2022)	33

Abbildung 33: Korrelation Futtertisch_2 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	34
Abbildung 34: Korrelation Futtertisch_2 und Liegebereich (Möller, M., 2022)	35
Abbildung 35: Korrelation Futtertisch_3 und Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)	36
Abbildung 36: Korrelation Futtertisch_3 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	37
Abbildung 37: Korrelation Liegebereich_1 und Liegebereich_2 (Möller, M., 2022)	39
Abbildung 38: Korrelation Liegebereich_1 und Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)	40
Abbildung 39: Korrelation Liegebereich_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	41
Abbildung 40: Korrelation Liegebereich_1 und Liegebereich (Möller, M., 2022)	42
Abbildung 41: Korrelation Liegebereich_2 und Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)	43
Abbildung 42: Korrelation Liegebereich_2 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	44
Abbildung 43: Korrelation Liegebereich_2 und Liegebereich (Möller, M., 2022)	45
Abbildung 44: Korrelation Bewegungsbereich_1 und Futtertisch	46
Abbildung 45: Korrelation Bewegungsbereich_1 und Liegebereich (Möller, M., 2022)	47
Abbildung 46: Korrelation Futtertisch und Liegebereich (Möller, M., 2022)	49
Abbildung 47: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_1 (Möller, M., 2022)	50
Abbildung 48: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_2 (Möller, M., 2022)	51
Abbildung 49: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_3 (Möller, M., 2022)	51
Abbildung 50: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_4 (Möller, M., 2022)	52
Abbildung 51: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_1 (Möller, M., 2022)	53
Abbildung 52: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_2 (Möller, M., 2022)	54
Abbildung 53: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_3 (Möller, M., 2022)	54
Abbildung 54: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_4 (Möller, M., 2022)	55
Abbildung 55: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_5 (Möller, M., 2022)	56
Abbildung 56: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Außenbereich_1 (Möller, M., 2022)	57
Abbildung 57: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	58
Abbildung 58: Korrelation Futtertisch_2 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	59
Abbildung 59: Korrelation Futtertisch_3 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	61
Abbildung 60: Korrelation Futtertisch_4 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	62
Abbildung 61: Liegebereich_Tiefstreu_1 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)	63
Abbildung 62: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu_3 (Möller, M., 2022)	64
Abbildung 63: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu_5 (Möller, M., 2022)	66
Abbildung 64: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)	67
Abbildung 65: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu_4 (Möller, M., 2022)	68
Abbildung 66: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu_5 (Möller, M., 2022)	69
Abbildung 67: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)	70
Abbildung 68: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_4 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)	72
Abbildung 69: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_5 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)	73
Abbildung 70: Korrelation Außenbereich_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)	75
Abbildung 71: Korrelation Außenbereich_1 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)	76

<i>Abbildung 72: Kamerabereich Futtertisch_4 (Schmidt Mosig, J., 2021)</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 73: Korrelation Liegebereich_3 und Liegebereich_4 (Möller, M. 2022)</i>	<i>81</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 23 (eigene Darstellung, 2022)</i>	23
<i>Tabelle 2: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 24 (eigene Darstellung, 2022)</i>	24
<i>Tabelle 3: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 25 (eigene Darstellung, 2022)</i>	25
<i>Tabelle 4: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 26 (eigene Darstellung, 2022)</i>	26
<i>Tabelle 5: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 27 (eigene Darstellung, 2022)</i>	27
<i>Tabelle 6: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 28 (eigene Darstellung, 2022)</i>	28
<i>Tabelle 7: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 29 (eigene Darstellung, 2022)</i>	30
<i>Tabelle 8: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 30 (eigene Darstellung, 2022)</i>	31
<i>Tabelle 9: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 31 (eigene Darstellung, 2022)</i>	32
<i>Tabelle 10: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 32 (eigene Darstellung, 2022)</i>	33
<i>Tabelle 11: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 33 (eigene Darstellung, 2022)</i>	34
<i>Tabelle 12: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 34 (eigene Darstellung, 2022)</i>	36
<i>Tabelle 13: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 35 (eigene Darstellung, 2022)</i>	37
<i>Tabelle 14: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 36 (eigene Darstellung, 2022)</i>	38
<i>Tabelle 15: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 37 (eigene Darstellung, 2022)</i>	39
<i>Tabelle 16: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 38 (eigene Darstellung, 2022)</i>	40
<i>Tabelle 17: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 39 (eigene Darstellung, 2022)</i>	41
<i>Tabelle 18: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 40 (eigene Darstellung, 2022)</i>	42
<i>Tabelle 19: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 41 (eigene Darstellung, 2022)</i>	43
<i>Tabelle 20: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 42 (eigene Darstellung, 2022)</i>	44
<i>Tabelle 21: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 43 (eigene Darstellung, 2022)</i>	45
<i>Tabelle 22: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 44 (eigene Darstellung, 2022)</i>	47
<i>Tabelle 23: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 45 (eigene Darstellung, 2022)</i>	48
<i>Tabelle 24: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 46 (eigene Darstellung, 2022)</i>	49
<i>Tabelle 25: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 57 (eigene Darstellung, 2022)</i>	59
<i>Tabelle 26: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 58 (eigene Darstellung, 2022)</i>	60
<i>Tabelle 27: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 59 (eigene Darstellung, 2022)</i>	61
<i>Tabelle 28: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 60 (eigene Darstellung, 2022)</i>	62
<i>Tabelle 29: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 61 (eigene Darstellung, 2022)</i>	64
<i>Tabelle 30: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 62 (eigene Darstellung, 2022)</i>	65
<i>Tabelle 31: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 63 (eigene Darstellung, 2022)</i>	66
<i>Tabelle 32: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 64 (eigene Darstellung, 2022)</i>	68
<i>Tabelle 33: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 65 (eigene Darstellung, 2022)</i>	69
<i>Tabelle 34: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 66 (eigene Darstellung, 2022)</i>	70
<i>Tabelle 35: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 67 (eigene Darstellung, 2022)</i>	71
<i>Tabelle 36: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 68 (eigene Darstellung, 2022)</i>	72
<i>Tabelle 37: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 69 (eigene Darstellung, 2022)</i>	74

<i>Tabelle 38: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 70 (eigene Darstellung, 2022)</i>	<i>75</i>
<i>Tabelle 39: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 71 (eigene Darstellung, 2022)</i>	<i>77</i>
<i>Tabelle 40: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 73 (eigene Darstellung, 2022)</i>	<i>81</i>

1 Einleitung und Problemstellung

Durch den voranschreitenden Strukturwandel in der Milchviehhaltung steigen die Anzahl der gehaltenen Tiere je Betrieb und die Milchleistung an. Jedoch sinken gleichzeitig die Milchauszahlungspreise und der Arbeitskräftemangel verschärft sich zunehmend, der vor allem junge qualifizierte Arbeitskräfte betrifft.

Zum Entstehungszeitpunkt dieser Arbeit werden angemessene Milchpreise erzielt, demgegenüber sind die Produktionskosten äußerst hoch, womit das Produktionsrisiko erheblich ansteigt (Wochenblatt, 2022). Die Abbildung 1 zeigt, dass sich der Milchpreis, den die Landwirte erhalten, nicht mit den Produktionskosten deckt, da die Gesamtkosten für die Milcherzeugung bei 41 und 45 Cent je kg Milch liegen.

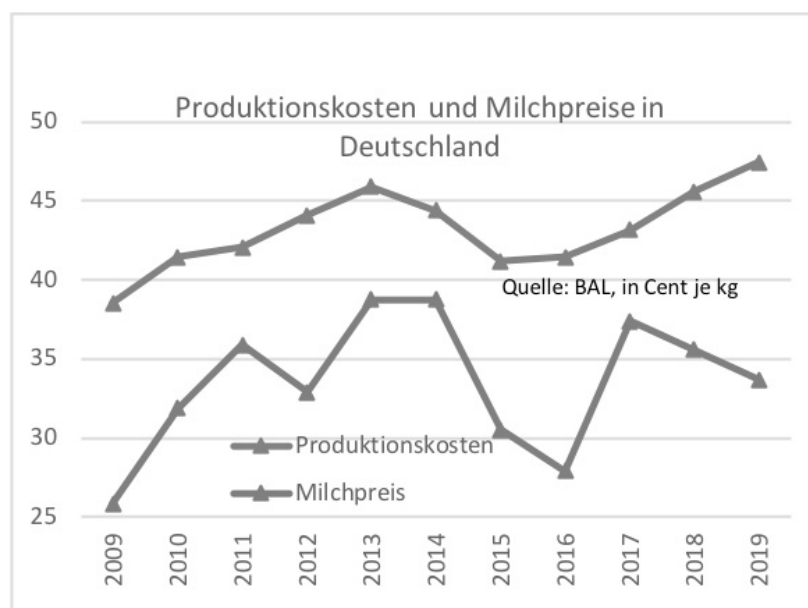


Abbildung 1: Produktionskosten und Milchpreise in Deutschland (agrarheute.com, 2020)

Eine Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierwohls, führt zu Leistungssteigerungen und zu einer höheren Nutzungsdauer, daraus resultiert eine höhere Rentabilität, gleichzeitig werden Tierarztkosten gesenkt und die Herdengesundheit verbessert. Einen erheblichen Beitrag dazu leistet die automatische Datenerfassung und -auswertung, womit sich die vorliegende Arbeit befasst. Durch die automatisierte Aktivitäts- und Verhaltensanalyse von Milchkühen können Arbeitszeit- und Tierarztkosten, sowie Kosten aufgrund von Verlusten verringert oder komplett eingespart werden. Gleichzeitig steht die Früherkennung von Krankheitssymptomen, Verhaltensanomalien und Brunstanzeichen im Vordergrund, um frühzeitig präventive Maßnahmen einleiten zu können.

Die wissenschaftlichen Datenerhebungen wurden mit Hilfe der Firma VetVise durchgeführt. In zwei vergleichbaren Betrieben, die sich allerdings in den Haltungsformen

unterscheiden, wurden insgesamt 18 Kameras installiert. Für die Auswertung der Videoaufnahmen wurde ein Programm, welches zuvor in der Schweinehaltung angewendet wurde, umgeschrieben.

1.1. Zielstellung

Ziel dieses Projekts war es, den mitwirkenden landwirtschaftlichen Betrieben durch eine automatisierte Auswertung der Aktivität der Tiere, als auch durch die Nutzung der Aktivitätsbereiche (Fress-, Liegebereich, Bewegungs- oder Außenbereich), einen Einblick in den Gesundheitszustand ihrer Herden zu geben, um frühzeitig präventive Maßnahmen einleiten zu können. Zudem sollen die Daten in einem Programm zusammengefasst werden, sodass den Landwirten eine schnellere Tierbeobachtung und dem Tierarzt eine schnellere Diagnose ermöglicht werden können. Dabei werden die aufgenommenen Videodaten genutzt, um ein Programm zu erstellen, welches die Parameter Bewegungsaktivität im Allgemeinen oder in speziellen Aktivitätsbereichen erfassen kann.

1.2. Vorgehensweise

Im ersten Kapitel der Arbeit wird die Einleitung, Problemstellung und das Ziel des Projektes erläutert. Der Wissensstand der Literatur wird im zweiten Teil der Arbeit zusammengefasst. Hier werden Sensoren erklärt, die annähernd vergleichbar sind mit der Videotechnik, die in diesem Forschungsprojekt Anwendung findet. Der dritte Teil der Arbeit befasst sich mit der Methode, den Aufbau des Projektes, den Betrieben und der Funktionsweise der Aktivitäts- und Verhaltensanalyse. Im vierten Teil werden den Ergebnissen präsentiert und im letzten Teil dieser Masterthesis folgen die Diskussion der Ergebnisse sowie auch das Fazit und die Zusammenfassung.

2 Wissensstand der Literatur

2.1. Precision Livestock Farming

Precision Livestock Farming ist die elektronische Erfassung, Aufbereitung und Bereitstellung von Daten in der Tierhaltung, die zur Prozesssteuerung, der Verbesserung des Managements sowie für den Datenaustausch verwendet werden können (Jungbluth et. Al., 2017).

2.2. Smart Dairy Farming

Smart Dairy Farming bedeutet übersetzt intelligente Milchwirtschaft. Smart Farming ist die Weiterentwicklung von Precision Farming und trägt hauptsächlich zur Entscheidungsunterstützung bei, da die Informationsverarbeitung durch Datenfusion und -analyse immer komplexer geworden und nur noch teil- oder vollautomatisiert zu bewältigen ist.

Unter Digital Farming wird die konsequente Anwendung der Methoden des sogenannten Precision und Smart Farmings, die interne und externe Vernetzung des Betriebes und die Nutzung von internetbasierten Datenplattformen samt Big Data Analysen verstanden. Die Digitalisierung stellt somit moderne Methoden bereit, um eine umfassende Erfassung, Speicherung, Verknüpfung und Auswertung von Betriebs- und Produktionsdaten zu erreichen.

Unter Assistenzsystemen sind elektronische oder digitale Hilfsmittel zu verstehen, die den Tierhalter bei seinen Arbeiten und Entscheidungen im Kontext der Milcherzeugung unterstützen. Da das Management einer Milchviehherde eine anspruchsvolle Aufgabe ist, die einen großen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg des Betriebszweiges hat, erleichtern Assistenzsysteme nicht nur den Landwirten die Arbeit, sondern dienen auch als präventive Maßnahme bei Erkrankungen. Welche häufigen Gesundheitsstörungen beim Herdenmanagement auftreten können, veranschaulicht die nachfolgende Grafik.

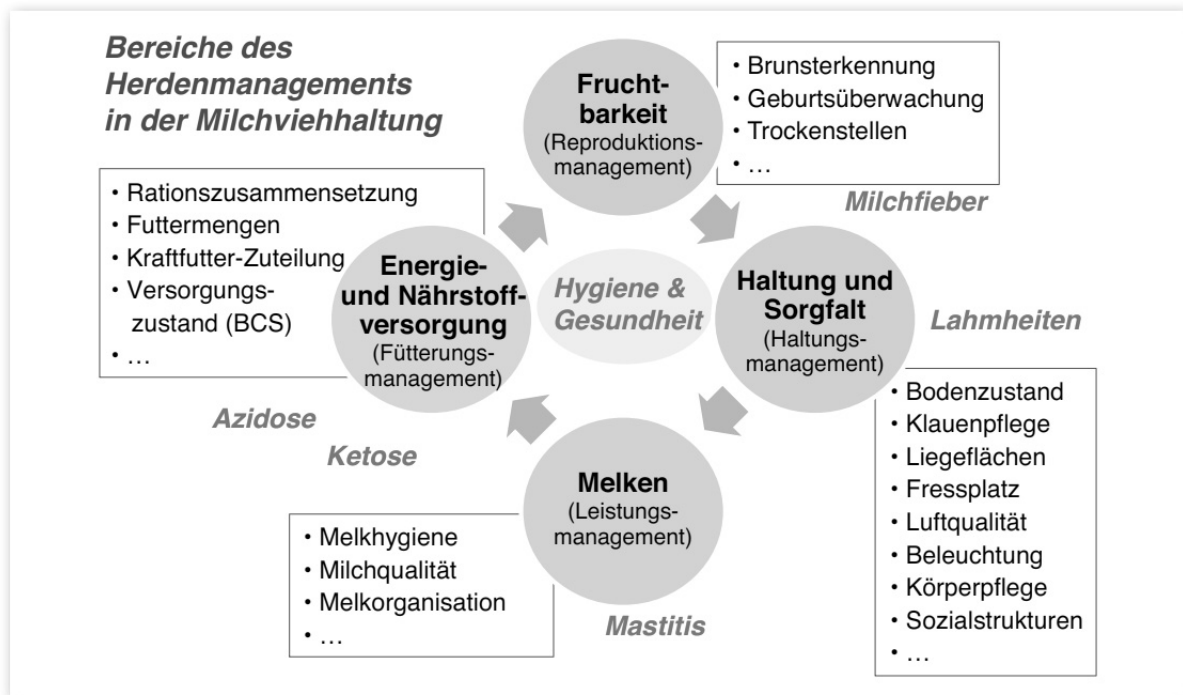


Abbildung 2: Bereiche des Herdenmanagements und damit verbundene Krankheiten (Büscher, W., 2021)

Ein frühzeitiges Erkennen ermöglicht eine zeitgerechte Behandlung, die wiederum Verbessertes Tierwohl zur Folge hat und letztlich zu geringeren Kosten führt.

Hilfsmittel im Herdenmanagement sind zum Beispiel Sensoren, Netzwerk-Lösungen, Auswertungs-Software, Dokumentationssysteme, digitale Endgeräte, autonome Geräte und Maschinen (BÜSCHER, W. et al., 2021).

2.3. Verhaltens- und aktivitätsbezogene Sensoren in der Milchviehhaltung

Der Einsatz von Sensoren in der Milchviehhaltung ist vielfältig. Die Einsatzumgebung umfasst Indoor, Outdoor, Indoor-Stall und Outdoor-Stall, als auch die Weide.

Die Analyse des Wohlbefindens einer Kuh kann heute mit Sensoren am Hals erfolgen, wobei Aufschluss über die Wiederkäuaktivität als auch auf das Fressverhalten und die Futteraufnahme gegeben wird. Die Bewegungsaktivität wird mit Hilfe von Pedometern an den Beinen oder mit Sensoren am Hals gemessen. Transponder an den Ohren geben durch ein Herdenmanagementprogramm Auskunft über die Fruchtbarkeit, Gesundheit, Ernährung und den Standort der einzelnen Kuh.

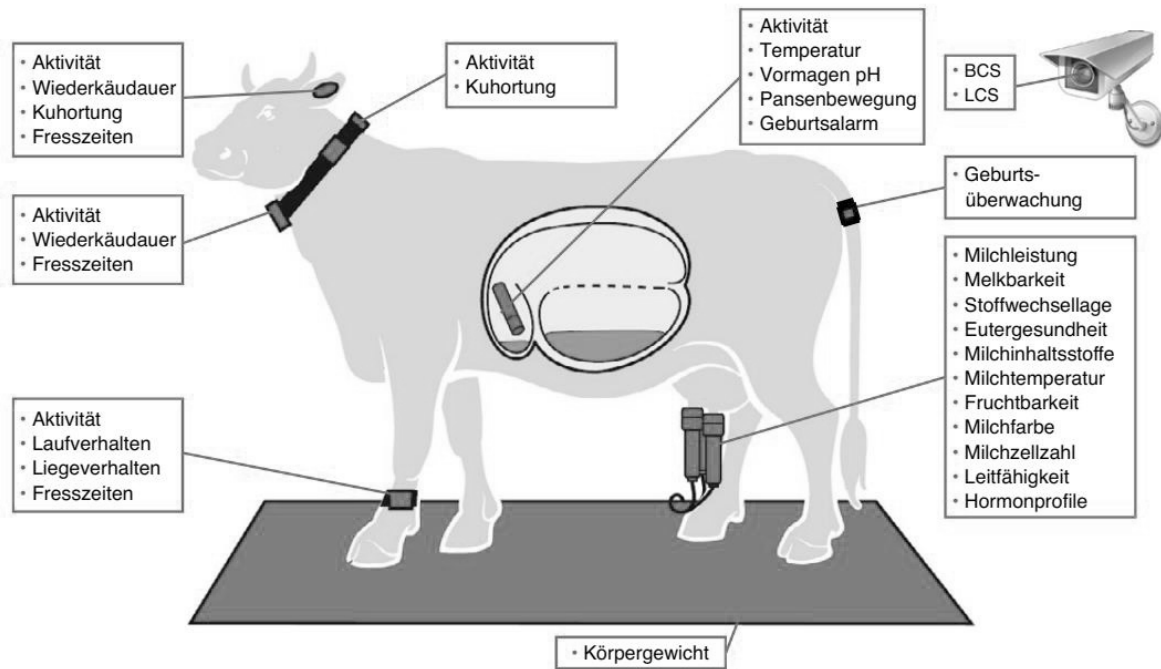


Abbildung 3: Mögliche Einsatzorte von Sensoren an der Kuh (Mohr, U., 2019)

Die beschriebenen Parameter geben Informationen über Brunstverhalten, Steh- und Liegeverhalten und den Gesundheitszustand der Kuh. Dadurch können Hinweise auf bevorstehende Kalbungen gegeben werden und präventive Maßnahmen ergriffen werden um Krankheiten wie z.B. Lahmheiten und Euterentzündungen vorzubeugen (BLE, 2022).

Die obige Abbildung zeigt einen Überblick über die Sensoren, die an einer Kuh angebracht werden können und über die Anwendungsbereiche. Im Folgendem werden die Sensoren zur Aktivitätserkennung und zur Verhaltensanalyse von Kühen ausführlich beschrieben.

2.4. Aktivitäts- und Verhaltensmessung

Die Aktivitätsmessung von DeLaval wird am Hals der Kuh befestigt, dabei wird die Bewegungsaktivität der Kuh gemessen. Die Daten werden alle 15 Minuten aktualisiert. Das System kostet 140 €, der Hersteller gibt eine Garantie von 10 Jahren (Grabmeier. A., 2020).



Abbildung 4: Halssensor von DeLaval (Quvarford, B., 2020)

Das RealTime Activity System von Boumatic wird ebenfalls am Hals der Kuh befestigt. Das System liefert zur Bewegungsaktivität noch zusätzliche Parameter wie die Futteraufnahme (Fresszeiten) und das Wiederkauverhalten. Die Daten werden auch hier alle 15 Minuten aktualisiert. Zusätzlich zu dem Halsband ist noch ein Transponder an der Kuh angebracht. Pro Tier kostet die Ausrüstung 118 €. Fünf Jahre Garantie gewährt der Hersteller.



Abbildung 5: Ohrsensor von CowManager (CowManager, 2020)

Die Firma CowManager B.V. hat ein System entwickelt, welches durch einen Sensor am Ohr die Temperatur, die Wiederkau-, Fress-, Bewegungs- und Inaktivität misst. Darüber erhält der Landwirt Informationen zur Fruchtbarkeit, der Gesundheit, der Ernährung (Fress- und Ruhezeiten) und des Standorts seiner Kühe Informationen vom System (CowManager.com, 2022). Durch diese Parameter können auch Krankheiten früher erkannt werden. Die Daten werden stündlich aktualisiert. Der Hersteller gewährt eine lebenslange Garantie. Der Preis eines Sensors pro Kuh beträgt 30 €.

Auch andere Firmen haben ähnliche Sensoren auf den Markt gebracht. Wie die Firma GEA den CouScout, die Firma Zoetis den Smartbow oder das System Qwes ISO LD von der Firma Lely. Alle Systeme ähneln sich im Aufbau und hinsichtlich der Anbringung an der Kuh. Zu jedem System gehört eine Computersoftware, die auf dem Smartphone, dem Tablet oder dem PC eingerichtet werden kann.

Das Pedometer Fullexpert von Lemmer-Fullwood wird am Fuß der Kuh befestigt und gibt Informationen über Hinlegeereignisse, Hinlegedauer, Abkalbverhalten und Vitalität per Smartphone oder E-Mail an den Landwirten weiter.



Abbildung 6: Fußsensor Bayern Watch (Bayern Genetic, 2020)

Die Bayern Watch des Herstellers ENGS wird am Hals oder Fuß der Kuh befestigt und gibt Aufschluss über die Aktivitätserkennung (Schritte, Liegen, Stehen), Brunsterkennung mit Besamungszeitraum, Gesundheitsüberwachung (Lahmheiten, Zysten), Fressverhalten (Dauer, Häufigkeit), den Stoffwechsel und das Abkalbverhalten. Für ca 100 € je Tier gewährt der Hersteller eine Garantier über 5 Jahre (Grabmeier, A., 2020).

3 Material und Methoden

3.1. Versuchsaufbau

Die Durchführung des Projekts gliedert sich in drei Abschnitte. In der ersten Phase werden die Daten durch die Videokameras aufgenommen, damit im Anschluss die Bilder gelabelt werden können (Planung 8 Wochen).

Im zweiten Abschnitt wird mit den erhobenen Daten das System trainiert und optimiert, sodass am Ende eine automatische Auswertung möglich ist.

In der dritten Phase des Projekts erfolgt eine Live-Analyse der Videos im Stall, um den Landwirten in Echtzeit Hinweise auf mögliche Erkrankungen oder untypisches Verhalten zu geben. Die Warn-Parameter werden im Laufe dieser Projektphase gemeinsam mit der Firma VetVise und den Landwirten entwickelt und getestet.

3.2. Betriebe

Beide Betriebe befinden sich im Havelland. Der erste Betrieb, Natura Agrar GmbH befindet sich in Barnewitz und ist Bio zertifiziert. Der Betrieb bewirtschaftet insgesamt 1300 Hektar, davon sind 517 Hektar Grünland, welches zur Weidenutzung und zur Futtergewinnung für die Milchkühe der Rasse Holstein Friesian zur Verfügung steht. Die 783 Hektar Ackerland werden ebenfalls zur Futtergewinnung genutzt. Eine Biogasanlage mit 170 KW wird mit dem betriebseigenen Mist und der anfallenden Gülle betrieben.



Abbildung 7: Standort des Betriebes Natura Agrar GmbH (Googlemaps. 2022)

Insgesamt werden 210 Milchkühe gehalten, die mit Hilfe eines doppel 7`er Fischgräten-Melkstands gemolken werden. Im Sommer bevorzugt dieser Betrieb die Weidehaltung, im Winter die Stallhaltung in einem Liegeboxenlaufstall, dabei stehen den Kühen Liegeboxen mit Strohhäcksel zur Verfügung. Die Laufgänge sind mit Spaltenböden ausgestattet.

Der Havellandhof Ribbeck befindet sich in Ribbeck und bewirtschaftet insgesamt 987 Hektar, davon sind 760 Hektar Ackerfläche und 227 Hektar Grünland. Mit dem gewonnenen Futter werden 249 Kühe der Rasse Holstein Friesian versorgt, davon 135 Kühe gemolken. Der Betrieb wirtschaftet konventionell, dafür aber außerordentlich nachhaltig.



Abbildung 8: Standort des Betriebes Havellandhof Ribbeck (Googlemaps, 2022)

Die Milchkühe werden mit einem doppel 8`er Fischgräten-Melkstand gemolken. Die Strohhaltung zeichnet sich durch einen Tiefstreustall und einer arrondierten Weidehaltung aus.

Bei beiden Betrieben wird jeweils die Gruppe mit den frisch abgekalbten Kühen beobachtet. Bei dem Betrieb Natura Agrar GmbH werden in dem Zeitraum der Datenaufnahmen 24 bis 26 Milchkühe gehalten. In dem Betrieb Havellandhof Ribbeck werden 24 Milchkühe im Zeitraum der Datenerfassung gehalten.

Der Stallplan von beiden Betrieben befindet sich im Anhang dieser Arbeit. Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck ist der Versuchsteil direkt hinter der Melkanlage. Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck der Bereich, der grün gekennzeichnet ist.

3.3. VetVise Aktivitätserkennung

Die installierten Kameras zeichnen die Bewegungen der Tiere auf und senden diese Videos an den Computer. Darauf werden die Daten gespeichert, um zu einem späteren Zeitpunkt für die Auswertung bereit zu stehen. Auf dem PC befindet sich auch ein Machine Learning Algorithmus, der die einzelnen Kühe erkennt und deren Bewegung live in den Videos nachverfolgt. Diese Daten werden verwendet, um die Aktivität und die Aufenthaltsorte der Tiere über die Zeit zu berechnen. Für die Aufzeichnung der Daten sind einfache Überwachungskameras ausreichend, da die Auswertung auf dem Computer erfolgt.

3.4. Versuchsaufbau und Funktionsweise der Aktivitätsanalyse

In zwei vergleichbaren Milchviehställen wurden am 07. Juni und 08. Juni 2021 insgesamt 18 Kameras aufgehängt. In dem Betrieb Natura Agrar GmbH 8 Kameras und in dem Betrieb Havellandhof Ribbeck 10 Kameras. Die Datenaufnahme erfolgte über einen Zeitraum von 90 Tagen, vom 07. Juni 2021 bis zum 09. September 2021.

Die Kameras wurden so angeordnet, dass die Bereiche Fressen, Liegen, Bewegung und Außenbereich (nur bei Havellandhof Ribbeck) beobachtet werden konnten und die Sichtfelder der Kameras sich überlappten.

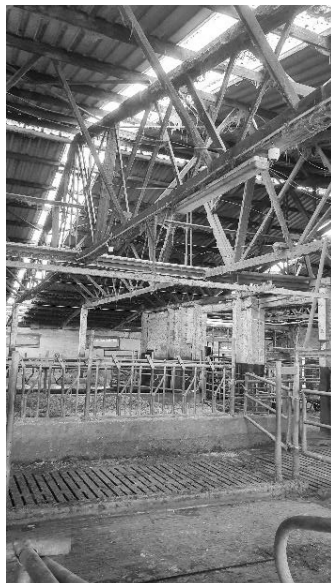


Abbildung 9: Installation der Kameras im Futterbereich, (links) Natura Agrar GmbH, (rechts) Havellandhof Ribbeck (eigene Darstellung, 2021)

Die Abbildung 9 zeigt eine Kamera vom Fressbereich in dem Betrieb Natura Agrar GmbH und in dem Betrieb Havellandhof Ribbeck. Bei dem Betrieb Natura Agrar GmbH wurden die Kameras im Futterbereich in einer Höhe von 5,20 Meter aufgehangen. Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck wurden die Kameras im Futterbereich in einer Höhe von 3,36 Meter installiert.

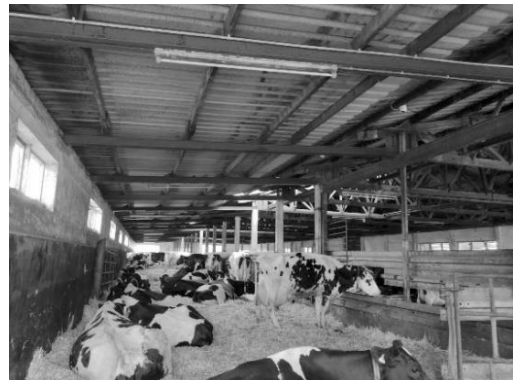


Abbildung 10: Installation der Kameras im Liegebereich, (links) Natura Agrar GmbH (Schmidt-Mosig, 2021), (rechts) Havellandhof Ribbeck (eigene Darstellung, 2021)

Wie die Kameras im Liegebereich der beiden Ställe installiert wurden, zeigt die Abbildung 10. Im Liegebereich vom Betrieb Natura Agrar GmbH wurden die Kameras im Liegebereich in einer Höhe von 3,22 Meter installiert. Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck sind die Kameras des Liegebereichs in einer Höhe von 3,46 Meter aufgehangen worden. Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck, wurde eine Kamera im Außenbereich installiert, wie die Abbildung 11 rechts zeigt.

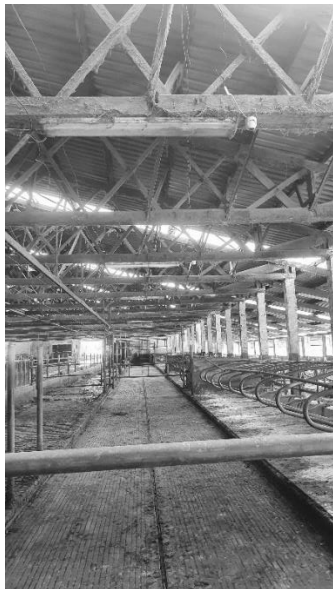


Abbildung 11: Bewegungsbereich Natura Agrar GmbH (links), Außenbereich Havellandhof Ribbeck GmbH (Eigene Darstellung, 2021)

Die einzelnen Kameras wurden über ein Ethernet-Kabel mit Strom versorgt. Das Kabel diente zusätzlich zur Datenübertragung von den Kameras zu den jeweiligen Computern in den Stallbüros.



Abbildung 12: Verbindungskabel zwischen Kameras und Computer (Schmidt-Mosig, 2021)

Der Computer zeichnete die Daten auf und speicherte diese auf Festplatten. Die Daten vom Computer konnten von einem externen Computer oder durch ein Handy mit Zugang zum Internet, abgerufen werden.



Abbildung 13: Computer im Stallbüro (Schmidt-Mosig, 2021)

Durch einen Machine Learning Algorithmus, der die einzelnen Kühe erkennt und deren Bewegung live in den Videos nachverfolgt, konnten die Daten verwendet werden, um die Aktivität und die Aufenthaltsorte der Tiere über die Zeit auszurechnen. Diese ausgewerteten Daten werden live auf ein Dashboard übermittelt, worüber die Aktivität der Tiere abgerufen werden konnte.



Abbildung 14: Gelabelte Bilder, links und rechts (eigene Darstellung, 2021)

Damit die Tiere von dem Computer erkannt werden konnten, mussten Bilder gelabelt werden. Dabei wurden einzelne Kühe auf ca. 150 bis 200 Bildern mit der Maus umfahren und abgespeichert.

3.5. Mögliche erfassbare Parameter

Erfassbare Parameter sind die Bewegungsaktivität aller Tiere im Blickfeld der Kamera, als auch die Häufigkeit und die Dauer der Besuche in einem bestimmten Bereich wie z.B. im

Liegebereich, Futterbereich oder im Außenbereich des jeweiligen Betriebes. Die Parameter beziehen sich auf die Anzahl der Tiere in dem jeweiligen Bereich.

3.6. Statistik und Datenauswertung

Die Daten wurden mit Hilfe eines Python-Skripts und den Bibliotheken „matplotlib“ und „numpy“ direkt aus den Rohdaten der Tieranzahl je Kamera erstellt. Die Tieranzahlen wurden mit Hilfe von „maschinellern Lernen“ durch das VetVise-System aus den Videoaufzeichnungen gewonnen. Um die gewonnenen Daten zu reduzieren, wurden nur Minutenmittelwerte der Tierzahlen verwendet (Möller, M., 2022).

Bei allen Diagrammen ist das Zeitfenster um zwei Stunden verschoben, somit müssen zwei Stunden addiert werden, um die aktuelle Zeit zum Zeitpunkt der Auswertungen der Daten zu erhalten. Grund dafür ist die Verwendung unterschiedlicher Zeitzonen bei der Aufnahme der Bilder und Videos und bei der Erstellung der Diagramme.

3.1.1. Korrelation

Die Diagramme sind mit dem Diagrammtyp Heatmap dargestellt, dabei wird ein Farbcodierungssystem verwendet, um die verschiedenen Werte darzustellen. Die Korrelation der Kuhanzahlen in unterschiedlichen Bereichen wurde über 2-dimensionale Histogramme mit 50 bins je Achse bestimmt (Möller, M., 2022).

Die Regressionsgerade ist nach dem Pearsonkorrelationskoeffizienten in r berechnet worden. Der Korrelationskoeffizient r ist das spezifische Maß, um die Stärke der linearen Beziehung zwischen zwei Variablen in einer Korrelationsanalyse zu quantifizieren. Je näher r bei null liegt, desto schwächer ist der Zusammenhang zwischen den Variablen. Ist der r -Wert positiv, zeigt das eine positive Korrelation, bei der die Werte der beiden Variablen gemeinsam ansteigen. Dem hingegen zeigen negative r -Werte eine negative Korrelation an, während die Werte der einen Variable ansteigen, fallen die Werte der anderen Variable. Der r -Wert kann zwischen 1 und -1 liegen. Hierbei stellen beide die höchste Korrelation dar, sowohl positiv als auch negativ (JMP Statistical Discovery LLC, 2022).

Die Gleichung der Regressionsgerade von der Abbildung 23 lässt sich wie folgt interpretieren:

$$Y(\text{Futttertisch}_2) = 0,55 * x(\text{Futttertisch}_1) + 2,08$$

Futttertisch_2 ist damit die abhängige Variable von der unabhängigen Variable Futttertisch_1. Für die unabhängige Variable kann man Werte einsetzen, wie z.B. in der Tabelle 1. Anhand dieser Tabelle können Aussagen über die Anzahl der Tiere an einen bestimmten Aufenthaltsort (in diesem Fall sind es die Kameras) getroffen werden.

Aufgrund der hohen Aussagekraft der erstellten Diagramme durch die Firma VetVise, werden im Folgenden nur die Daten analysiert, die für diese Masterthesis relevant sind. Für den Ergebnisteil dieser Masterthesis wurden nur, bis auf eine Ausnahme Diagramme ausgewählt, welche einen höheren Korrelationskoeffizienten als 0,4 haben. Ein niedriger Korrelationskoeffizient entsteht, wenn die Kühe in einen Bereich wechseln, der nicht von den Kameras überwacht wird (Sall, J., 2022).

4 Ergebnisse

4.1. Aktivitätsanalyse Milchkühe des Betriebes Natura Agrar GmbH

4.1.1. Futtertisch

Im Betrieb Natura Agrar GmbH wurden insgesamt drei Kameras über dem Futtertisch installiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit.

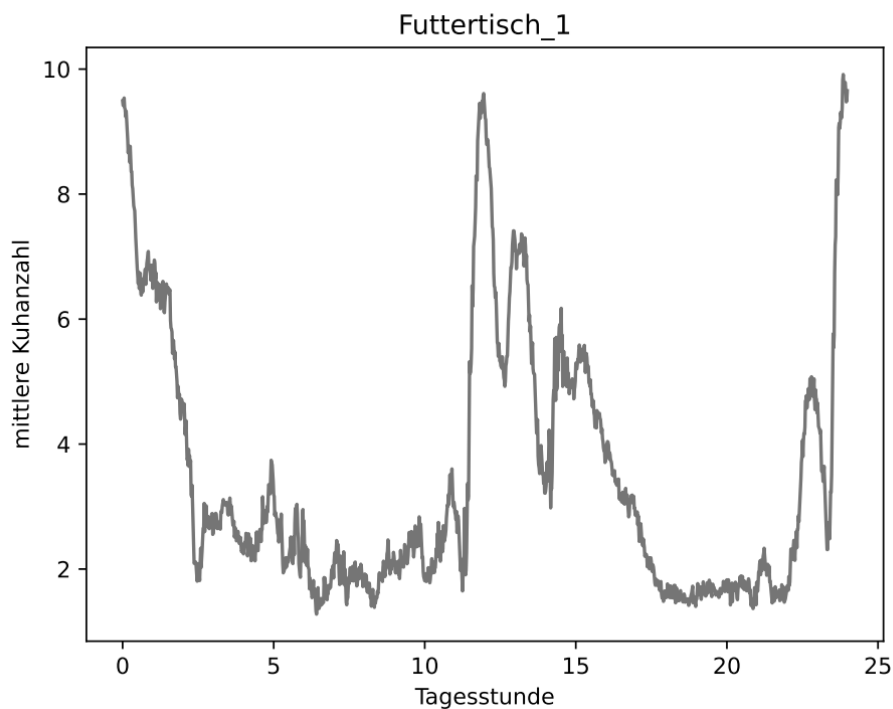


Abbildung 15: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bereich Futtertisch_1 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 15 zeigt ein Liniendiagramm, aus dem ersichtlich wird, dass sich die meisten Kühe zwischen 14 und 15 Uhr und zwischen 2 und 3 Uhr am Futtertisch aufhalten, hier beträgt die mittlere Kuhanzahl bis zu 10 Kühe. Zu den anderen Zeiten befindet sich eher eine geringe Anzahl an Kühen in dem Bereich der Kamera Futtertisch 1.

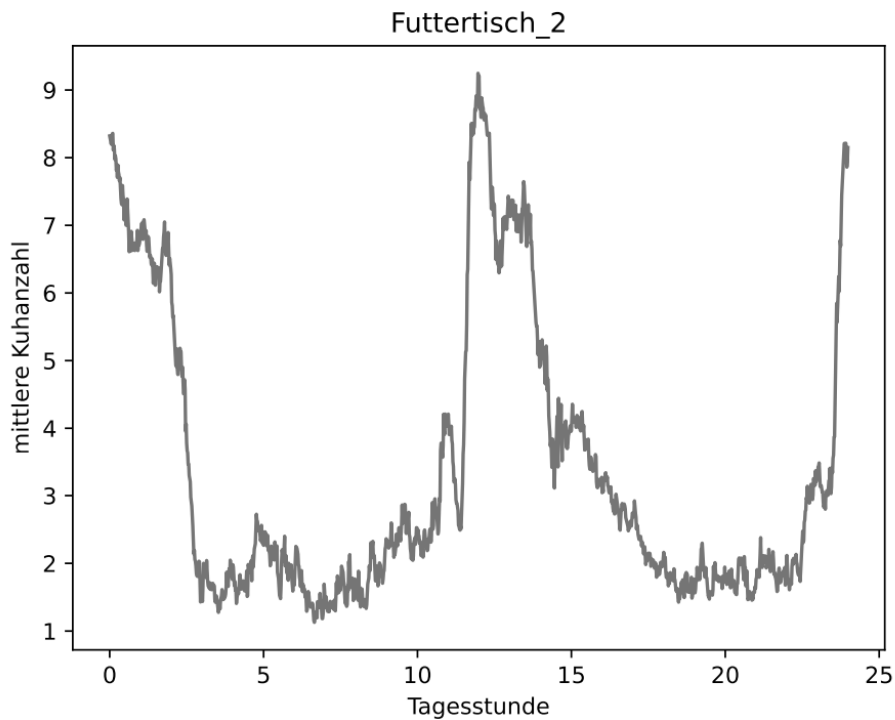


Abbildung 16: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bereich Futtertisch_2 (Möller, M., 2022)

Ähnliche Zeiten werden auch aus den Aufzeichnungen der Kamera 2 des Futtertisches deutlich, welche die Abbildung 16 darstellt. Die höchste mittlere Kuhanzahl ist zwischen 14 und 16 Uhr und zwischen 2 und 3 Uhr. In der Zeit beträgt die mittlere Kuhanzahl zwischen sieben und neun Kühe in dem Bereich. Zu den anderen Zeiten halten sich zwischen einer und vier Kühe im Bereich Futtertisch_2 auf.

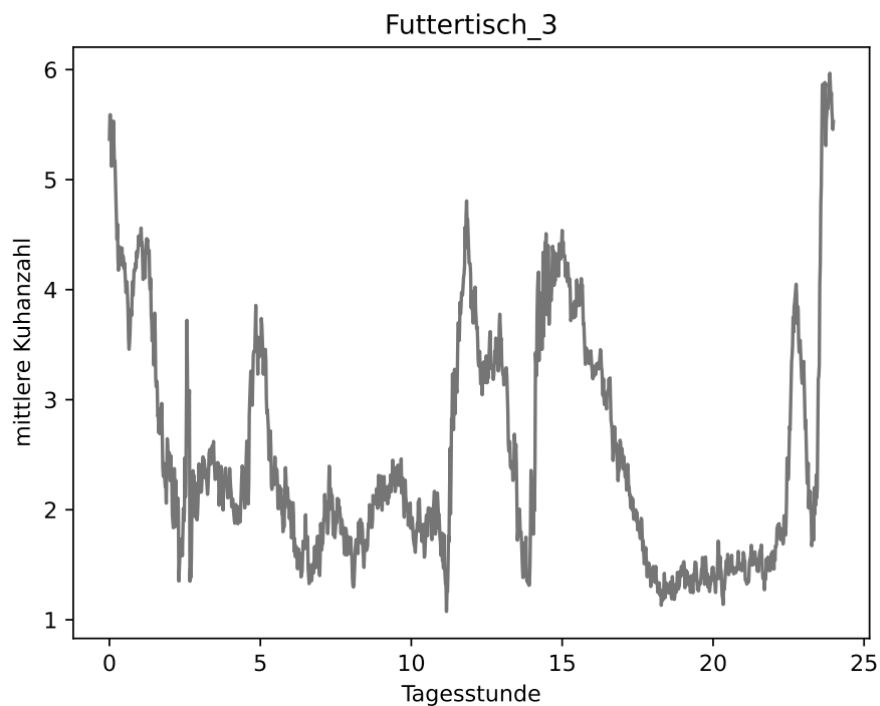


Abbildung 17: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bereich Futtertisch_3 (Möller, M., 2022)

Die Datenerhebungen aus den Aufzeichnungen der Kamera Futtertisch_3 in der Abbildung 17 weichen von den beiden vorherigen Diagrammen ab. Hier ist eine höhere Aktivität zu erkennen. Somit halten sich von 2 Uhr bis 3 Uhr die meisten Kühe in diesem Bereich auf, Gleiches gilt für die Zeiten 7 Uhr, um 13 Uhr bis 15 Uhr, als auch um 17 Uhr auf. Die mittlere Kuhanzahl schwankt zwischen drei und fünf Kühen zu den Zeiten, die höchste mittlere Kuhanzahl beträgt sechs Kühe.

4.1.2. Liegebereich

Im Liegebereich des Betriebes Natura Agrar GmbH wurden insgesamt vier Kameras im Liegebereich installiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit.

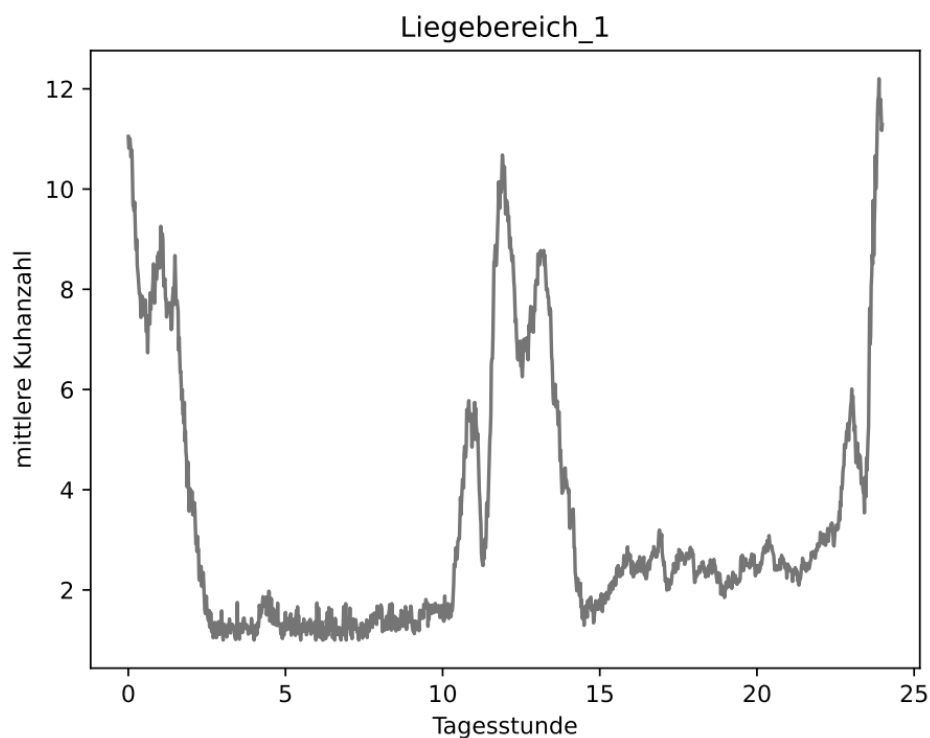


Abbildung 18: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_1 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 18 zeigt die mittlere Anzahl der Kühe im Liegebereich 1. Die meisten Kühe halten sich hier in der Zeit von 13 bis 16 Uhr und von zwei bis vier Uhr auf. In dieser Zeit beträgt die mittlere Kuhanzahl bis zu 12 Kühe. Zu den anderen Zeiten beträgt die mittlere Kuhanzahl zwischen einer und fünf Kühe.

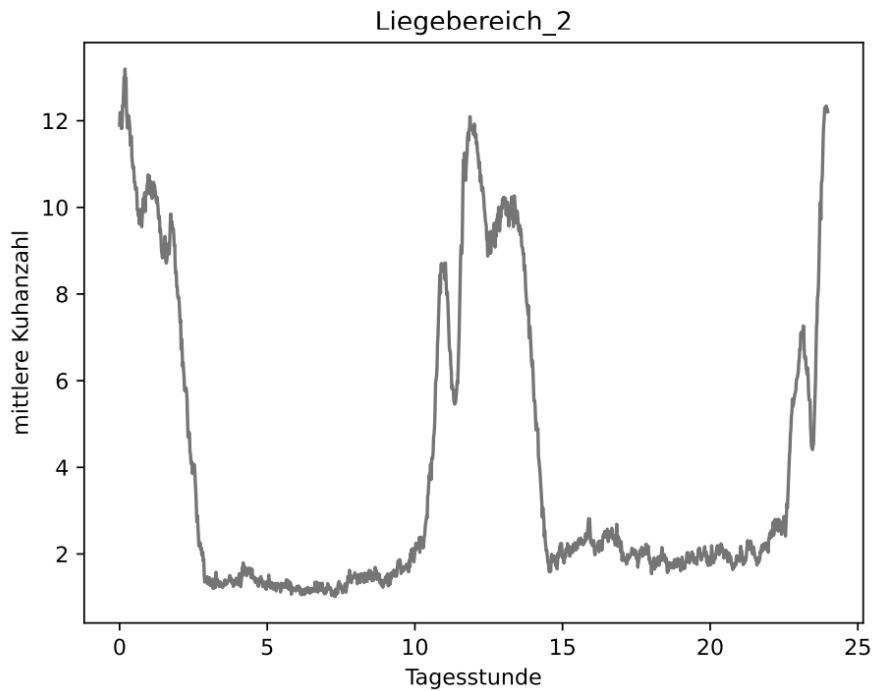


Abbildung 19: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_2 (Möller, M., 2022)

Wie aus der Abbildung 19 ersichtlich ist, haben die Aufnahmen der Kameras aus dem Liegebereich_2 ein ähnliches Diagramm ergeben, wie in der Abbildung 18. Jedoch beträgt hier die höchste mittlere Kuhanzahl bis zu 13 Kühe in der Zeit von 1 Uhr bis 2 Uhr. Von 2 bis 3 Uhr beträgt die mittlere Kuhanzahl von neun bis elf Kühe. Die geringste Kuhanzahl von eine bis zwei Kühen ist in der Zeit von 4 bis 12 Uhr und von 17 bis 24 Uhr zu verzeichnen.

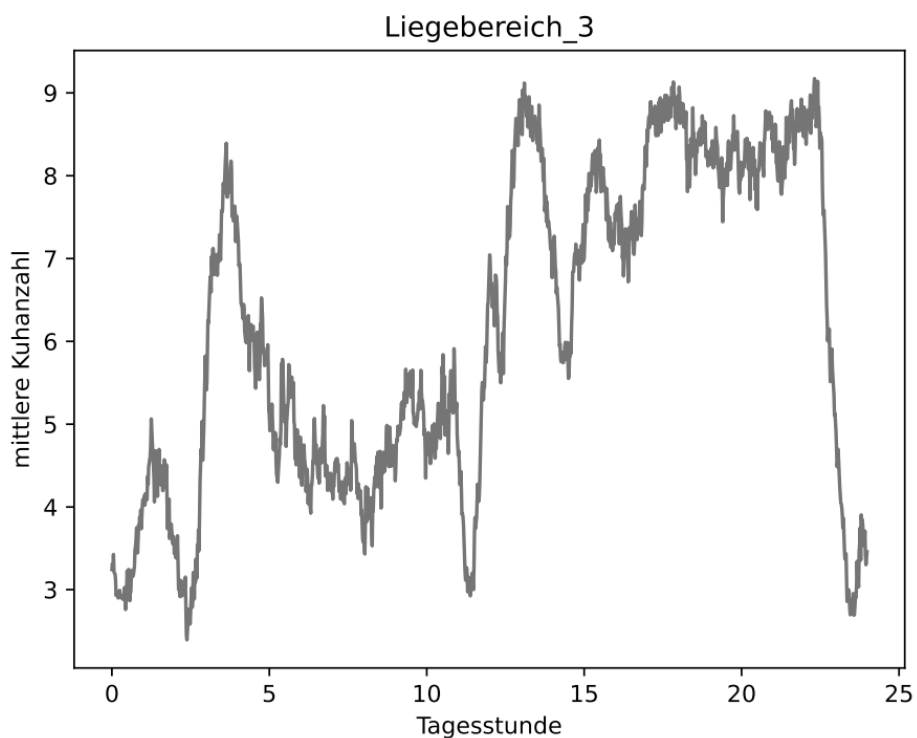


Abbildung 20: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_3 (Möller, M., 2022)

Die Datenerhebungen der Kamera aus dem Liegebereich_3 (siehe Abb. 20) haben ergeben, dass die höchste mittlere Kuhanzahl in der Zeit von fünf bis sechs Uhr mit sieben bis acht Kühen, von 14 bis 16 Uhr mit neun Kühen und von 17 bis 24 Uhr zwischen acht und neun Kühen zu verzeichnen ist.

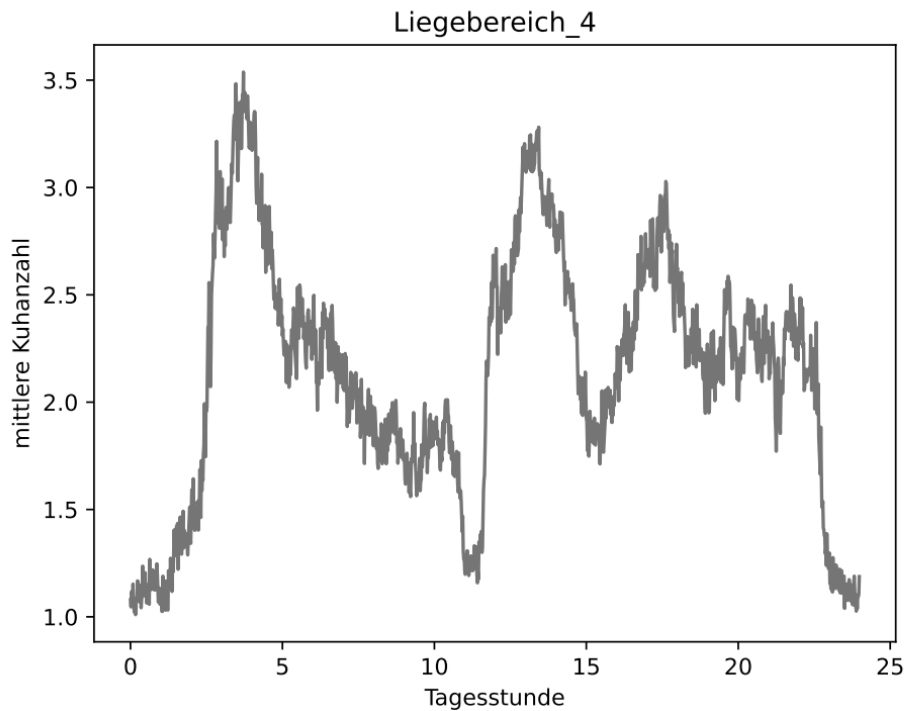


Abbildung 21: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Liegebereich_4 (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 21 ist ersichtlich, dass die höchste, mittlere Kuhanzahl in den Zeiten von 4 bis 6 Uhr, 14 bis 16 Uhr und um 19 Uhr im Bereich der Kamera des Liegebereiches_4 aufhält. In den übrigen Zeiten beträgt die mittlere Kuhanzahl zwischen einer und drei Kühen.

4.1.3. Bewegungsbereich

Im Bewegungsbereich des Betriebes Natura Agrar GmbH wurde eine Kamera installiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit.

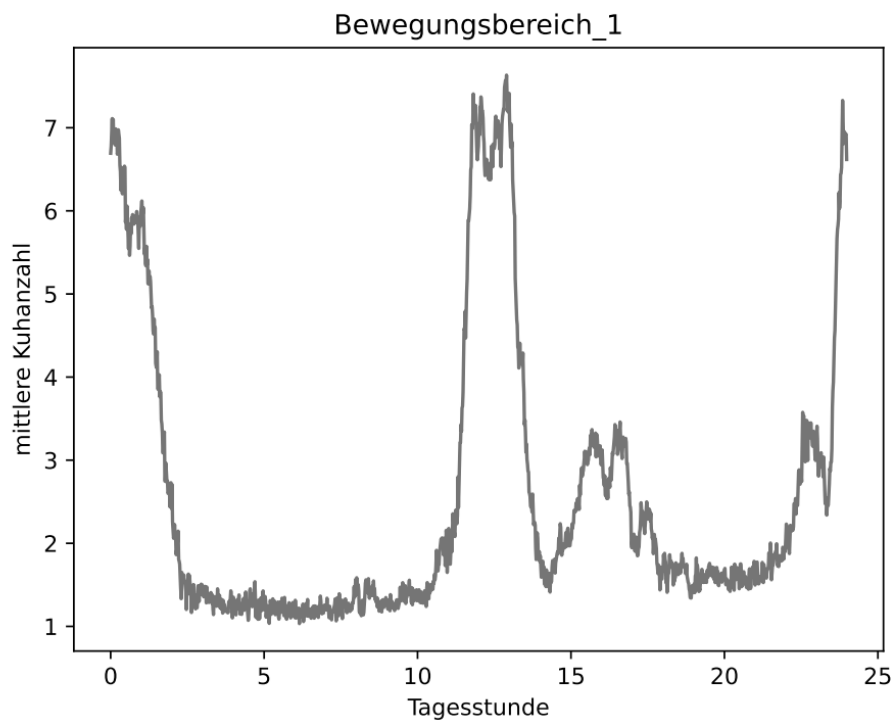


Abbildung 22: Darstellung der mittleren Kuhanzahl im Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)

Die größte Kuhaktivität findet im Bewegungsbereich_1 zwischen 13 und 16 Uhr und zwischen zwei und fünf Uhr statt. Hier beträgt die mittlere Kuhanzahl zwischen sechs und acht Kühe. Zu den übrigen Zeiten beläuft sich die mittlere Kuhanzahl zwischen einer und drei Kühe.

4.2. Verhaltensanalyse der Milchkühe des Betriebes Natura Agrar GmbH

4.2.1. Korrelation der Kameras am Futtertisch

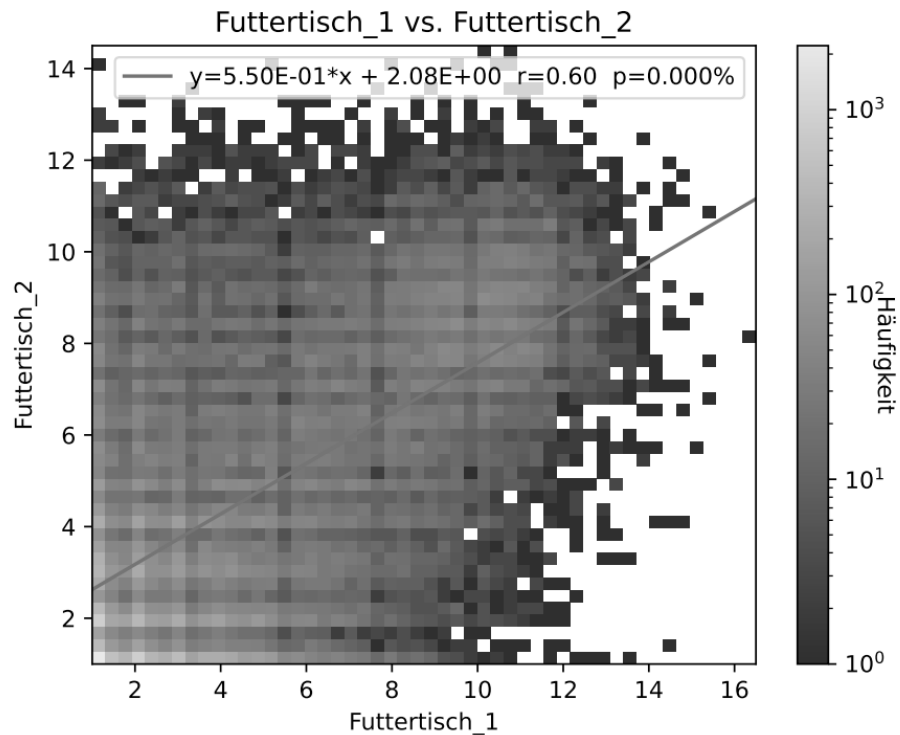


Abbildung 23: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch_2 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 23 zeigt den Zusammenhang zwischen den Kuhanzahlen der Variablen Futtertisch_1 und Futtertisch_2. Die Kameras korrelieren positiv miteinander ($r=0,60$).

Die Tabelle 1 gibt die Werte der x- und y-Achse wieder, sodass eine Auswertung über den Aufenthaltsort der Kuhanzahlen erfolgen kann. Es kommt häufig vor, dass sich zwischen einer und sechs und zwischen acht und zwölf Kühe am Futtertisch_1 befinden und zwischen einer und zehn am Futtertisch_2 befinden.

Tabelle 1: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 23 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
3,18	2
3,73	3
4,28	4
4,83	5
5,38	6
5,93	7
6,48	8
7,03	9
7,58	10
8,13	11
8,68	12
9,23	13
9,78	14
10,33	15

Aus der Tabelle 1 geht hervor, der Bereich der Kamera am Futtertisch_1 wird ab einer Kuhanzahl von über vier Kühen bevorzugt. Bei einer Kuhanzahl von weniger als vier Kühen wird eher der Bereich der Kamera Futtertisch_2 aufgesucht.

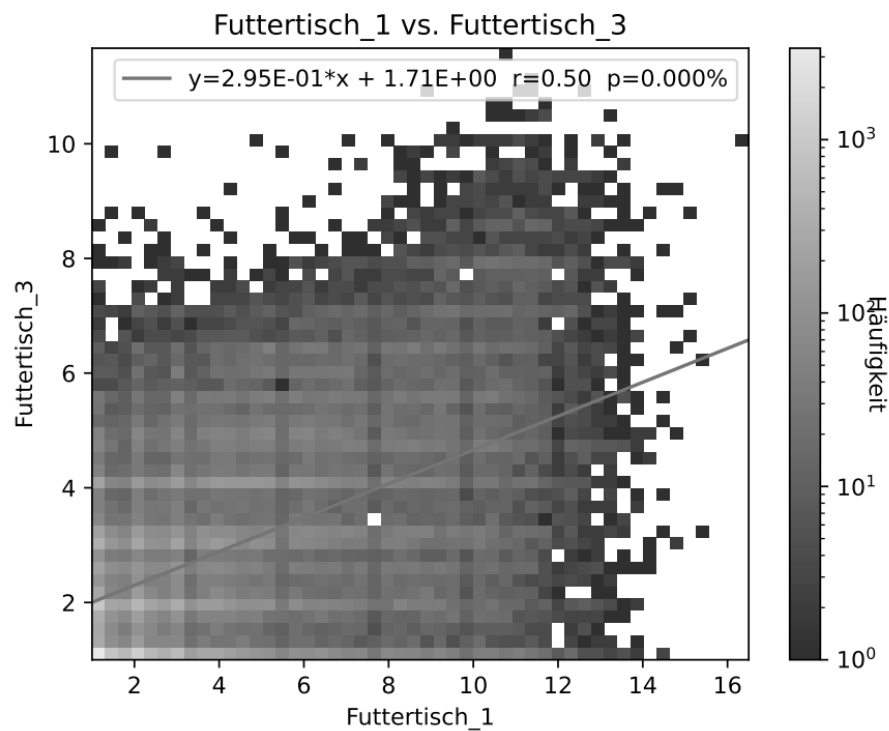


Abbildung 24: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch_3 (Möller, M., 2022)

Bei der Abbildung 24 wird der Zusammenhang der Kuhanzahlen der Kamera Futtertisch_1 und Futtertisch_3 dargestellt. Die Variablen korrelieren positiv miteinander ($r=0,50$). Es

kommt häufig vor, dass eine bis fünf Kühe am Futtertisch_3 sind und eine bis sechs Kühe sich am Futtertisch_1 befinden.

Tabelle 2: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 24 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,3	2
2,595	3
2,89	4
3,185	5
3,48	6
3,775	7
4,07	8
4,365	9
4,66	10
4,955	11
5,25	12
5,545	13
5,84	14
6,135	15

Die Tabelle 2 zeigt, dass der Futtertisch_1 gegenüber dem Futtertisch_3 ab einer Anzahl von mehr als zwei Kühen bevorzugt wird. Bei einer Anzahl von weniger als zwei Kühen, wird der Futtertisch_3 bevorzugt.

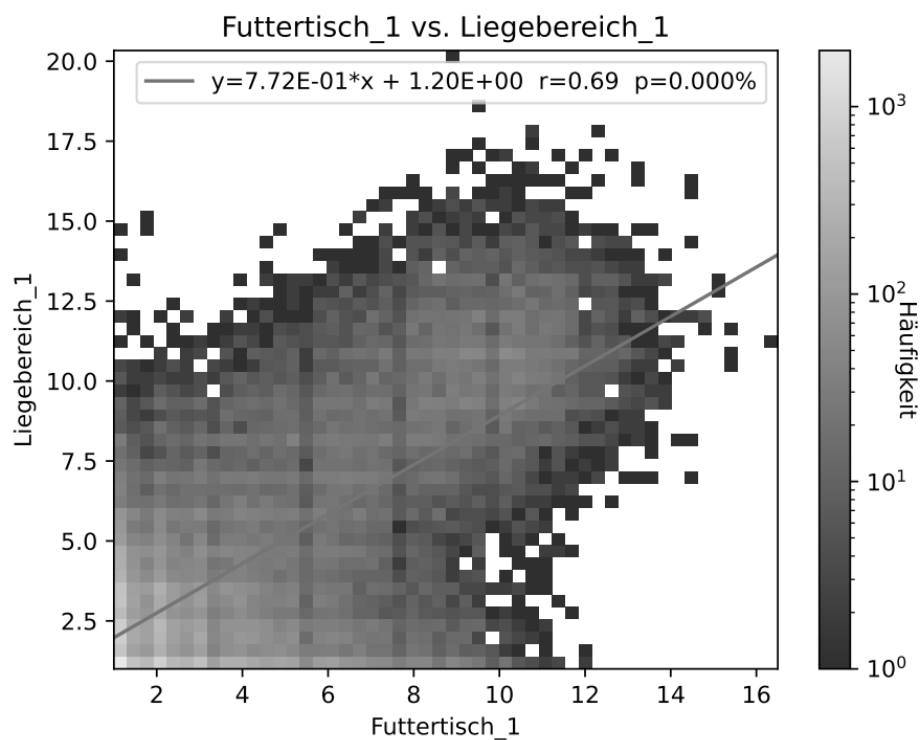


Abbildung 25: Korrelation Futtertisch_1 und Liegebereich_1

Die Abbildung 25 spiegelt die Korrelation der Bereiche Futtertisch_1 und Liegebereich_1 wider. Die Bereiche korrelieren sehr gut miteinander ($r=0,69$). Es kommt häufig vor, dass eine bis sechs Kühe am Futtertisch_1 sind und eine bis sieben Kühe im Liegebereich_1 sind. Wiederholt zeigt sich auch, dass sieben bis zwölf Kühe am Futtertisch_1 und sieben bis elf Kühe im Liegebereich_1 sind.

Tabelle 3: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 25 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,744	2
3,516	3
4,288	4
5,06	5
5,832	6
6,604	7
7,376	8
8,148	9
8,92	10
9,692	11
10,464	12
11,236	13
12,008	14
12,78	15

Aus der Tabelle 3 geht hervor, wenn die Anzahl der Kühe über fünf steigt, wird der Bereich Futtertisch_1 bevorzugt, sonst der Liegebereich_1.

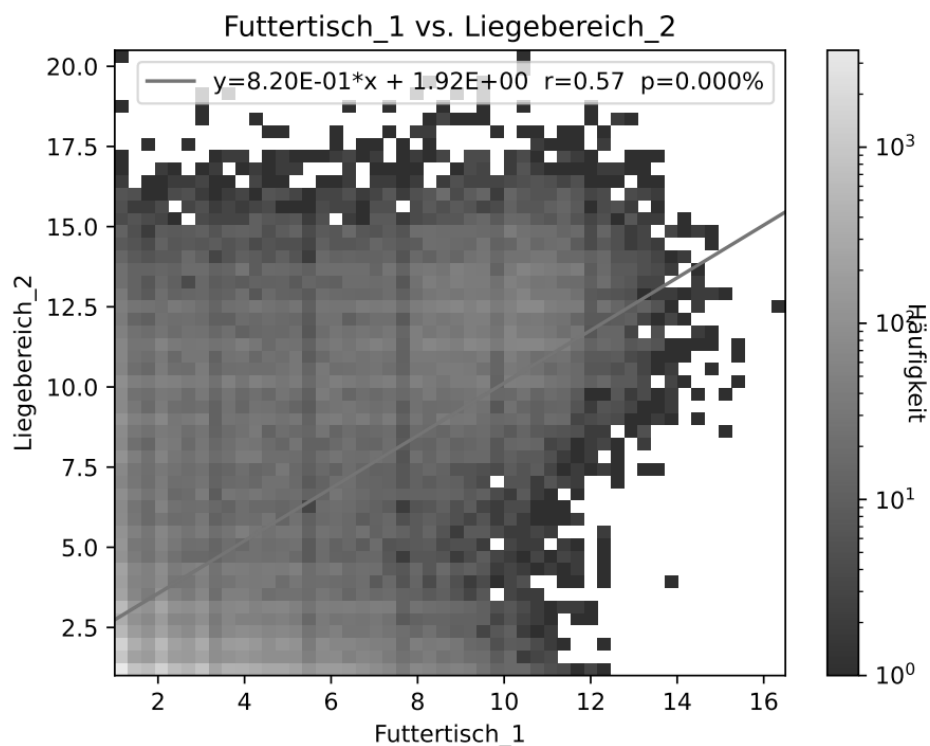


Abbildung 26: Korrelation Futtertisch_1 und Liegebereich_2

Aus der Abbildung 26 wird deutlich, dass die Variablen Futtertisch_1 und Liegebereich_2 gut miteinander korrelieren ($r=0,57$). Häufig kommt es vor, dass eine bis sechs Kühe und neun bis zwölf am Futtertisch_1 und eine bis vier und acht bis vierzehn im Liegebereich_2 sind.

Tabelle 4: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 26 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
3,56	2
4,38	3
5,2	4
6,02	5
6,84	6
7,66	7
8,48	8
9,3	9
10,12	10
10,94	11
11,76	12
12,58	13
13,4	14
14,22	15

Die Tabelle 4 zeigt, dass der Bereich Futtertisch_1 ab einer Anzahl von mehr als 10 Kühen gegenüber dem Liegebereich_2 bevorzugt wird.

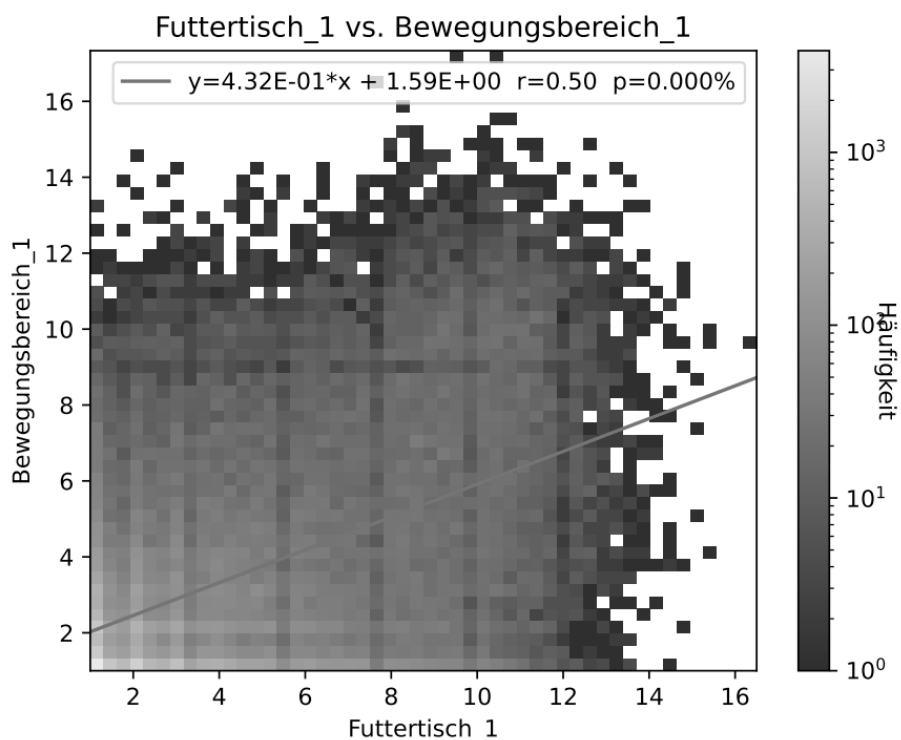


Abbildung 27: Korrelation Futtertisch_1 und Bewegungsbereich_1

Die Abbildung 27 zeigt, dass der Bereich Futtertisch_1 und Bewegungsbereich_1 miteinander korrelieren ($r = 0,50$). Am häufigsten halten sich zwischen einer und neun Kühen am Futtertisch_1 und zwischen einer und fünf Kühen im Bewegungsbereich_1 auf.

Tabelle 5: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 27 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,45	2
2,89	3
3,32	4
3,75	5
4,18	6
4,61	7
5,05	8
5,48	9
5,91	10
6,34	11
6,77	12
7,21	13
7,64	14
8,07	15

Aus der Tabelle 5 ist zu erkennen, dass ab einer Kuhanzahl von mehr als zwei Kühen der Futtertisch_1 gegenüber dem Bewegungsbereich bevorzugt wird.

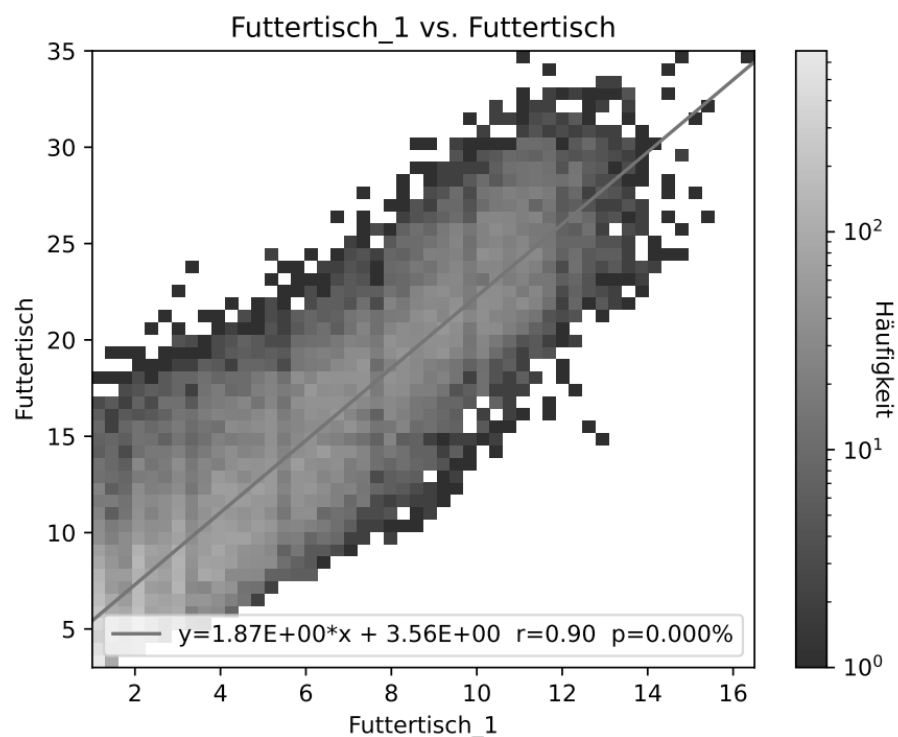


Abbildung 28: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Variablen korrelieren sehr stark positiv miteinander ($r=0,90$). Bei der Abbildung 28 ist die Korrelation zwischen der Kamera vom Bereich Futtertisch_1 und die Summe aller Kameras am Futtertisch dargestellt. Es kommt sehr häufig vor, dass eine bis zwölf Kühe am Futtertisch_1 sind und eine bis dreißig Kühe sich im gesamten Bereich des Futtertisches aufhalten.

Tabelle 6: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 28 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
7,3	2	2,43
9,17	3	3,06
11,04	4	3,68
12,91	5	4,30
14,78	6	4,93
16,65	7	5,55
18,52	8	6,17
20,39	9	6,80
22,26	10	7,42
24,13	11	8,04
26	12	8,67
27,87	13	9,29
29,74	14	9,91
31,61	15	10,54

Um vergleichbare Werte zu bekommen, wurden die Werte der Tabelle 6 in der Spalte Y durch die Anzahl der Kameras im Futterbereich (3 Kameras) geteilt. Aus der Tabelle 6 geht hervor, dass auch hier ab einer Anzahl von mehr als drei Kühen der Bereich des Futtertisches_1 gegenüber den anderen Bereichen des Futtertisches präferiert wird.

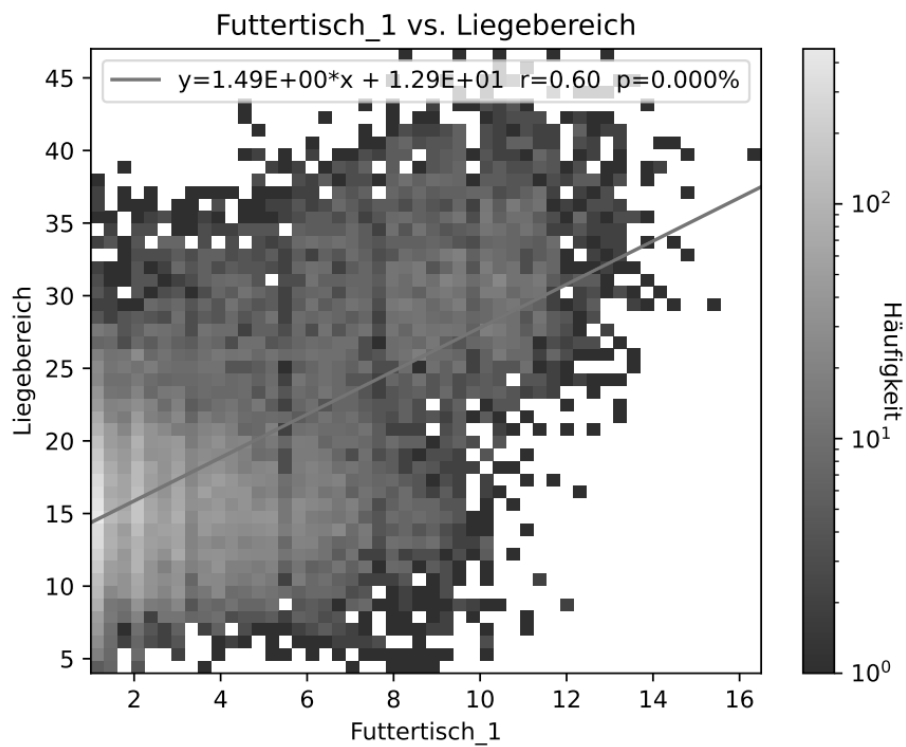


Abbildung 29: Korrelation Futtertisch_1 und Liegebereich (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 29 stellt die Korrelation zwischen dem Futtertisch_1 und der Summe aller Kameras im Liegebereich dar. Es kommt häufig vor, dass sich eine bis sechs Kühe am Futtertisch_1 befinden und 10 bis 20 Kühe im Liegebereich sind. Die Daten des Futtertischs_1 und Liegebereichs korrelieren positiv miteinander ($r=0,60$).

Tabelle 7: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 29 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
4,27	2	1,07
5,76	3	1,44
7,25	4	1,81
8,74	5	2,19
10,23	6	2,56
11,72	7	2,93
13,21	8	3,30
14,7	9	3,68
16,19	10	4,05
17,68	11	4,42
19,17	12	4,79
20,66	13	5,17
22,15	14	5,54
23,64	15	5,91

Aus der Tabelle 7 geht hervor, die Kühe bevorzugen den Liegebereich gegenüber dem Futtertisch_1, jedoch betrachtet man den Liegebereich pro Kamera wird der Futtertisch_1 erkennbar bevorzugt.

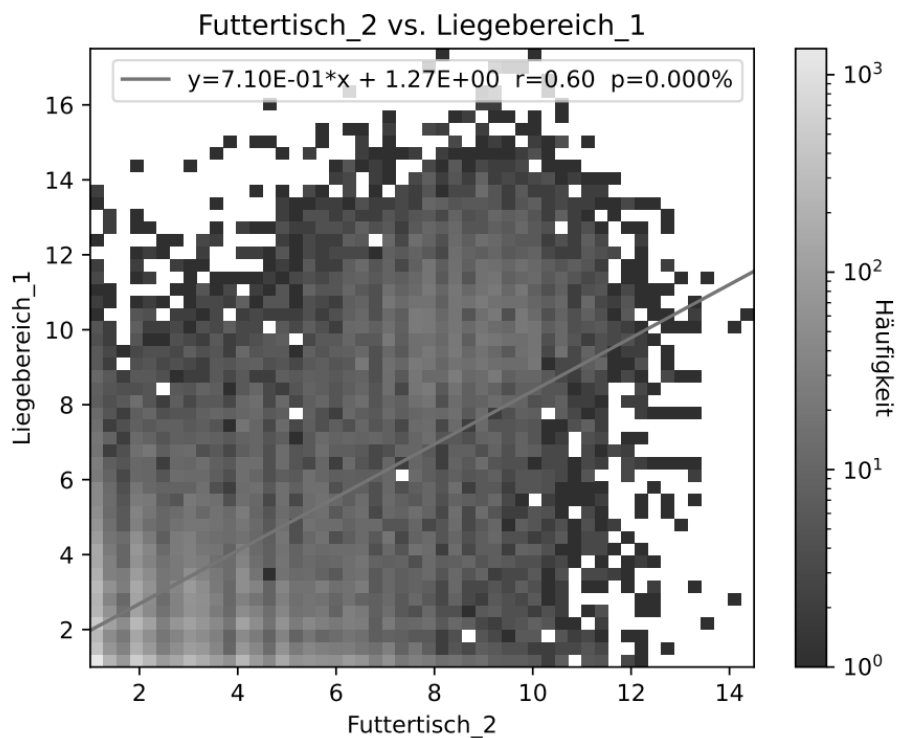


Abbildung 30: Korrelation Futtertisch_2 und Liegebereich_1 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 30 beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Bereich der Kameras Futtertisch_2 und Liegebereich_1. Der Korrelationskoeffizient zeigt einen positiven Zusammenhang ($r = 0,60$) zwischen den beiden Variablen. Es kommt oft vor, dass sich eine bis sechs Kühe im Bereich Futtertisch_2 und eine bis vier Kühe im Bereich Liegebereich_1 befinden. Es kommt auch häufig vor, dass zwischen 8 und 10 Kühe am Futtertisch_2 und 8 bis 11 Kühe im Liegebereich_1 sind.

Tabelle 8: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 30 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,69	2
3,4	3
4,11	4
4,82	5
5,53	6
6,24	7
6,95	8
7,66	9
8,37	10
9,08	11
9,79	12
10,5	13
11,21	14
11,92	15

Ab einer Tieranzahl von über vier Kühen wird der Futtertisch_2 bevorzugt, sonst der Liegebereich_2 (siehe Tabelle 8).

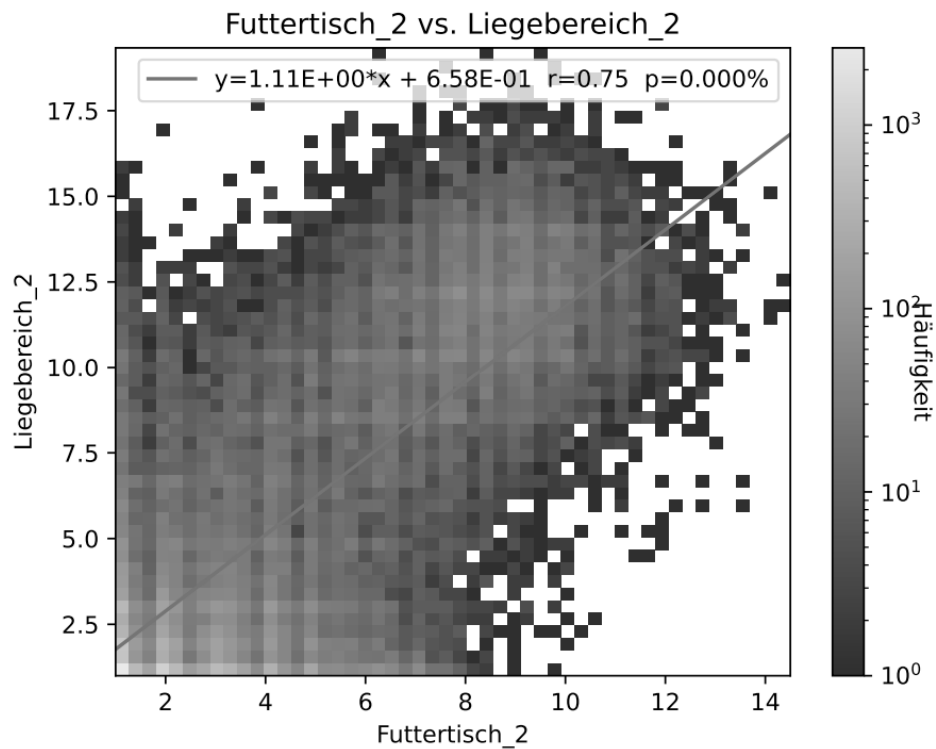


Abbildung 31: Korrelation Futtertisch_2 und Liegebereich_2 (Möller, M., 2022)

Die Variablen Futtertisch_2 und Liegebereich_2 der Abbildung 31 korrelieren sehr gut miteinander ($r=0,75$). Am häufigsten kommt es vor, dass eine bis vier Kühe am Futtertisch_2 sind und eine bis fünf Kühe im Liegebereich_2 sind. Es kommt aber auch wiederholt vor, dass 8 bis 11 Kühe am Futtertisch_2 sind und 8 bis 15 Kühe im Liegebereich_2 sind.

Tabelle 9: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 31 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,88	2
3,99	3
5,10	4
6,21	5
7,32	6
8,43	7
9,54	8
10,65	9
11,76	10
12,87	11
13,98	12
15,09	13
16,20	14
17,31	15

Aus der Tabelle 9 ist ersichtlich, dass der Liegebereich_2 dem Futtertisch_2 bevorzugt wird.

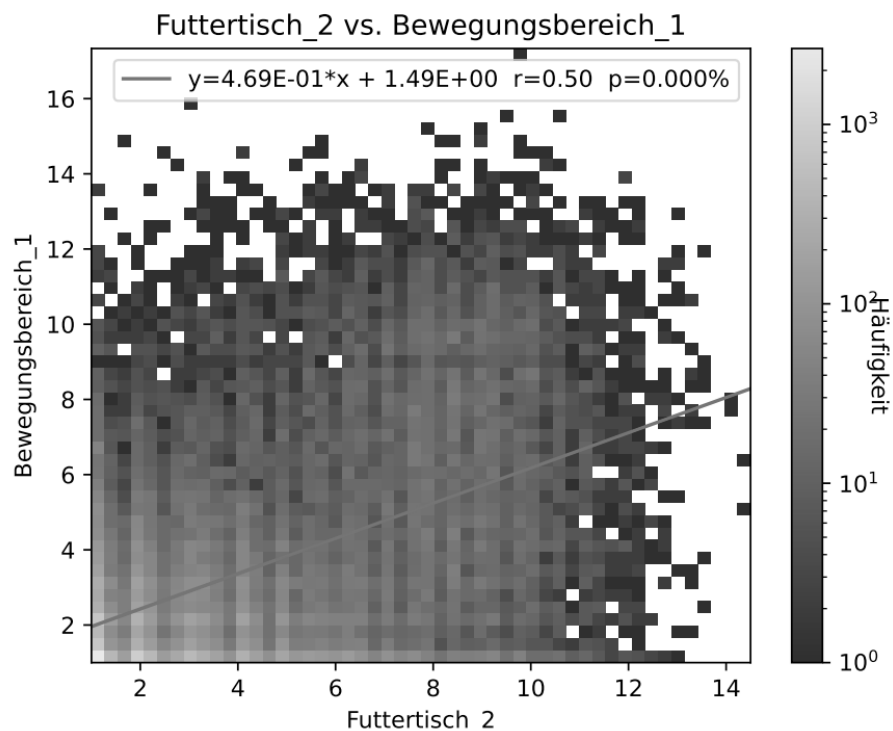


Abbildung 32: Korrelation Futtertisch_2 und Bewegungsbereich (Möller, M., 2022)

In der Abbildung 32 geht es um den Zusammenhang der Kamerabereiche Futtertisch_3 und Bewegungsbereich_1. Die Korrelation ist positiv ($r=0,50$) und die Variablen korrelieren gut miteinander. Wie zu erkennen ist, kommt es häufig vor, dass eine bis sechs Kühe im Bereich Futtertisch_2 sind und eine bis vier Kühe sich im Bewegungsbereich_1 aufhalten.

Tabelle 10: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 32 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,428	2
2,897	3
3,366	4
3,835	5
4,304	6
4,773	7
5,242	8
5,711	9
6,18	10
6,649	11
7,118	12
7,587	13
8,056	14
8,525	15

Steigt die Kuhanzahl über zwei Kühe, wird der Futtertisch_2 bevorzugt, bei weniger als zwei Kühen wird der Bewegungsbereich_1 bevorzugt (Tabelle 10).

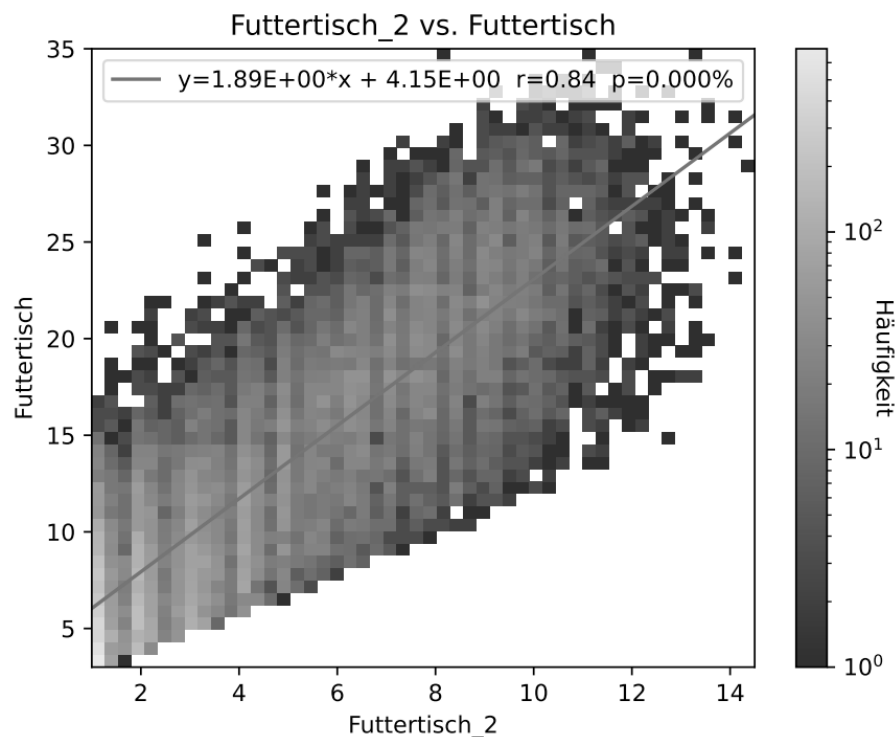


Abbildung 33: Korrelation Futtertisch_2 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Korrelation zwischen Futtertisch_2 und Futtertisch geht aus der Abbildung 33 hervor. Der Korrelationskoeffizient weist einen hohen Zusammenhang auf ($r=0,84$). Es ist häufig, dass eine bis zwölf Kühe am Futtertisch_2 sind und sich eine bis dreißig Kühe am gesamten Futtertisch befinden.

Tabelle 11: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 33 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
7,93	2	2,64
9,82	3	3,27
11,71	4	3,90
13,6	5	4,53
15,49	6	5,16
17,38	7	5,79
19,27	8	6,42
21,16	9	7,05
23,05	10	7,68
24,94	11	8,31
26,83	12	8,94
28,72	13	9,57
30,61	14	10,20
32,5	15	10,83

Da sich die Variable Futtertisch auf die Summe aller drei Kameras bezieht, wurde in der Tabelle 11 der Wert je Kamera errechnet. Demnach wird der Bereich Futtertisch_2 ab einer Anzahl von über drei Tieren bevorzugt. Bei einer Tieranzahl von weniger als drei wird eher der Bereich Futtertisch von den Kühen präferiert.

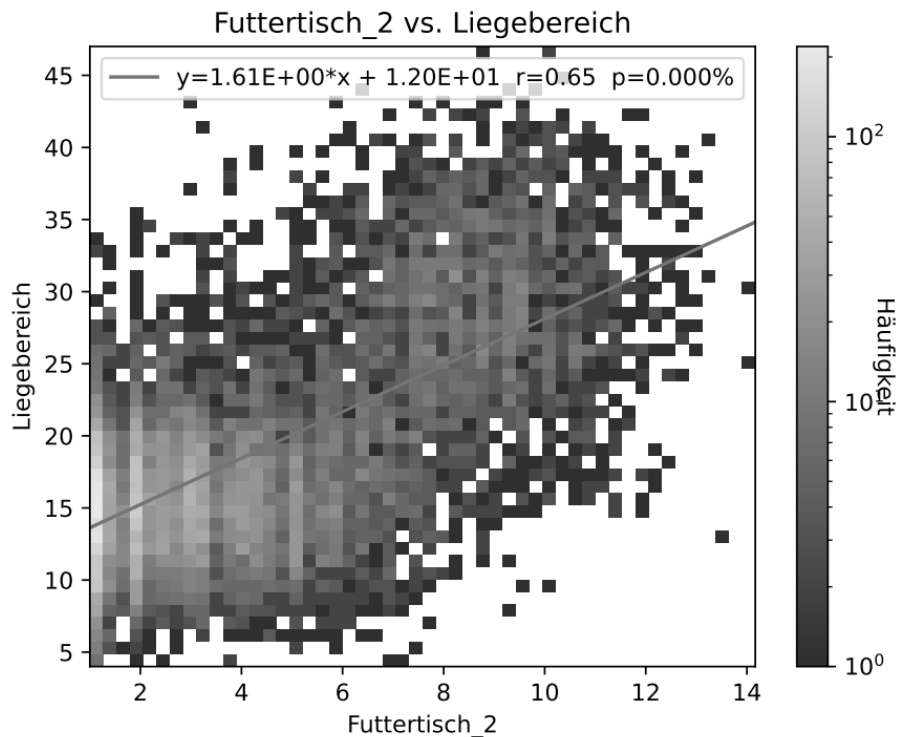


Abbildung 34: Korrelation Futtertisch_2 und Liegebereich (Möller, M., 2022)

Die Korrelation zwischen dem Futtertisch_1 und dem Liegebereich ist in der Abbildung 34 dargestellt. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r=0,65$). Es kommt häufig vor, dass eine bis fünf Kühe im Bereich Futtertisch_2 sind und acht bis zwanzig Kühe im gesamten Liegebereich.

Tabelle 12: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 34 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
15,22	2	3,81
16,83	3	4,21
18,44	4	4,61
20,05	5	5,01
21,66	6	5,42
23,27	7	5,82
24,88	8	6,22
26,49	9	6,62
28,1	10	7,03
29,71	11	7,43
31,32	12	7,83
32,93	13	8,23
34,54	14	8,64
36,15	15	9,04

Aus der Tabelle 12 geht hervor, dass die Kühe den Liegebereich gegenüber dem Futtertisch_2 bevorzugen. Sowohl in der Summe aller Kameras im Liegebereich als auch auf eine Kamera bezogen, präferieren die Kühe den Liegebereich bis zu einer Anzahl von fünf Kühen. Steigt die Kuhanzahl über fünf Kühe wird der Futtertisch_2 favorisiert.

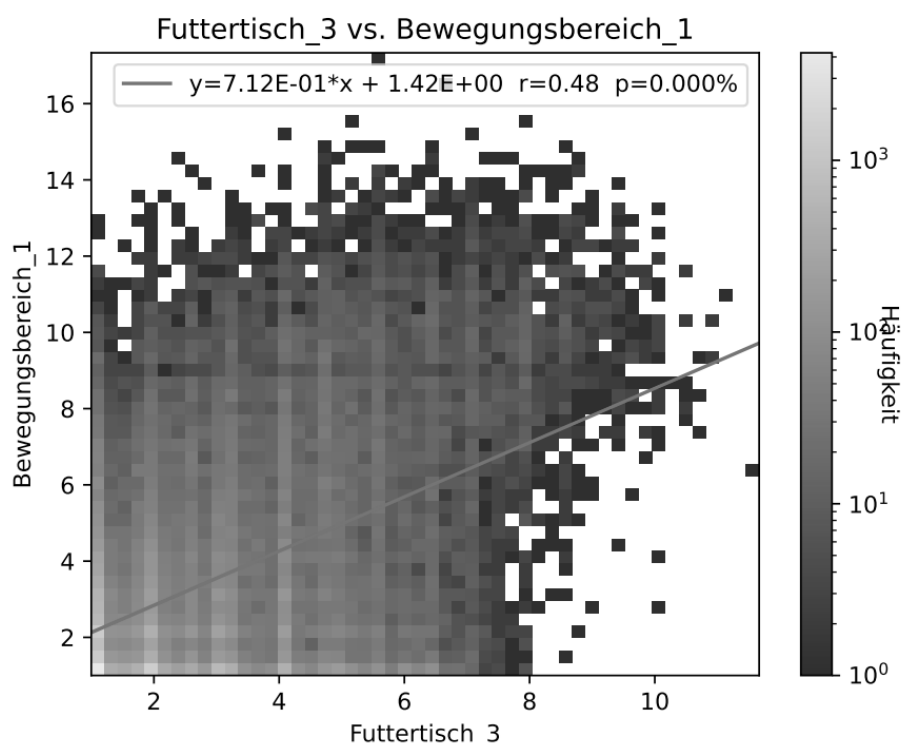


Abbildung 35: Korrelation Futtertisch_3 und Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 35 wird die Korrelation zwischen dem Bereich des Futtertisches_3 und des Bewegungsbereiches_1 aufgezeigt. Der Zusammenhang zwischen den Variablen ist gut ($r = 0,48$). Es tritt häufig auf, dass eine bis sechs Kühe am Futtertisch_3 sind und eine bis vier Kühe im Bewegungsbereich_1.

Tabelle 13: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 35 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,84	2
3,56	3
4,27	4
4,98	5
5,69	6
6,40	7
7,12	8
7,83	9
8,54	10
9,25	11
9,96	12
10,68	13
11,39	14
12,10	15

Aus der Tabelle_13 geht hervor, ab einer Kuhanzahl von über vier Kühen wird nicht mehr der Bewegungsbereich_1 bevorzugt genutzt, sondern der Bereich des Futtertisches_3.

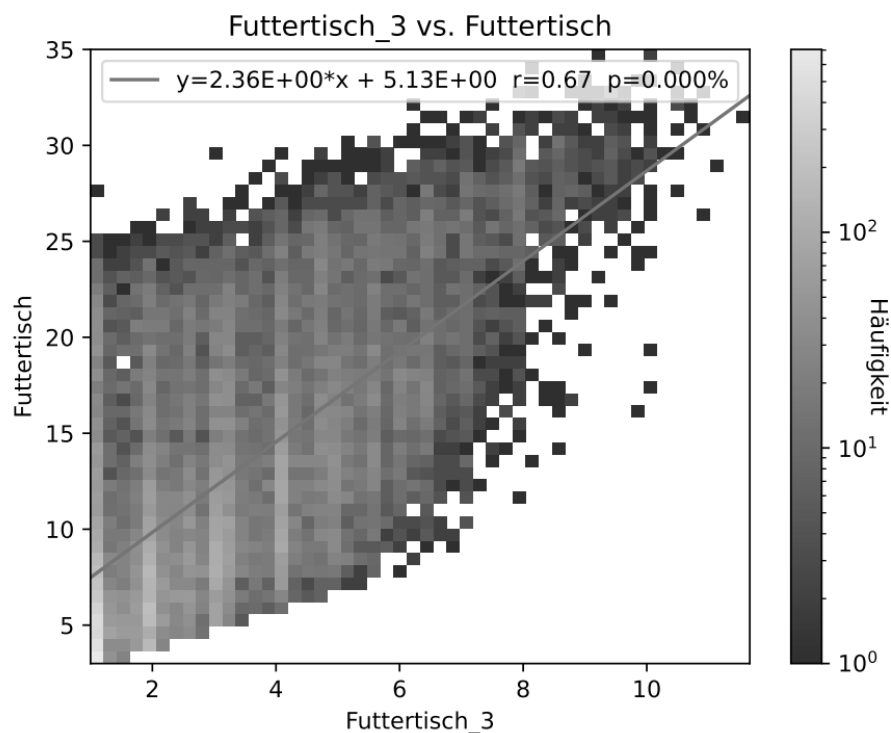


Abbildung 36: Korrelation Futtertisch_3 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 36 zeigt die Korrelation zwischen dem Futtertisch_3 und der Summe aller Kameras am Futtertisch. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r = 0,67$). Am häufigsten kommt es vor, dass sich eine bis vier Kühe am Futtertisch_3 befinden und eine bis 15 am gesamten Futtertisch.

Tabelle 14: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 36 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
9,85	2	3,28
12,21	3	4,07
14,57	4	4,86
16,93	5	5,64
19,29	6	6,43
21,65	7	7,22
24,01	8	8,00
26,37	9	8,79
28,73	10	9,58
31,09	11	10,36
33,45	12	11,15
35,81	13	11,94
38,17	14	12,72
40,53	15	13,51

In der Summe der Kameras am Futtertisch wird der gesamte Bereich gegenüber dem Futtertisch_3 bevorzugt. Allerdings bei der Betrachtung je Kamera wird ab einer Kuhanzahl von über acht der Futtertisch_3 bevorzugt (siehe Tabelle 14).

4.2.2. Korrelation der Kameras im Liegebereich

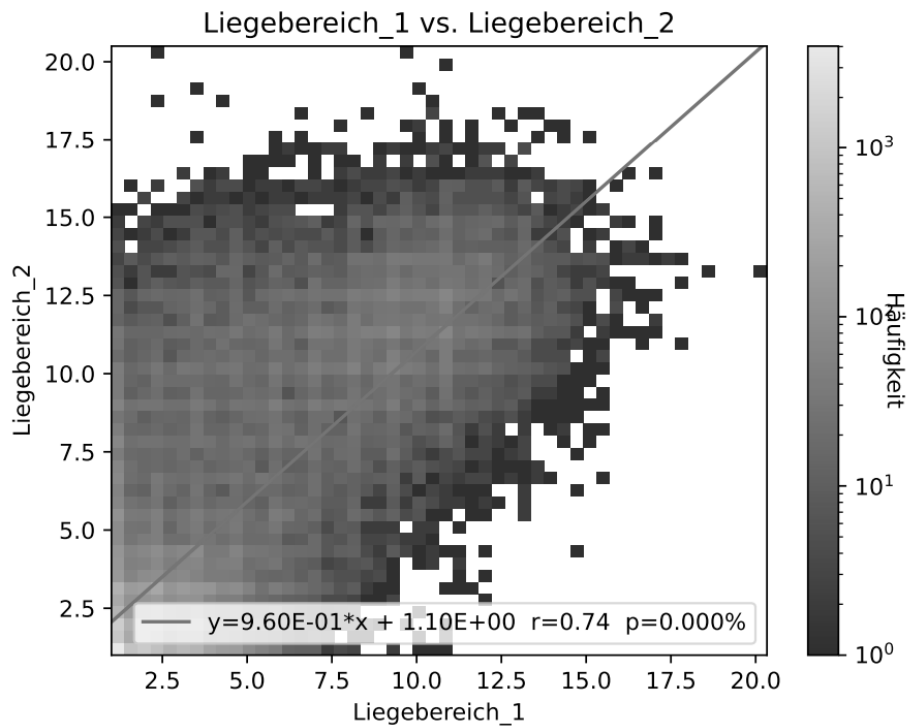


Abbildung 37: Korrelation Liegebereich_1 und Liegebereich_2 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 37 zeigt die Korrelation zwischen dem Liegebereich_1 und dem Liegebereich_2. Die Variablen korrelieren stark miteinander ($r= 0,74$). Es kommt häufig vor, dass eine bis fünf Kühe im Liegebereich_1 sind und eine bis vier Kühe im Liegebereich_2.

Tabelle 15: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 37 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
3,02	2
3,98	3
4,94	4
5,90	5
6,86	6
7,82	7
8,78	8
9,74	9
10,7	10
11,66	11
12,62	12
13,58	13
14,54	14
15,50	15

Aus der Tabelle 15 geht hervor, dass der Liegebereich_2 dem Liegebereich_1 vorgezogen wird.

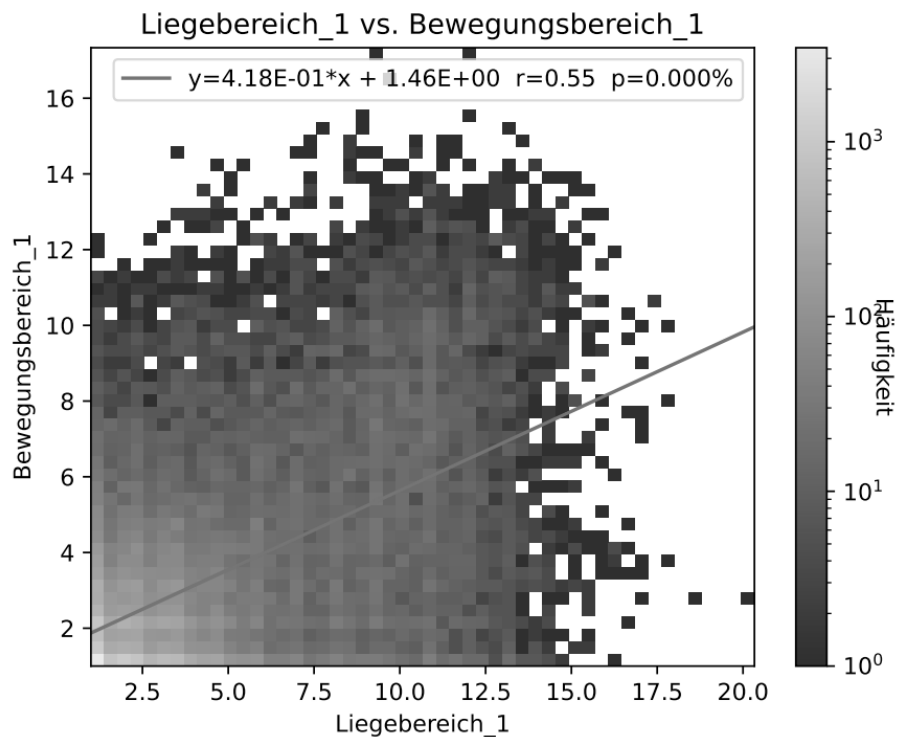


Abbildung 38: Korrelation Liegebereich_1 und Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 38 geht die Korrelation zwischen dem Liegebereich_1 und dem Bewegungsbereich_1 hervor. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r= 0,55$). Es ist sehr häufig, dass sich eine bis fünf Kühe im Liegebereich_1 und eine bis vier Kühe im Bewegungsbereich_1 befinden.

Tabelle 16: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 38 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,30	2
2,71	3
3,13	4
3,55	5
3,97	6
4,39	7
4,80	8
5,22	9
5,64	10
6,06	11
6,48	12
6,89	13
7,31	14
7,73	15

Aus der Tabelle 16 geht hervor, dass die Kühe sich ab einer Kuhanzahl von über zwei Kühen lieber im Liegebereich_1 aufhalten.

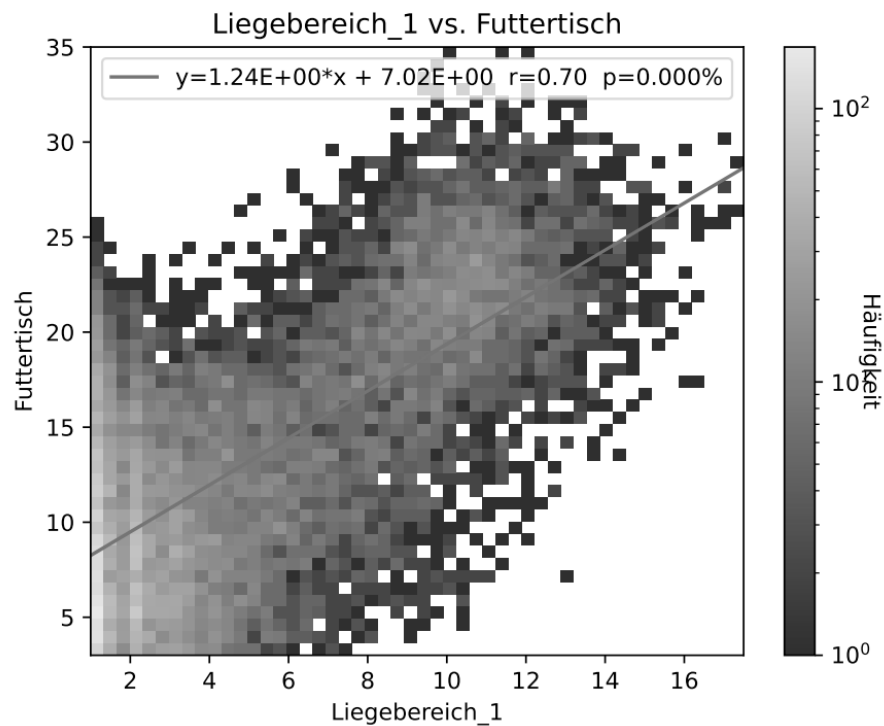


Abbildung 39: Korrelation Liegebereich_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Korrelation der Variablen Liegebereich_1 und Futtertisch wird in der Abbildung 39 dargestellt. Die Variablen korrelieren sehr gut miteinander ($r = 0,70$). Durch die Häufigkeitsdarstellung lässt sich erkennen, dass sich zwischen einer und fünf Kühe im Liegebereich_1 und zwischen einer und 18 Kühen am Futtertisch häufig aufhalten. Auch halten sich acht bis zwölf Kühe im Liegebereich_1 und 15 bis 25 Kühe am Futtertisch auf.

Tabelle 17: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 39 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
9,5	2	3,17
10,74	3	3,58
11,98	4	3,99
13,22	5	4,41
14,46	6	4,82
15,7	7	5,23
16,94	8	5,65
18,18	9	6,06
19,42	10	6,47
20,66	11	6,89
21,9	12	7,30
23,14	13	7,71
24,38	14	8,13
25,62	15	8,54

Die Tabelle 17 zeigt, dass der Futtertisch in der Summe aller Kameras gegenüber dem Liegebereich_1 bevorzugt wird. Bezieht man dies allerdings nur auf eine Kamera, so wird der Liegebereich_1 bevorzugt.

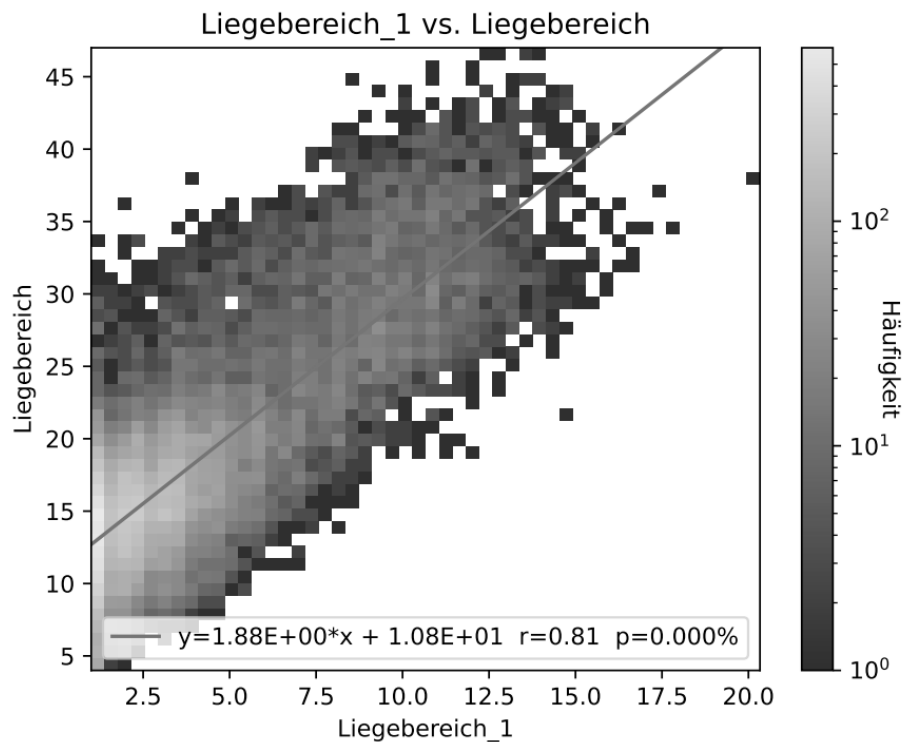


Abbildung 40: Korrelation Liegebereich_1 und Liegebereich (Möller, M., 2022)

Die Korrelation der Variablen Liegebereich_1 und Liegebereich in Abbildung 40 ist sehr gut ($r = 0,81$). Am häufigsten kommt es vor, dass sich eine bis sechs Kühe im Bereich Liegebereich_1 und eine bis 25 Kühe im gesamten Liegebereich aufhalten.

Tabelle 18: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 40 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
14,56	2	3,64
16,44	3	4,11
18,32	4	4,58
20,2	5	5,05
22,08	6	5,52
23,96	7	5,99
25,84	8	6,46
27,72	9	6,93
29,6	10	7,40
31,48	11	7,87
33,36	12	8,34
35,24	13	8,81
37,12	14	9,28
39	15	9,75

Aus der Tabelle 18 geht hervor, dass die Kühe den gesamten Liegebereich bevorzugen, jedoch ab einer Kuhanzahl von über fünf Kühen wird der Liegebereich_1 bevorzugt.

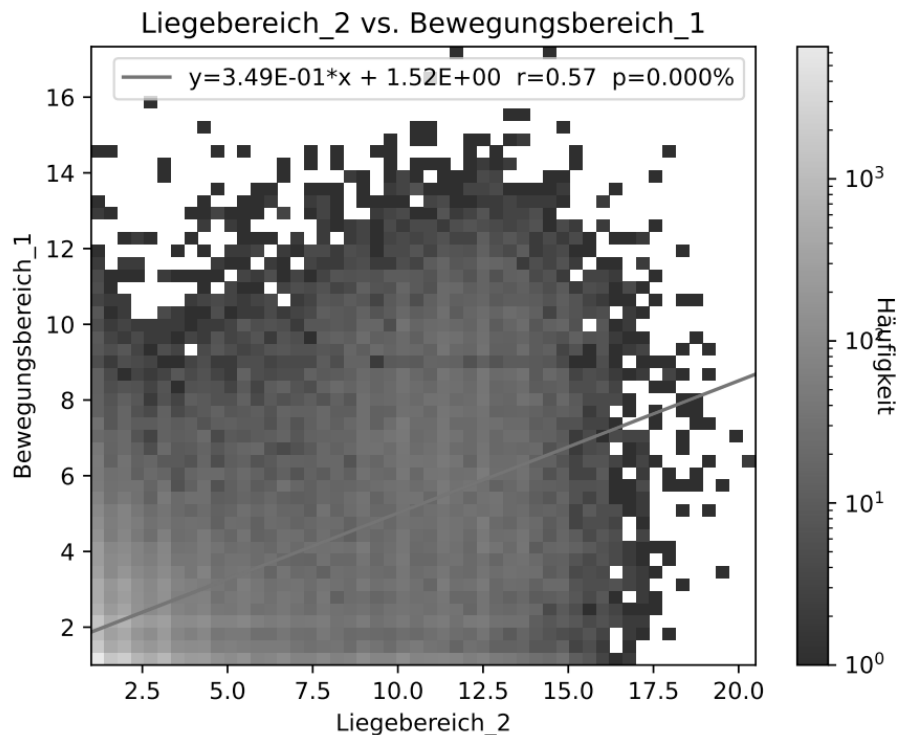


Abbildung 41: Korrelation Liegebereich_2 und Bewegungsbereich_1 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 41 spiegelt die Korrelation zwischen dem Liegebereich_2 und dem Bewegungsbereich_1 wider. Die Korrelation zwischen den Variablen ist gut ($r = 0,57$). Es kommt sehr häufig vor, dass zwischen eine und drei Kühe im Liegebereich_2 sind und eine bis vier Kühe im Bewegungsbereich_1. Es kommt auch wiederholt dazu, dass 8 bis 14 Kühe im Liegebereich_2 sind und 1 bis 12 Kühe im Bewegungsbereich sind.

Tabelle 19: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 41 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,22	2
2,57	3
2,92	4
3,27	5
3,61	6
3,96	7
4,31	8
4,66	9
5,01	10
5,36	11
5,71	12
6,06	13
6,41	14
6,76	15

Aus der Tabelle 19 geht hervor, ab einer Kuhanzahl von über zwei Kühen wird der Liegebereich_2 gegenüber dem Bewegungsbereich_1 bevorzugt.

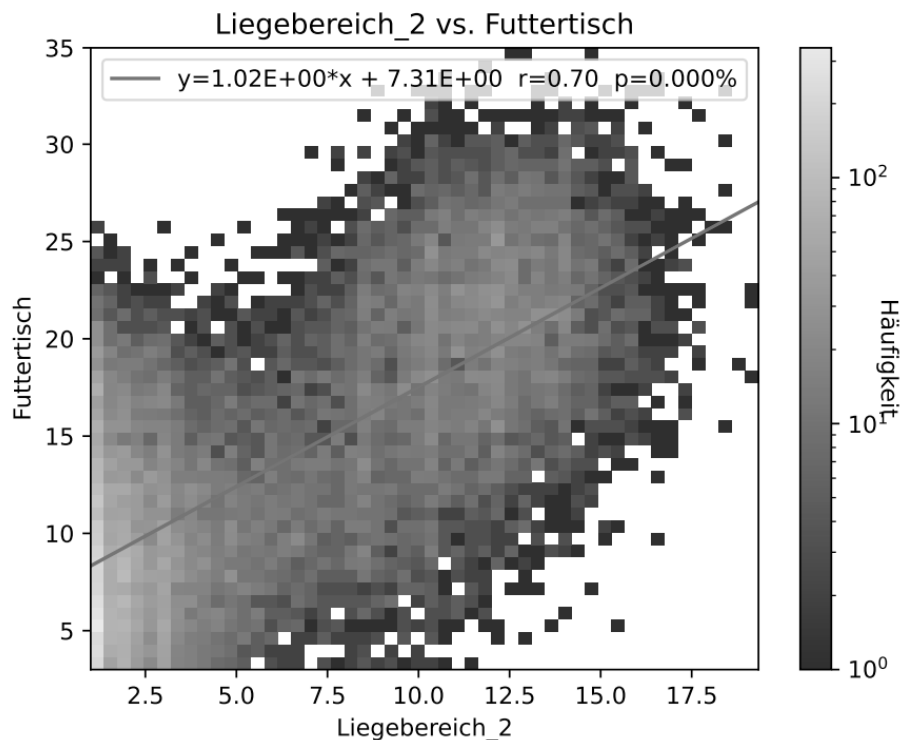


Abbildung 42: Korrelation Liegebereich_2 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 42 zeigt die Korrelation zwischen dem Bereich Liegebereich_2 und dem Futtertisch. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r=0,70$). Es kommt häufig vor, dass eine bis drei Kühe im Liegebereich_2 und eine bis 20 Kühe am Futtertisch sind. Auch ergibt es sich häufiger, dass acht Kühe bis 14 Kühe im Liegebereich_2 sind und 14 bis 30 am Futtertisch.

Tabelle 20: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 42 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
9,35	2	3,12
10,37	3	3,46
11,39	4	3,80
12,41	5	4,14
13,43	6	4,48
14,45	7	4,82
15,47	8	5,16
16,49	9	5,50
17,51	10	5,84
18,53	11	6,18
19,55	12	6,52
20,57	13	6,86
21,59	14	7,20
22,61	15	7,54

Aus der Tabelle 20 geht hervor, ab einer Anzahl von mehr als drei Kühen wird der Liegebereich_2 gegenüber dem Futtertisch bevorzugt, dabei sind die Werte des Futtertisches je Kamera ins Verhältnis gesetzt worden.

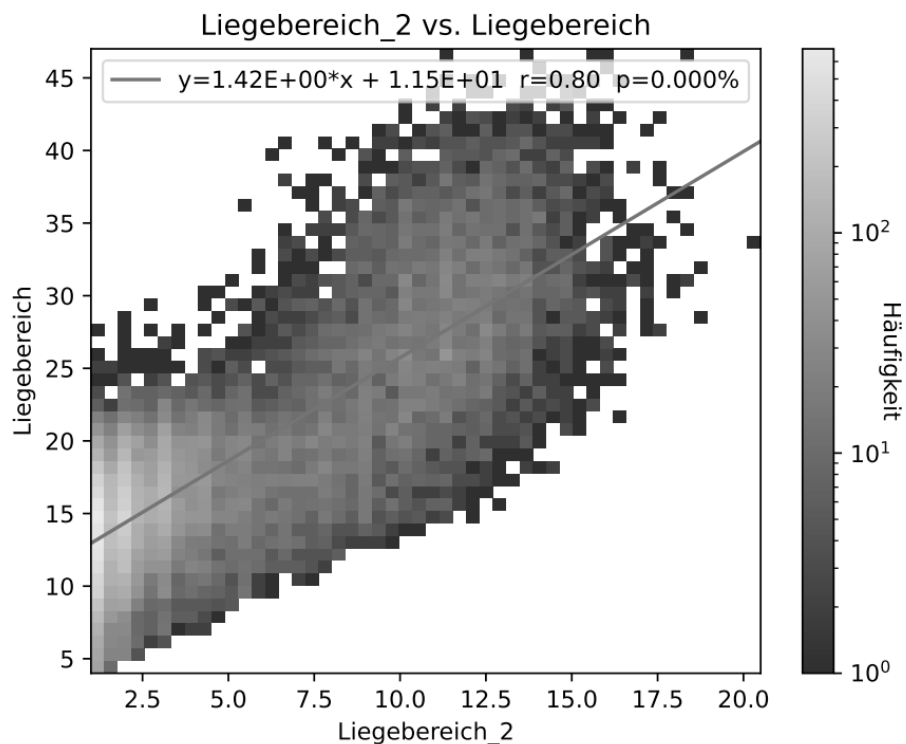


Abbildung 43: Korrelation Liegebereich_2 und Liegebereich (Möller, M., 2022)

In der Abbildung 43 ist die Korrelation des Liegebereichs_2 und des gesamten Liegebereichs dargestellt. Die Bereiche korrelieren sehr gut miteinander ($r = 0,80$). Die Häufigkeit sagt aus, eine bis vier Kühe halten sich im Liegebereich_2 und eine bis 23 halten sich im gesamten Liegebereich auf.

Tabelle 21: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 43 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
14,34	2	3,59
15,76	3	3,94
17,18	4	4,30
18,6	5	4,65
20,02	6	5,01
21,44	7	5,36
22,86	8	5,72
24,28	9	6,07
25,7	10	6,43
27,12	11	6,78
28,54	12	7,14
29,96	13	7,49
31,38	14	7,85
32,8	15	8,20

In der Tabelle 21 wurde die Kuhanzahl unter anderem auf eine Kamera im Liegebereich bezogen. Demnach wird der Liegebereich_2 ab einer Anzahl von mehr als 4 Kühen gegenüber dem Liegebereich auf eine Kamera bezogen bevorzugt.

4.2.3. Korrelation der Kameras im Bewegungsbereich

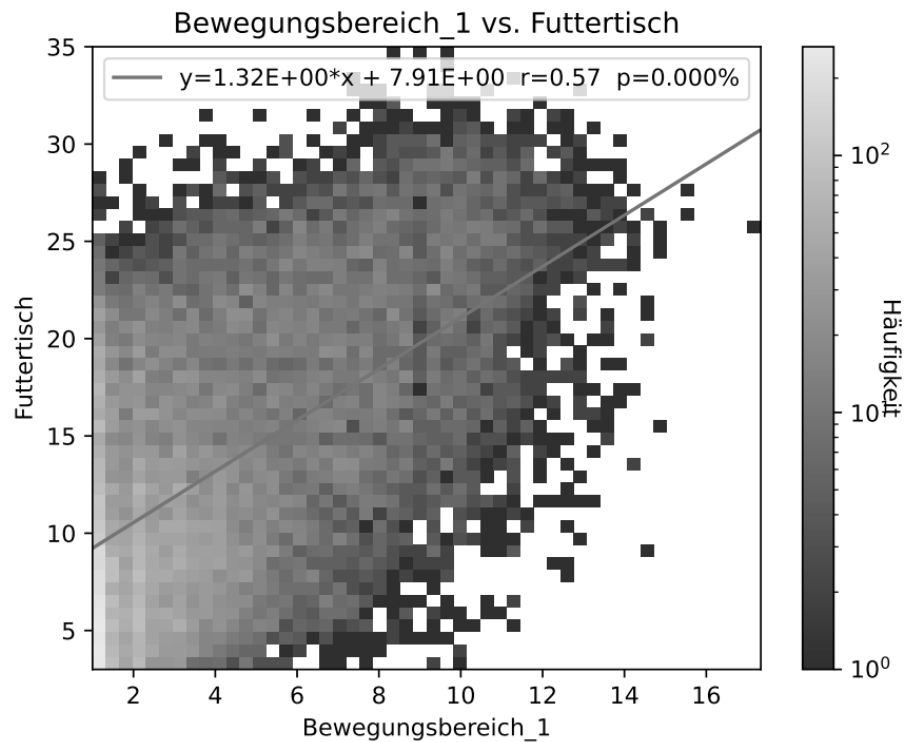


Abbildung 44: Korrelation Bewegungsbereich_1 und Futtertisch

Die Abbildung 44 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Bewegungsbereich_1 und dem gesamten Futtertisch. Die Bereiche korrelieren gut miteinander ($r=0,57$). Am häufigsten kommt es vor, dass eine bis fünf Kühe im Bewegungsbereich_1 sind und eine bis 22 Kühe am Futtertisch. Es kommt auch häufig vor, dass sechs bis zehn Kühe im Bewegungsbereich_1 sind und 13 bis 25 Kühe sich am Futtertisch befinden.

Tabelle 22: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 44 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
10,55	2	3,52
11,87	3	3,96
13,19	4	4,40
14,51	5	4,84
15,83	6	5,28
17,15	7	5,72
18,47	8	6,16
19,79	9	6,60
21,11	10	7,04
22,43	11	7,48
23,75	12	7,92
25,07	13	8,36
26,39	14	8,80
27,71	15	9,24

Die Tabelle 22 zeigt, dass ab über einer Kuhanzahl von über vier Kühen der Bewegungsbereich_1 gegenüber dem Futtertisch auf eine Kamera bezogen vorgezogen wird.

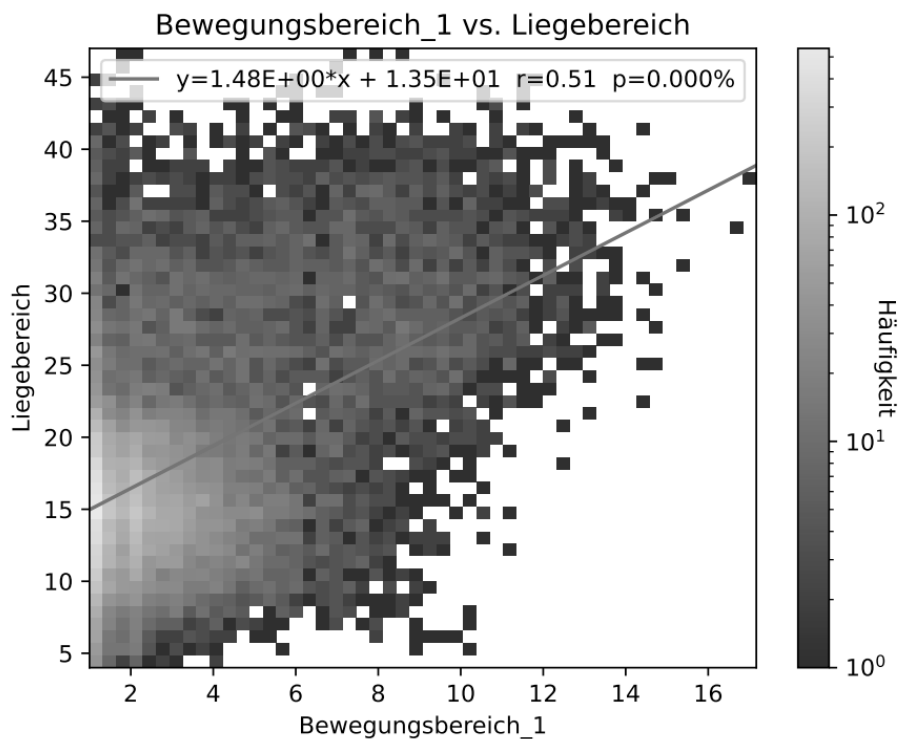


Abbildung 45: Korrelation Bewegungsbereich_1 und Liegebereich (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 45 ist die Korrelation zwischen dem Bewegungsbereich_1 und dem Liegebereich ersichtlich. Die beiden Variablen korrelieren gut miteinander ($r = 0,51$). Es

kommt häufig vor, dass sich im Bewegungsbereich_1 zwischen einer und fünf Kühe befinden und im Liegebereich zwischen einer und 23.

Tabelle 23: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 45 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
16,46	2	4,12
17,94	3	4,49
19,42	4	4,86
20,9	5	5,23
22,38	6	5,60
23,86	7	5,97
25,34	8	6,34
26,82	9	6,71
28,3	10	7,08
29,78	11	7,45
31,26	12	7,82
32,74	13	8,19
34,22	14	8,56
35,7	15	8,93

Die Tabelle 23 zeigt, dass ab über einer Kuhanzahl von über fünf Kühen der Bewegungsbereich_1 dem Liegebereich je Kamera vorgezogen wird.

4.2.4. Korrelation des Bereichs Futtertisch und Liegebereich

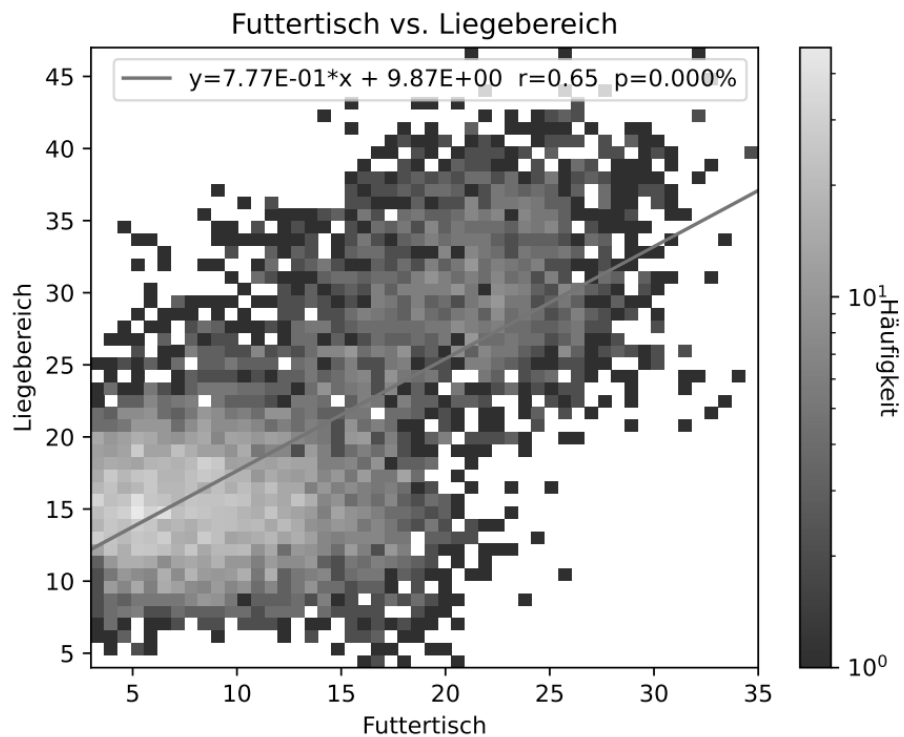


Abbildung 46: Korrelation Futtertisch und Liegebereich (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 46 zeigt die Korrelation zwischen dem Futtertisch und dem Liegebereich. Die Bereiche korrelieren gut miteinander ($r = 0,65$). Es kommt häufig vor, dass sich eine bis 16 Kühe am Futtertisch aufhalten und 9 bis 20 Kühe im Liegebereich. Es kommt auch vor, dass sich 20 bis 25 Kühe am Futtertisch aufhalten und 25 bis 35 im Liegebereich.

Tabelle 24: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 46 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
11,42	2	2,86
12,20	3	3,05
12,98	4	3,24
13,76	5	3,44
14,53	6	3,63
15,31	7	3,83
16,09	8	4,02
16,86	9	4,22
17,64	10	4,41
18,42	11	4,60
19,19	12	4,80
19,97	13	4,99
20,75	14	5,19
21,53	15	5,38

Aus der Tabelle 24 geht hervor, dass ab einer Kuhanzahl von über drei Kühen der Futtertisch gegenüber dem Liegebereich bevorzugt wird.

4.3. Aktivitätsanalyse der Milchkühe des Betriebes Havellandhof Ribbeck

4.3.1. Futtertisch

Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck wurden insgesamt vier Kameras im Bereich des Futtertisches installiert. Die folgenden Liniendiagramme zeigen die mittlere Kuhanzahl im Bezug zur Tageszeit. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass die Zeit des Diagramms um zwei Stunden addiert werden muss, um die aktuelle Uhrzeit der Aufnahme zu bekommen. Die folgenden Abbildungen zeigen die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit.

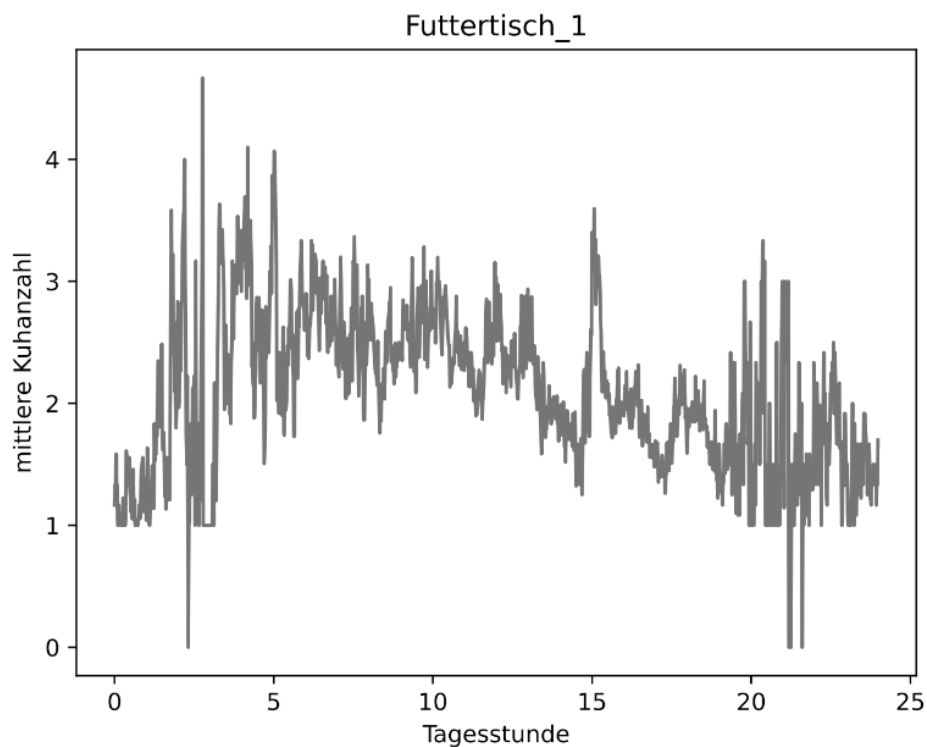


Abbildung 47: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_1 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 47 zeigt die mittlere Kuhanzahl im Tagesverlauf. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, ist die Kuhaktivität im gesamten Tagesverlauf sehr hoch. Die höchste mittlere Kuhanzahl von fünf Kühen ist um 5 Uhr und variiert bis 7 Uhr zwischen zwei und vier Kühen. Im restlichen Verlauf schwankt die mittlere Kuhanzahl am Futtertisch_1 zwischen keiner und vier Kühen.

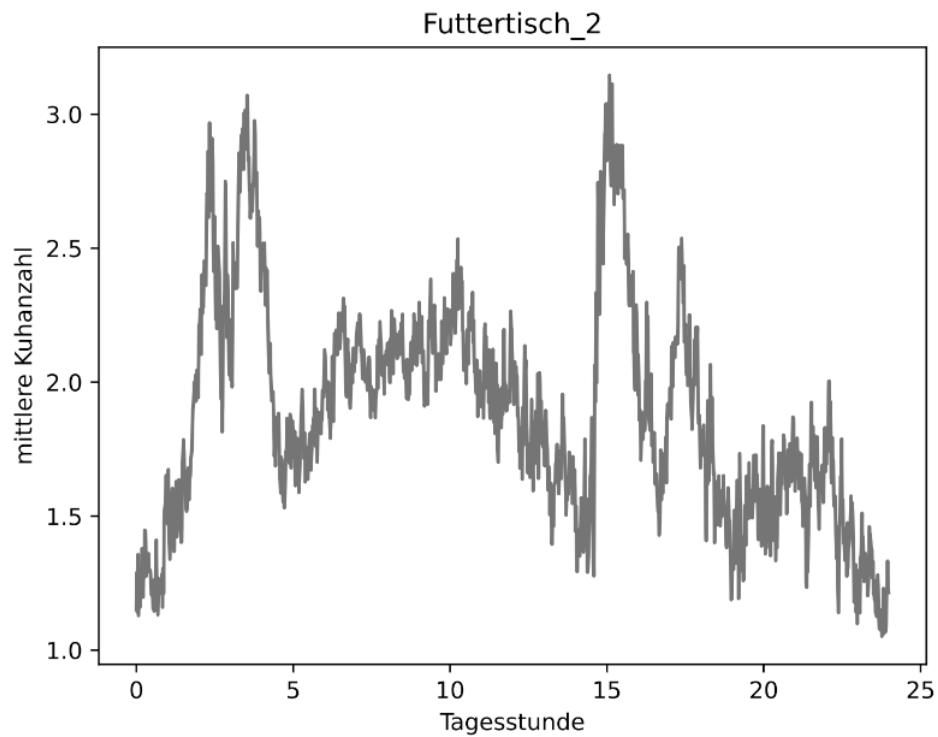


Abbildung 48: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_2 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 48 spiegelt die Aktivität der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_2 wider. Auch hier ist die höchste Aktivität zwischen 5 und 7 Uhr und zusätzlich zwischen 17 und 18 Uhr zu beobachten. Hier schwankt die mittlere Kuhanzahl im restlichen Tagesverlauf zwischen einer und 2,5 Kühen.

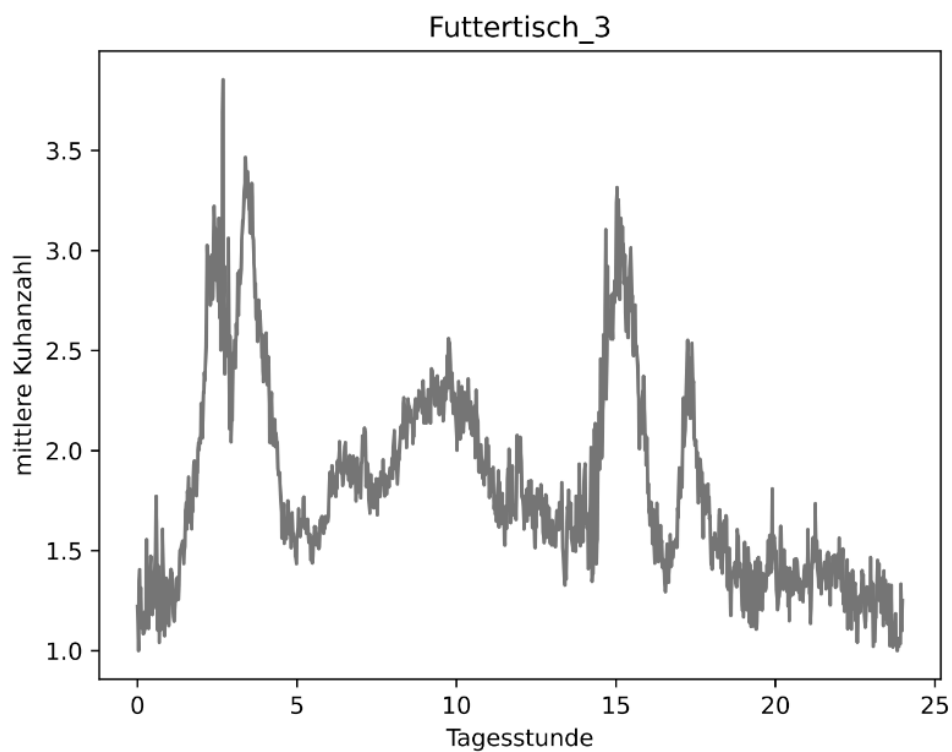


Abbildung 49: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_3 (Möller, M., 2022)

Die Darstellung des Bereiches Futtertisch_3 wird in der Abbildung 49 gezeigt. Zwischen 5 und 6 Uhr ist hier die höchste mittlere Kuhanzahl von bis zu vier Kühen zu vernehmen. Auch zwischen 17 und 18 Uhr halten sich hier viele Kühe auf, die mittlere Kuhanzahl beträgt in dieser Zeit bis zu drei Kühe. Zu den restlichen Zeiten schwankt die mittlere Anzahl der Kühe zwischen einer und 2,5 Kühe.

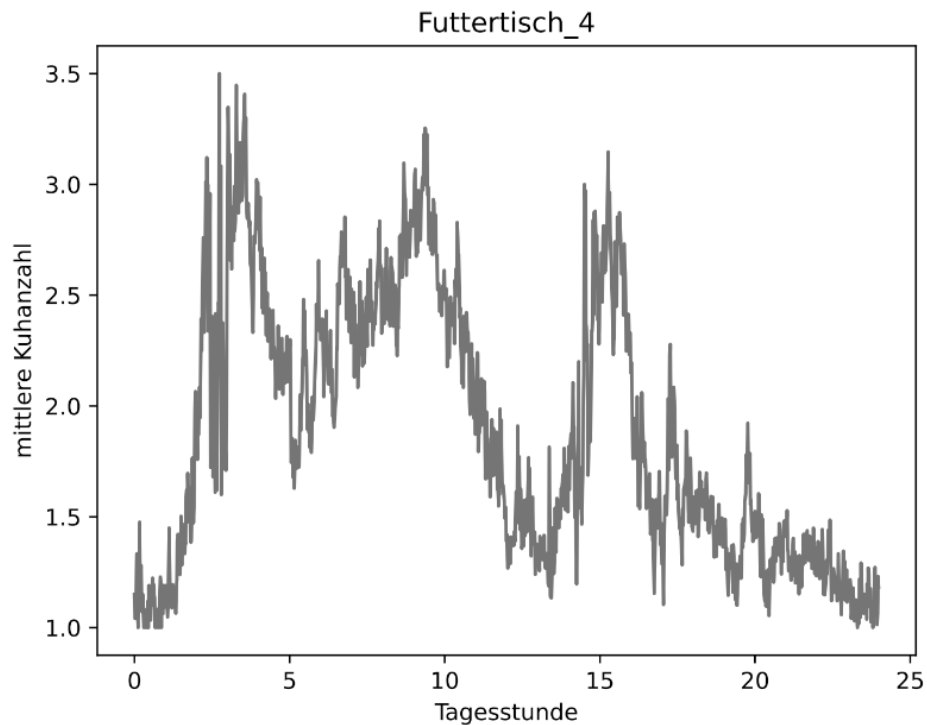


Abbildung 50: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Futtertisch_4 (Möller, M., 2022)

Auch in der Abbildung 50 die die mittlere Kuhanzahl im Bereich des Futtertisches_4 darstellt, ist eine sehr hohe mittlere Kuhanzahl von bis zu 3,5 Kühen zwischen 5 und 6 Uhr zu erkennen. Auch um 11 und um 17 Uhr bis 18 Uhr steigt die mittlere Kuhanzahl über drei Kühe. Der restliche Verlauf beläuft sich auf eine mittlere Anzahl von einer bis zu 2,5 Kühen.

4.3.2. Liegebereich

Im Liegebereich des Betriebes Havellandhof Ribbeck wurden insgesamt fünf Kameras installiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit.

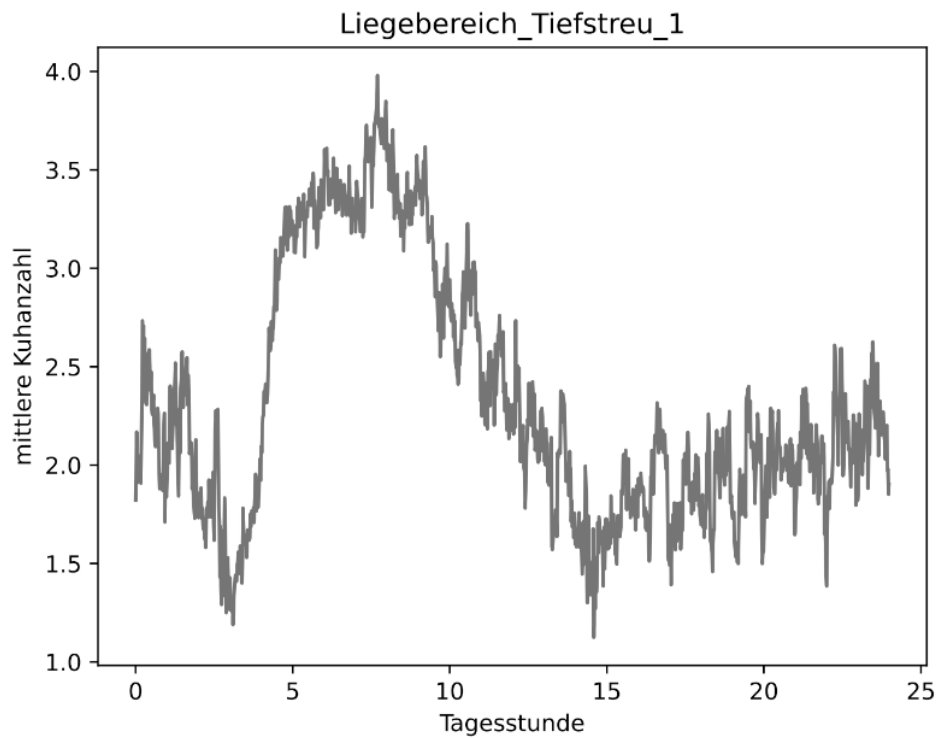


Abbildung 51: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_1 (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 51 geht die mittlere Kuhanzahl gegenüber der Tageszeit im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_1 hervor. Die höchste Aktivität von einer mittleren Kuhanzahl von bis zu vier Kühen ist von sieben bis 11 Uhr zu bemerken. Zu den übrigen Zeiten beläuft sich die mittlere Kuhanzahl von einer bis drei Kühe in dem Bereich.

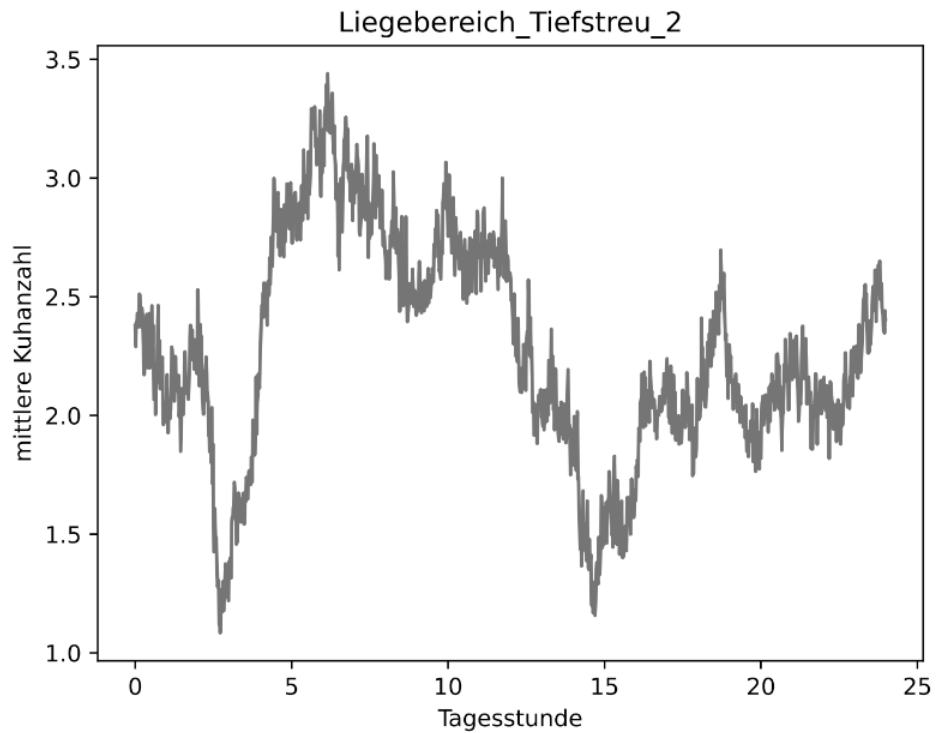


Abbildung 52: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_2 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 52 zeigt die mittlere Kuhaktivität zur Tageszeit. Im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_2 ist die höchste mittlere Kuhanzahl von bis zu 3,5 Kühen in der Zeit von 7 bis 13 Uhr zu erkennen. Zu den übrigen Zeiten beläuft sich die mittlere Kuhanzahl von einer bis drei Kühe.

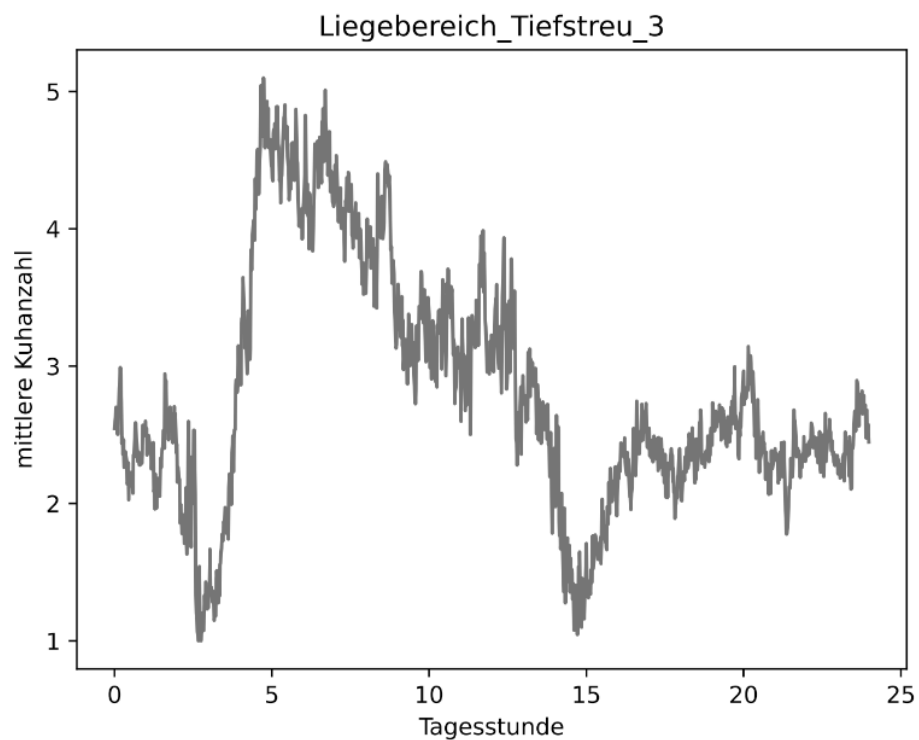


Abbildung 53: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_3 (Möller, M., 2022)

Die mittlere Kuhanzahl zur Tageszeit vom Bereich Liegebereich_Tiefstreu_3 ist in der Abbildung 53 zu sehen. In der Zeit von 7 bis 12 Uhr ist die höchste mittlere Kuhanzahl von bis zu fünf Kühen zu erkennen. In der übrigen Zeit wird eine mittlere Kuhanzahl von einer bis vier Kühe erfasst.

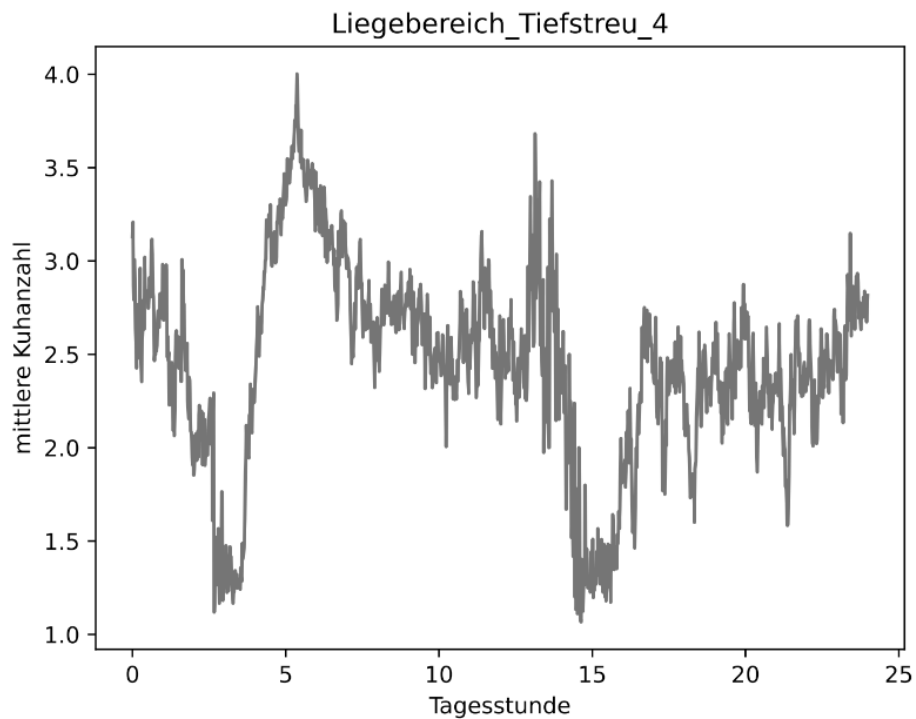


Abbildung 54: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_4 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 54 spiegelt die mittlere Kuhanzahl zur Tageszeit im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_4 wider. Eine hohe mittlere Kuhanzahl von 3,5 bis 4 Kühen ist um 7 Uhr und um 16 Uhr zu erkennen. Die Aktivität ist in dem Bereich sehr stark. Zu den übrigen Zeiten beläuft sich die mittlere Anzahl der Kühe von einer bis drei.

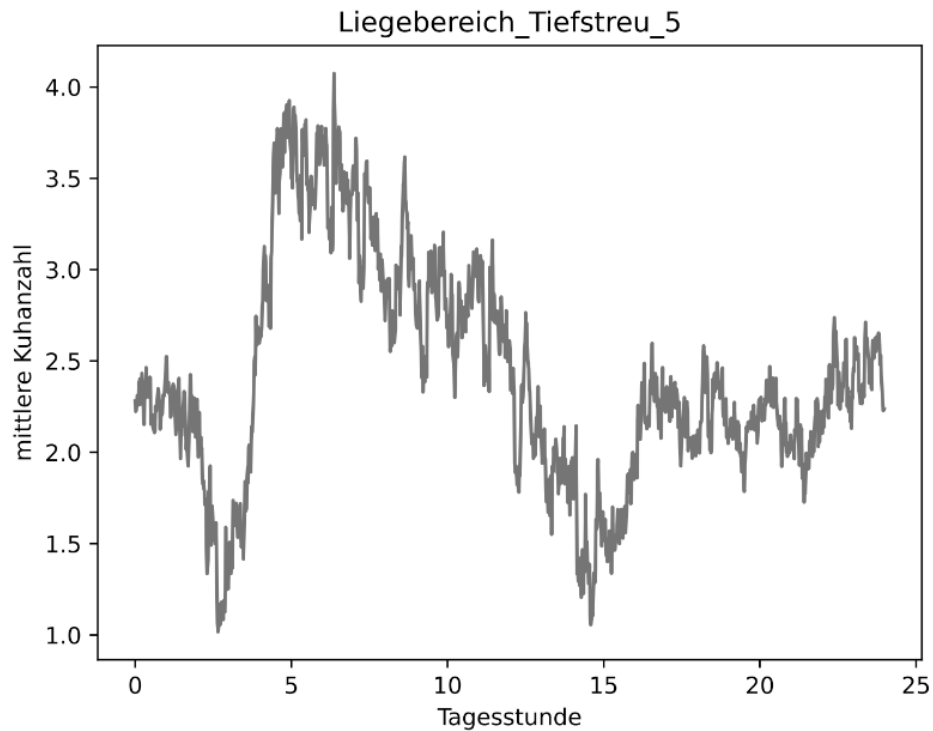


Abbildung 55: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Liegebereich_Tiefstreu_5 (Möller, M., 2022)

Die Datenerhebungen aus den Aufzeichnungen des Bereichs Liegebereich_Tiefstreu_5 haben ergeben, dass sich die höchste mittlere Kuhanzahl in der Zeit von 7 Uhr bis 12 Uhr in dem Bereich aufhält. Zu den anderen Zeiten sind Anzahlen von einer bis zu drei Kühen zu verzeichnen.

4.3.3. Außenbereich

In Außenbereich des Betriebes Havellandhof Ribbeck wurde eine Kamera installiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit.

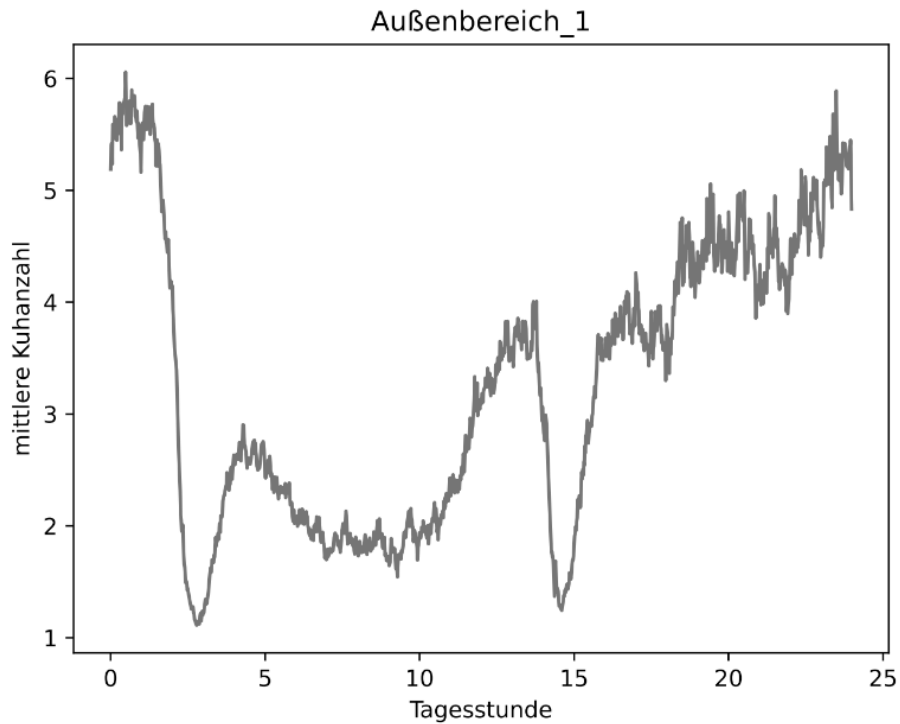


Abbildung 56: Darstellung der mittleren Kuhanzahl am Außenbereich_1 (Möller, M., 2022)

Im Außenbereich_1 ist ab 18 Uhr bis 4 Uhr eine steigende mittlere Kuhanzahl auf bis zu 6 Kühe zu erkennen, dies geht aus der Abbildung 56 hervor. Dem hingegen sinkt die Kuhanzahl um 5 und 17 Uhr bis auf eine Kuh. Im restlichen Verlauf sind zwischen zwei und vier Kühe in dem Bereich.

4.4. Verhaltensanalyse der Milchkühe des Betriebes Havellandhof Ribbeck

4.4.1. Korrelation der Kameras am Futtertisch

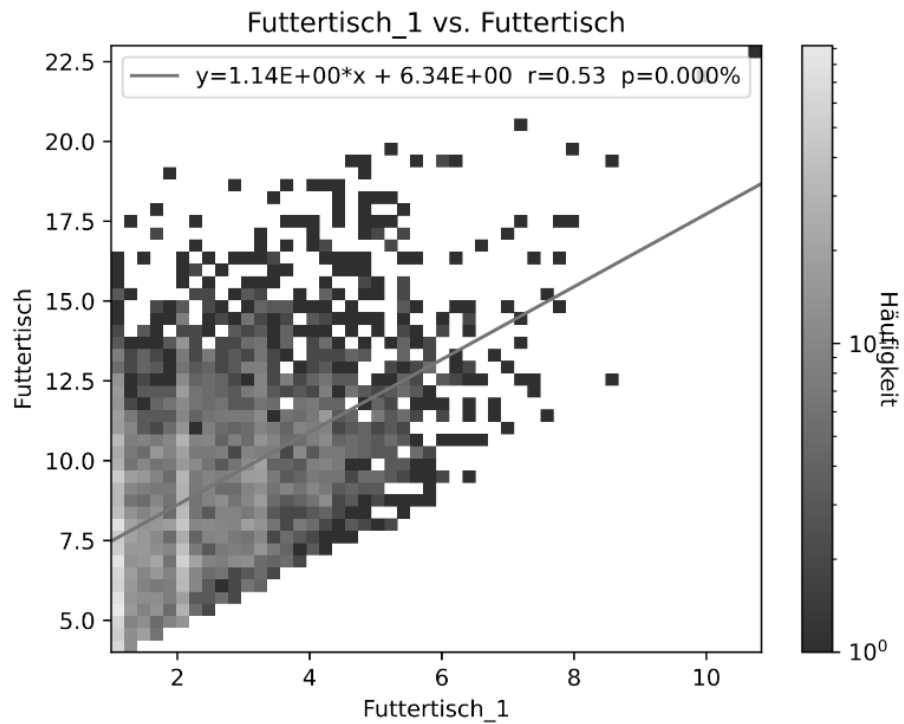


Abbildung 57: Korrelation Futtertisch_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 57 zeigt die Korrelation zwischen dem Futtertisch_1 und dem gesamten Futtertisch. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r = 0,53$). Es kommt häufig vor, dass eine bis fünf Kühe am Futtertisch_1 und eine bis 12 Kühe am gesamten Futtertisch sind.

Tabelle 25: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 57 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
8,62	2	2,16
9,76	3	2,44
10,9	4	2,73
12,04	5	3,01
13,18	6	3,30
14,32	7	3,58
15,46	8	3,87
16,6	9	4,15
17,74	10	4,44
18,88	11	4,72
20,02	12	5,01
21,16	13	5,29
22,3	14	5,58
23,44	15	5,86

Aus der Tabelle 25 ist ersichtlich, dass wenn man die Summe aller Kameras am Futtertisch betrachtet, dieser Bereich dem Futtertisch_1 gegenüber bevorzugt wird. Betrachte man die Kuhanzahl je Kamera am Futtertisch, wird der Futtertisch_1 bevorzugt.

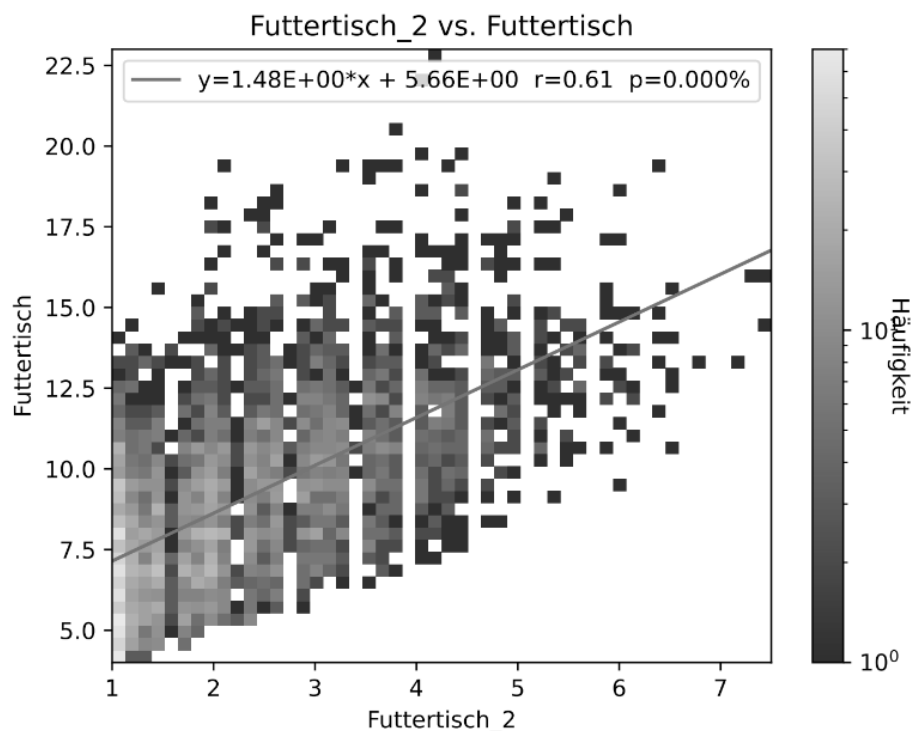


Abbildung 58: Korrelation Futtertisch_2 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 58 geht die Korrelation zwischen dem Futtertisch_2 und dem gesamten Futtertisch hervor. Aus dem Histogramm geht eine gute Korrelation der Bereiche ($r = 0,61$) hervor. Die Häufigkeit ergibt, dass sich eine bis drei Kühe am Futtertisch_2 und eine bis elf Kühe am Futtertisch aufhalten.

Tabelle 26: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 58 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
8,62	2	2,16
10,1	3	2,53
11,58	4	2,90
13,06	5	3,27
14,54	6	3,64
16,02	7	4,01
17,5	8	4,38
18,98	9	4,75
20,46	10	5,12
21,94	11	5,49
23,42	12	5,86
24,9	13	6,23
26,38	14	6,60
27,86	15	6,97

Die Tabelle 26 zeigt, dass ab einer Kuhanzahl von mehr als zwei Kühe (bei Kuhanzahl je Kamera) der Futtertisch_2 von den Tieren präferiert wird. Betrachtet man die Summe der Kameras am Futtertisch wird dieser Bereich dem Futtertisch_2 gegenüber bevorzugt.

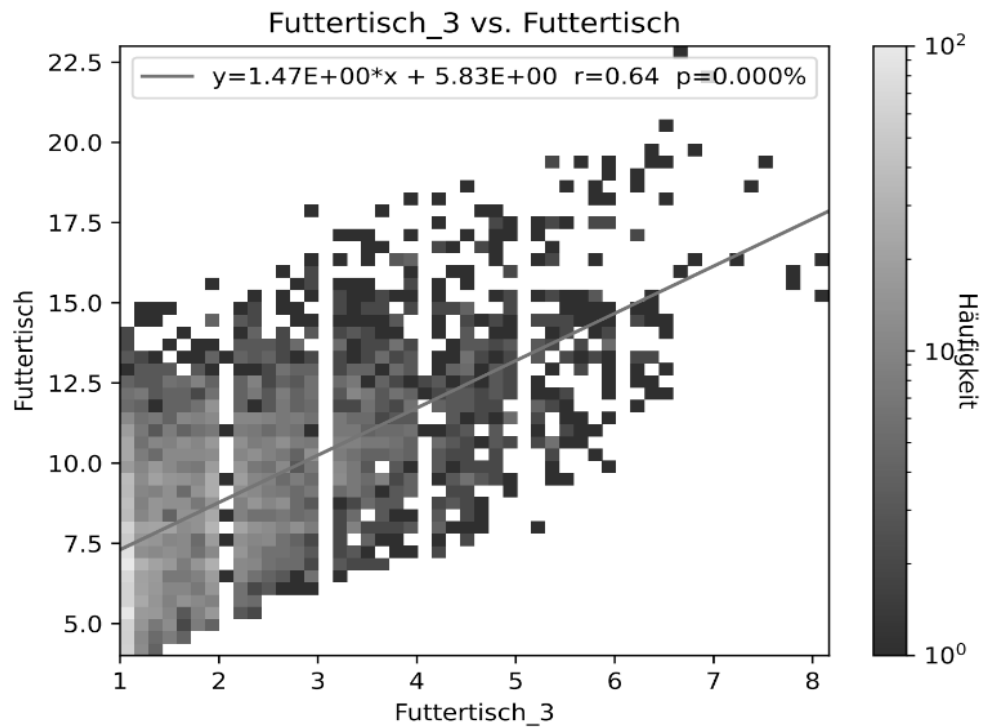


Abbildung 59: Korrelation Futttertisch_3 und Futttertisch (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 59 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Bereich Futttertisch_3 und dem gesamten Futttertisch. Die Korrelation der Bereiche ist gut ($r=0,64$).

Tabelle 27: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 59 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
8,77	2	2,19
10,24	3	2,56
11,71	4	2,93
13,18	5	3,30
14,65	6	3,66
16,12	7	4,03
17,59	8	4,40
19,06	9	4,77
20,53	10	5,13
22	11	5,50
23,47	12	5,87
24,94	13	6,24
26,41	14	6,60
27,88	15	6,97

Die Tabelle 27 veranschaulicht, dass ab einer Kuhanzahl von über zwei Kühen der Futttertisch_3 gegenüber dem Futttertisch auf eine Kamera bezogen bevorzugt wird.

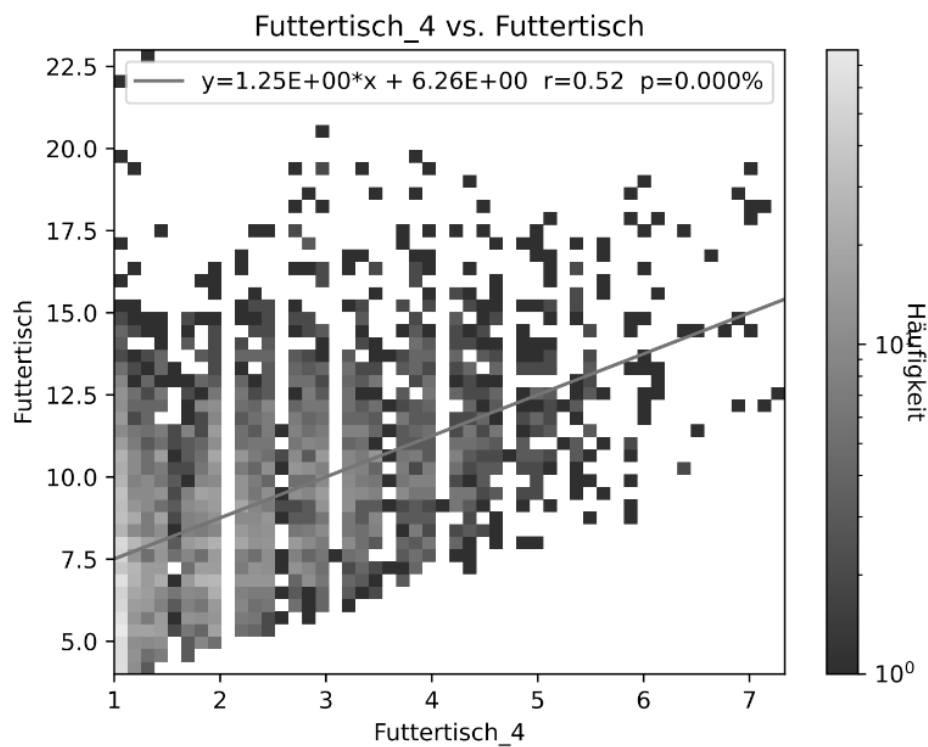


Abbildung 60: Korrelation Futtertisch_4 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

In der Abbildung 60 ist die Korrelation Futtertisch_4 und dem Futtertisch dargestellt. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r = 52$). Es kommt häufig vor, dass eine bis drei Kühe am Futtertisch_4 sind und eine bis zwölf am Futtertisch.

Tabelle 28: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 60 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
8,76	2	2,19
10,01	3	2,50
11,26	4	2,82
12,51	5	3,13
13,76	6	3,44
15,01	7	3,75
16,26	8	4,07
17,51	9	4,38
18,76	10	4,69
20,01	11	5,00
21,26	12	5,32
22,51	13	5,63
23,76	14	5,94
25,01	15	6,25

Die Tabelle 28 zeigt auch hier, dass der Futtertisch_4 von den Kühen bevorzugt wird, wenn der gesamte Bereich vom Futtertisch auf eine Kamera bezogen wird. Sonst wird der Bereich Futtertisch bevorzugt.

4.4.2. Korrelation der Kameras im Liegebereich

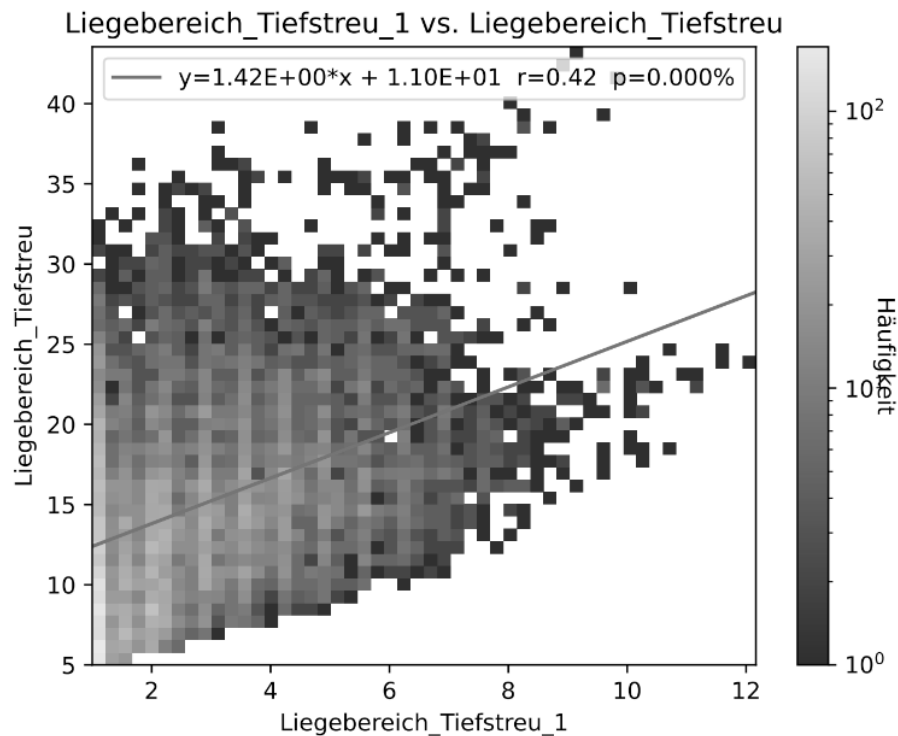


Abbildung 61: Liegebereich_Tiefstreu_1 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)

Die Korrelation zwischen dem Liegebereich_Tiefstreu_1 und Liegebereich_Tiefstreu wird in der Abbildung 61 dargestellt. Die Variablen korrelieren relativ gering miteinander ($r = 0,42$). Eine geringe Korrelation kann zustande kommen, wenn die Kühe in andere Bereiche wechseln, die von den Kameras nicht erfasst werden. Es kommt häufig vor, dass eine bis fünf Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_1 und eine bis 22 im gesamten Liegebereich_Tiefstreu sind.

Tabelle 29: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 61 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
13,84	2	2,77
15,26	3	3,05
16,68	4	3,34
18,1	5	3,62
19,52	6	3,90
20,94	7	4,19
22,36	8	4,47
23,78	9	4,76
25,2	10	5,04
26,62	11	5,32
28,04	12	5,61
29,46	13	5,89
30,88	14	6,18
32,3	15	6,46

Aus der Tabelle 29 geht hervor, dass die Kühe zwar den Bereich Liegebereich_Tiefstreu bevorzugen gegenüber dem Bereich Liegebereich_Tiefstreu_1, bezieht jedoch das auf eine Kamera des Liegebereichs_Tiefstreu, wird ab einer Anzahl von mehr als drei Kühen der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_1 bevorzugt.

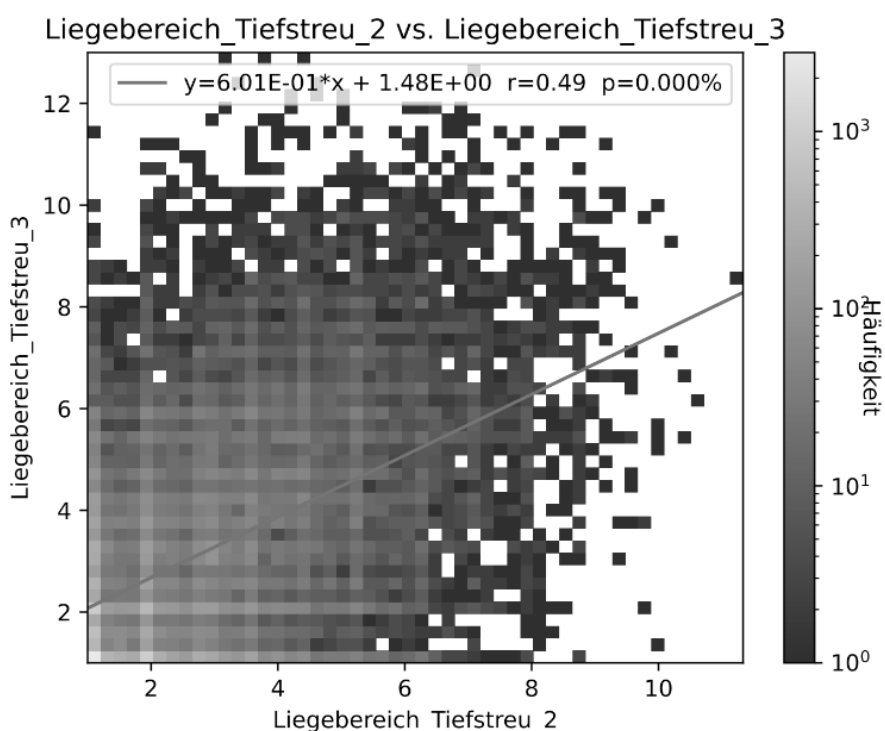


Abbildung 62: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu_3 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 62 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Liegebereich_Tiefstreu_2 und dem Liegebereich_Tiefstreu_3. Die Korrelation der Bereiche ist gut ($r=0,49$). Es kommt häufig vor, dass sich eine bis fünf Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_2 und eine bis sieben Kühe sich im Liegebereich_Tiefstreu_3 aufhalten.

Tabelle 30: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 62 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,68	2
3,28	3
3,88	4
4,49	5
5,09	6
5,69	7
6,29	8
6,89	9
7,49	10
8,09	11
8,69	12
9,29	13
9,89	14
10,50	15

Durch die Tabelle 30 wird ersichtlich, dass die Kühe den Bereich Liegebereich_Tiefstreu_2 ab einer Kuhanzahl von über drei Kühen bevorzugen. Der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_3 wird bis zu einer Anzahl von 3 Kühen bevorzugt.

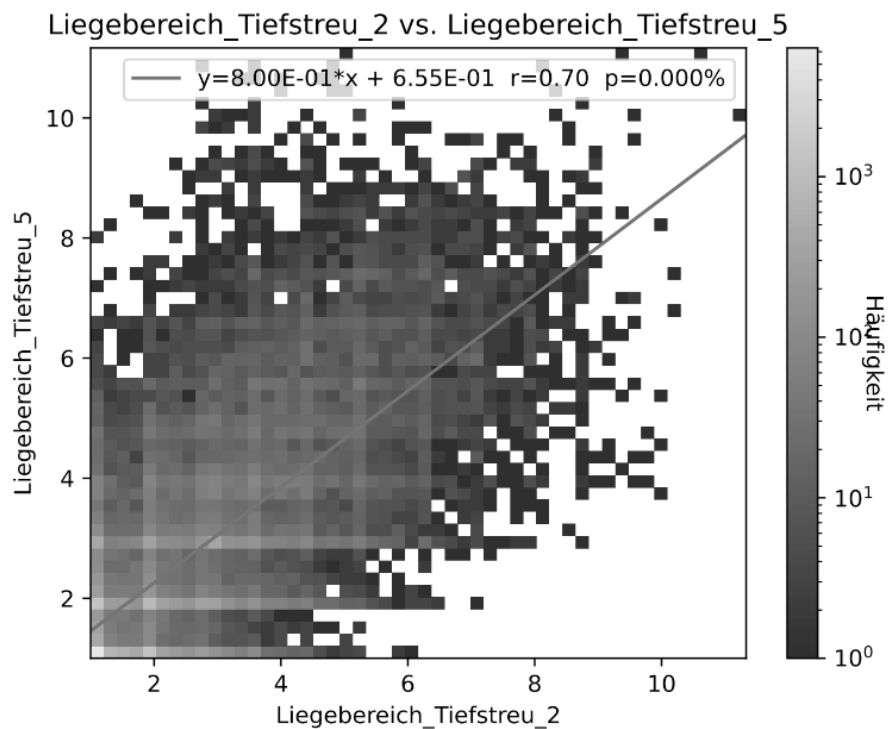


Abbildung 63: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu_5 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 63 zeigt die Korrelation zwischen dem Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu_5. Die Bereiche korrelieren sehr gut miteinander ($r = 70$). Häufig kommt es vor, dass eine bis vier Kühe im Liegebereich_Tiefstreu_2 und eine bis drei Kühe im Liegebereich_Tiefstreu_5 aufhalten.

Tabelle 31: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 63 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,26	2
3,06	3
3,86	4
4,66	5
5,46	6
6,26	7
7,06	8
7,86	9
8,66	10
9,46	11
10,26	12
11,06	13
11,86	14
12,66	15

Aus der Tabelle 31 geht hervor, dass die Kühe den Bereich Liegebereich_Tiefstreu_2 ab einer Kuhanzahl von über drei Kühen dem Bereich Liegebereich_Tiefstreu_5 vorziehen. Bis zu einer Anzahl von drei Kühen wird der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_5 bevorzugt.

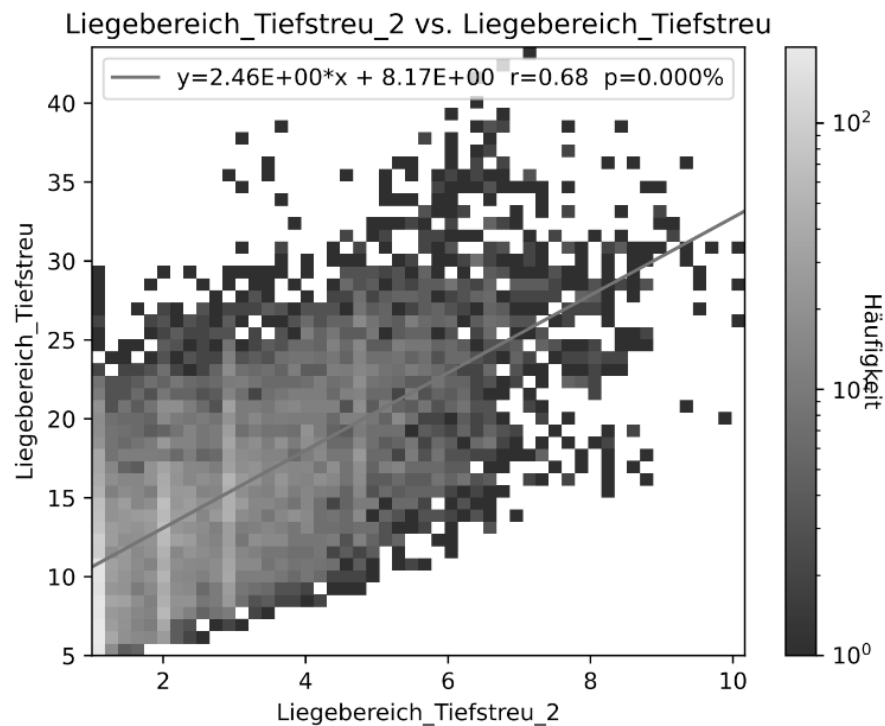


Abbildung 64: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)

Die obige Abbildung 64 zeigt die Korrelation zwischen Liegebereich_Tiefstreu_2 und Liegebereich_Tiefstreu. Die Variablen korrelieren gut ($r = 0,68$). Es kommt häufig vor, dass sich eine bis fünf Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_2 und eine bis 25 im Liegebereich_Tiefstreu aufhalten. Bis zu einer Kuhanzahl von drei, wird der Bereich Liegebereich_Tiefstreu auf eine Kamera bezogen von den Kühen bevorzugt.

Tabelle 32: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 64 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
13,09	2	2,62
15,55	3	3,11
18,01	4	3,60
20,47	5	4,09
22,93	6	4,59
25,39	7	5,08
27,85	8	5,57
30,31	9	6,06
32,77	10	6,55
35,23	11	7,05
37,69	12	7,54
40,15	13	8,03
42,61	14	8,52
45,07	15	9,01

Ab über drei Kühen, wird der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_2 bevorzugt. Betrachtet man die Summe der Kameras im Liegebereich_Tiefstreu, wird dieser Bereich präferiert (siehe Tabelle 32).

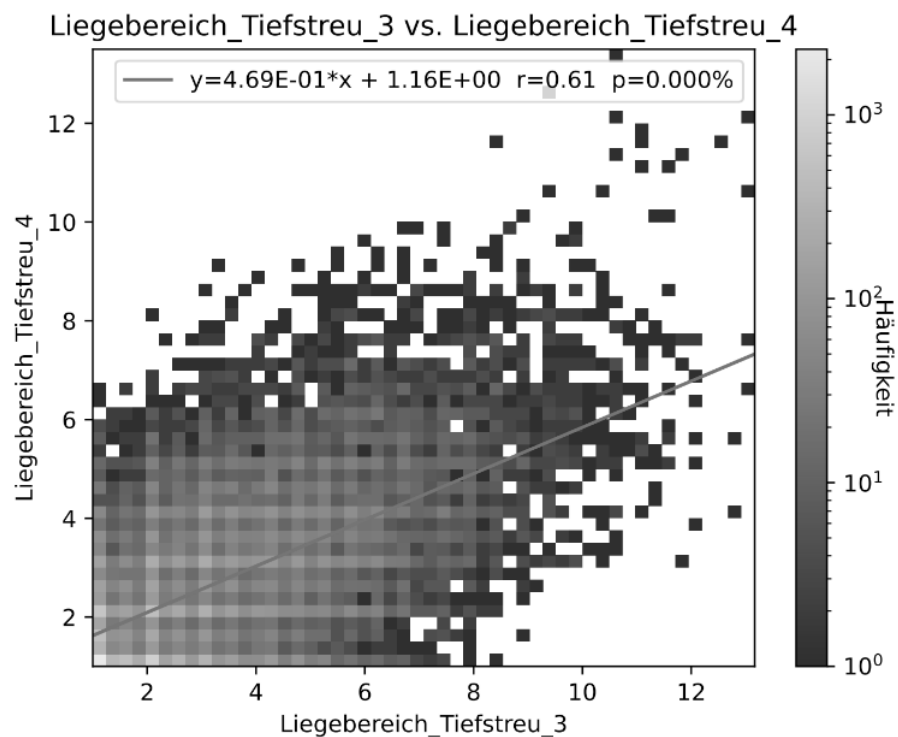


Abbildung 65: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu_4 (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 65 zeigt die Korrelation zwischen Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu_4. Die Bereiche korrelieren gut miteinander ($r = 0,61$). Die Häufigkeit besagt, dass eine bis sieben Kühe im Liegebereich_Tiefstreu_3 und eine bis fünf im Liegebereich_Tiefstreu_4 sich aufhalten.

Tabelle 33: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 65 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,10	2
2,57	3
3,04	4
3,51	5
3,97	6
4,44	7
4,91	8
5,38	9
5,85	10
6,32	11
6,79	12
7,26	13
7,73	14
8,20	15

Die Tabelle 33 belegt, dass ab einer Anzahl von über zwei Kühe der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_3 bevorzugt wird, sonst der Liegebereich_Tiefstreu_4.

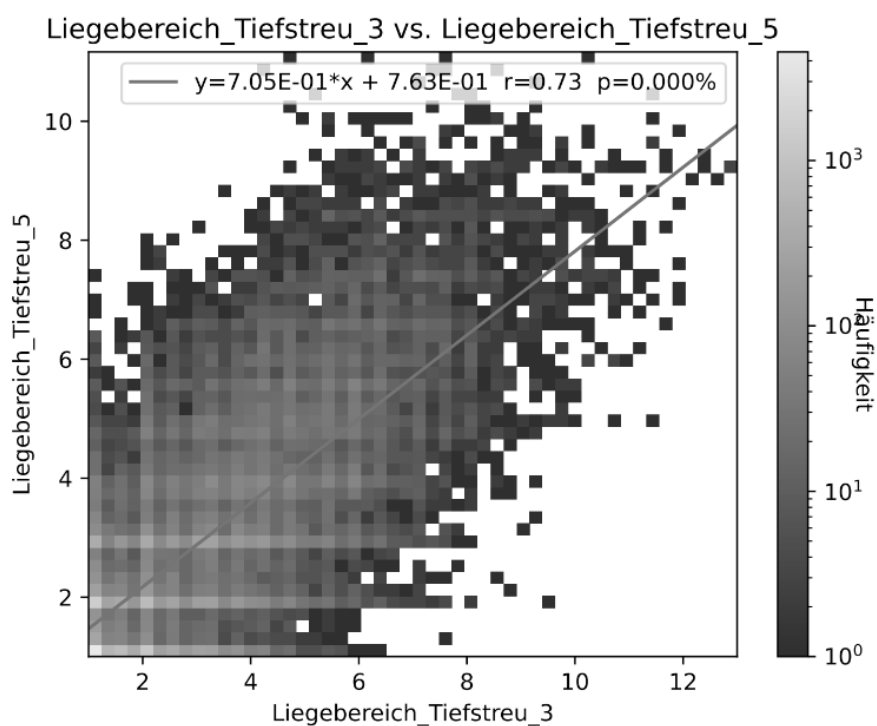


Abbildung 66: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu_5 (Möller, M., 2022)

Die Korrelation zwischen Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu_5 ist sehr gut ($r = 0,73$) und wird in der Abbildung 66 dargestellt. Es ist häufig, dass eine bis sieben Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_3 und eine bis sieben Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_5 sind.

Tabelle 34: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 66 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
2,17	2
2,88	3
3,58	4
4,29	5
4,99	6
5,70	7
6,40	8
7,11	9
7,81	10
8,52	11
9,22	12
9,93	13
10,63	14
11,34	15

Aus der Tabelle 34 geht hervor, dass ab einer Kuhanzahl von zwei Liegebereich_Tiefstreu_3 bevorzugt wird.

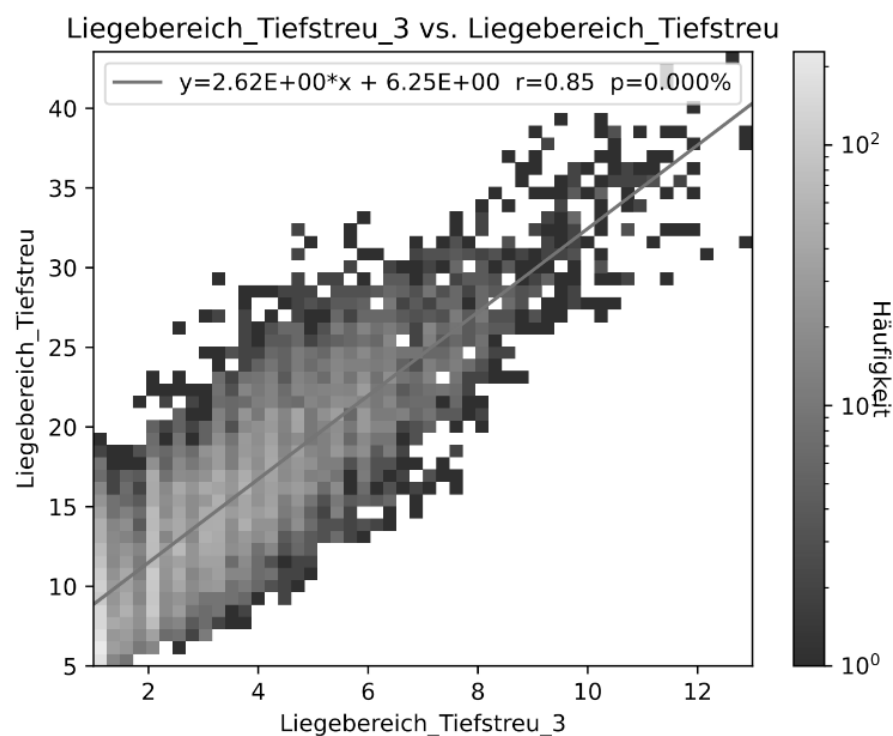


Abbildung 67: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 67 zeigt die Korrelation zwischen den Variablen Liegebereich_Tiefstreu_3 und Liegebereich_Tiefstreu, der Zusammenhang ist sehr gut ersichtlich ($r= 0,85$). Es kommt häufig vor, dass eine bis acht Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_3 und eine bis 25 Kühe sich im Bereich Liegebereich_Tiefstreu aufhalten.

Tabelle 35: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 67 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
11,49	2	2,30
14,11	3	2,82
16,73	4	3,35
19,35	5	3,87
21,97	6	4,39
24,59	7	4,92
27,21	8	5,44
29,83	9	5,97
32,45	10	6,49
35,07	11	7,01
37,69	12	7,54
40,31	13	8,06
42,93	14	8,59
45,55	15	9,11

Ab einer Kuhanzahl von über zwei wird Liegebereich_Tiefstreu_3 gegenüber Liegebereich_Tiefstreu je Kamera bevorzugt, geht aus der Tabelle 35 hervor.

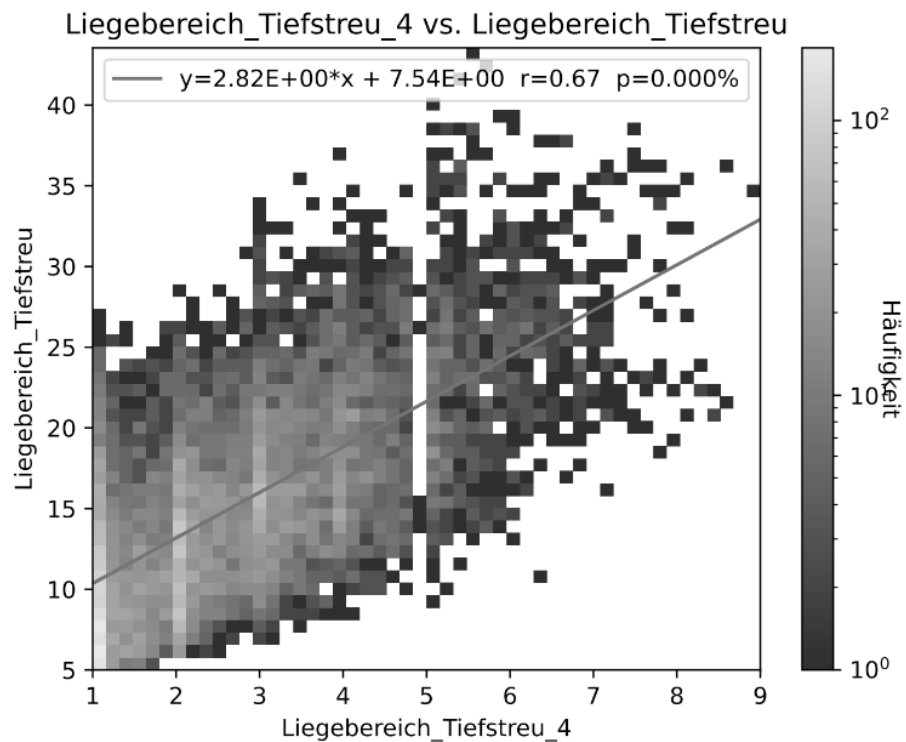


Abbildung 68: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_4 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)

Aus der Abbildung 68 geht die Korrelation zwischen Liegebereich_Tiefstreu_5 und Liegebereich_Tiefstreu hervor. Die Variablen korrelieren gut miteinander ($r = 0,67$). Die Häufigkeit spiegelt wider, eine bis fünf Kühe halten sich im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_4 und eine bis 25 Kühe halten sich im Bereich Liegebereich_Tiefstreu auf.

Tabelle 36: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 68 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
13,18	2	2,64
16,00	3	3,20
18,82	4	3,76
21,64	5	4,33
24,46	6	4,89
27,28	7	5,46
30,10	8	6,02
32,92	9	6,58
35,74	10	7,15
38,56	11	7,71
41,38	12	8,28
44,20	13	8,84
47,02	14	9,40
49,84	15	9,97

Aus der Tabelle 36 ist ersichtlich, dass zwar in der Summe aller Kameras der Bereich Liegebereich_Tiefstreu bevorzugt wird und bis zu einer Anzahl von drei Kühen auch je Kamera. Allerdings wird der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_4 ab einer Kuhanzahl von über drei Kühen bevorzugt gegenüber Liegebereich_Tiefstreu auf eine Kamera bezogen.

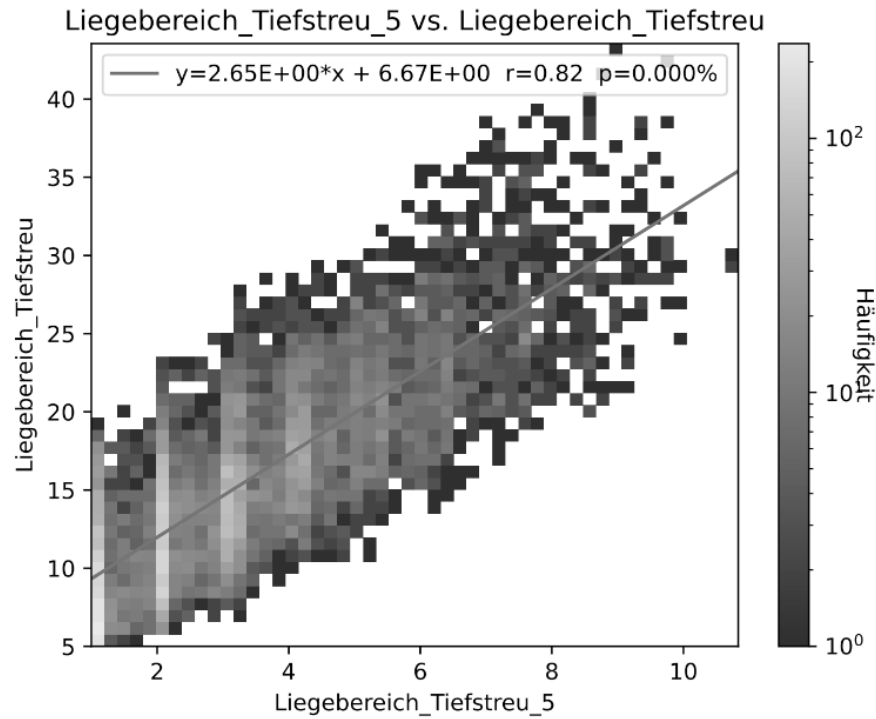


Abbildung 69: Korrelation Liegebereich_Tiefstreu_5 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 69 spiegelt die Korrelation vom Liegebereich_Tiefstreu_5 und Liegebereich_Tiefstreu wider, letzteres beinhaltet die Summe aller Kameras in dem Bereich. Die Variablen korrelieren ausgezeichnet miteinander ($r=0,82$). Es kommt häufig vor, dass eine bis fünf Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu_5 und fünf bis 22 Kühe im Bereich Liegebereich_Tiefstreu sind.

Tabelle 37: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 69 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
11,97	2	2,39
14,62	3	2,92
17,27	4	3,45
19,92	5	3,98
22,57	6	4,51
25,22	7	5,04
27,87	8	5,57
30,52	9	6,10
33,17	10	6,63
35,82	11	7,16
38,47	12	7,69
41,12	13	8,22
43,77	14	8,75
46,42	15	9,28

Die Tabelle 37 zeigt, dass der Liegebereich_Tiefstreu in der Summe aller Kameras dem Bereich Liegebereich_Tiefstreu_5 bevorzugt wird. Betrachtet man den Liegebereich_Tiefstreu je Kamera wird ab einer Anzahl von mehr als zwei Kühen der Bereich Liegebereich_Tiefstreu_5 bevorzugt.

4.4.3. Korrelation der Kamera im Außenbereich

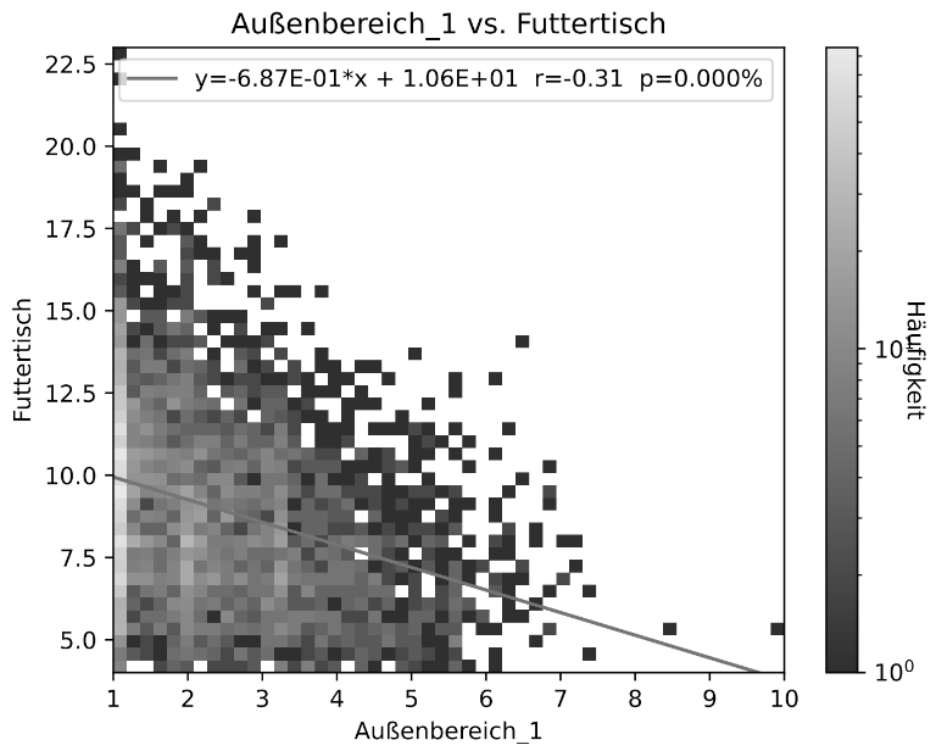


Abbildung 70: Korrelation Außenbereich_1 und Futtertisch (Möller, M., 2022)

Die Abbildung 70 veranschaulicht die Korrelation des Futtertisches und des Außenbereichs_1. Die Besonderheit in diesen Bereichen ist die negative Korrelation, nimmt die Kuhanzahl in dem einen Bereich zu, so nimmt sie in dem anderen Bereich ab ($r = -0,31$). Es kommt häufig vor, dass sich eine bis drei Kühe im Außenbereich_1 befinden und fünf bis 13 am Futtertisch.

Tabelle 38: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 70 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
9,23	2	2,31
8,54	3	2,13
7,85	4	1,96
7,17	5	1,79
6,48	6	1,62
5,79	7	1,45
5,10	8	1,28
4,42	9	1,10
3,73	10	0,93
3,04	11	0,76
2,36	12	0,59
1,67	13	0,42
0,98	14	0,25
0,29	15	0,07

Aus der Tabelle 38 geht hervor, ab einer Kuhanzahl von zwei Kühen, wird der Außenbereich_1 gegenüber dem Futtertisch je Kamera bevorzugt, sonst wird der Futtertisch dem Außenbereich_1 gegenüber vorgezogen. Auch hier ist die negative Korrelation erkennbar, steigt die Kuhanzahl im Außenbereich_1 (x-Werte), fällt die Anzahl der Kühe am Futtertisch (y-Werte).

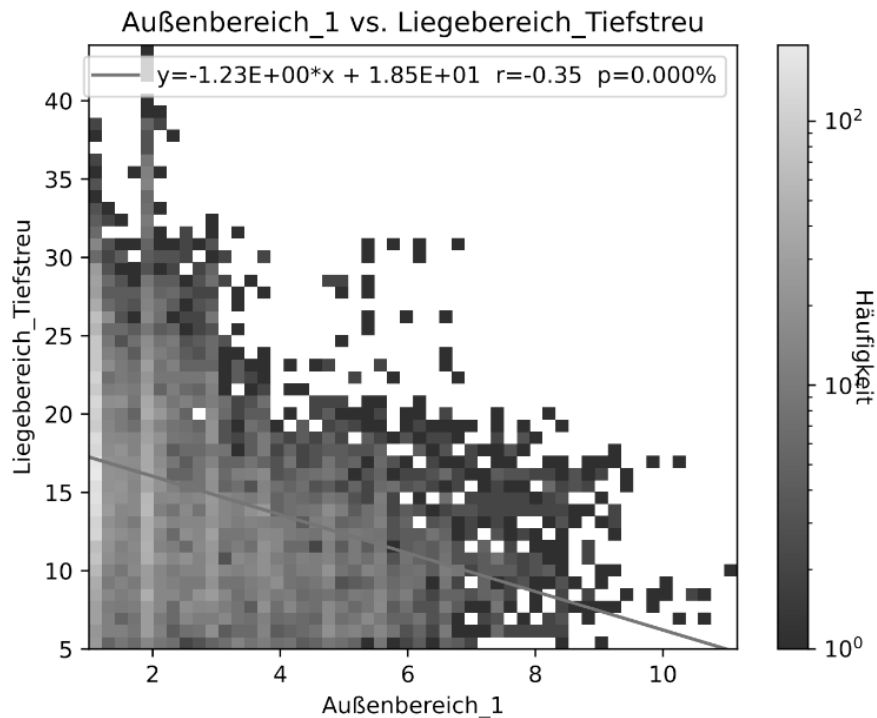


Abbildung 71: Korrelation Außenbereich_1 und Liegebereich_Tiefstreu (Möller, M., 2022)

Auch aus der Abbildung 71 geht eine negative Korrelation ($r = -0,35$) zwischen den Bereichen Außenbereich_1 und der Summe aller Kameras im Liegebereich_Tiefstreu hervor. Die Häufigkeit zeigt, dass es oft vorkommt, dass sich sechs bis eine Kuh im Außenbereich_1 befinden und 30 bis fünf Kühe im Liegebereich_Tiefstreu (negative Korrelation = nimmt Anzahl in einem Bereich zu, nimmt die Anzahl der Kühe in einem anderen Bereich ab).

Tabelle 39: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 71 (eigene Darstellung, 2022)

y	x	Kuhanzahl je Kamera
16,04	2	3,21
14,81	3	2,96
13,58	4	2,72
12,35	5	2,47
11,12	6	2,22
9,89	7	1,98
8,66	8	1,73
7,43	9	1,49
6,20	10	1,24
4,97	11	0,99
3,74	12	0,75
2,51	13	0,50
1,28	14	0,26
0,05	15	0,01

Die Tabelle 39 zeigt, dass der Liegebereich_Tiefstreu gegenüber dem Außenbereich_1 bevorzugt wird, solange man die Summe aller Kameras im Liegebereich Tiefstreu betrachtet. Betrachtet man den Liegebereich_Tifstreu je Kamera, so wird ab über einer Anzahl von zwei Kühen der Außenbereich_1 bevorzugt.

5. Diskussion

Die Datenerfassung zur automatisierten Aktivitäts- und Verhaltensanalyse von Milchkühen über einen Zeitraum von 90 Tagen erfolgte in zwei vergleichbaren Milchviehställen. Die Videoaufnahmen wurden in den Bereichen Liegen, Futter, Bewegungsbereich und Außenbereich durchgeführt. Eine Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte durch die Firma VetVise. Um die Daten analysieren zu können, wurde ein bereits vorhandenes System, dass bereits im Schweine- und Geflügelbereich eingesetzt wurde, umgeschrieben.

5.1. Futterbereich

Der Wiederkäuer ist aufgrund seiner Vormagenbiologie auf eine kontinuierliche Nahrungsaufnahme angewiesen. Fress- und Wiederkauphasen werden deshalb über den Tag gleichmäßig verteilt und teilweise auch während der Nacht eingeschoben. Je nach Futterart und Qualität sowie individuellen Tiereigenschaften beträgt die Fressdauer bei Weidegang im Mittel zwischen 8 und 10 Stunden täglich. Bei Stallhaltung ist sie infolge der höheren Energiedichte des Futters und seiner besseren Erreichbarkeit häufig erheblich kürzer. Um den Herdenmitgliedern entsprechend ihrem arteigenen Verhalten eine weitgehend gleichzeitige Futteraufnahme zu ermöglichen, müssen genügend Fressplätze vorhanden sein. Andernfalls werden rangniedere Tiere immer wieder vertrieben und können nicht ausreichend Futter aufnehmen (BAUMGARTE et. al., 2007).

Im Futterbereich des Betriebes Natura Agrar GmbH wurden insgesamt drei Kameras im Fütterungsbereich installiert. Die Abbildungen 15 bis 17 geben Aufschluss über die Aktivität der Kühe in dem Bereich der jeweiligen Kamera. Demnach wird der Futterbereich bei dem Betrieb Natura Agrar GmbH in der Zeit von 2 bis 3 Uhr und von 13 bis 16 Uhr am meisten besucht. Diese Erkenntnisse decken sich auch mit den Aussagen der Betriebsleiter und der Herdenmanagerin. Bevor die Kühe gemolken werden, werden sie gefüttert. Außerdem wird jeweils vor und nach dem Melkvorgang das Futter beigeschoben. Auch geht die Anzahl der Kühe, die in diesem Bereich gehalten werden, durch die Diagramme hervor. Über die Zeit der Datenerfassung wurden zwischen 24 und 26 Milchkühe in dem Bereich gehalten. Auch diese Beobachtung stimmt mit den Aussagen der Herdenmanagerin überein, laut deren Aussage waren in dem Zeitraum von 90 Tagen 24 bis 26 Kühe vorhanden.

Betrachtet man die Korrelationshistogramme, so wird ersichtlich, dass bei höheren Kuhanzahlen der Futtertisch_1 gegenüber den Bereichen Futtertisch_2 und Futtertisch_3 bevorzugt wird. Die Tabellen 1 bis 3 spiegeln die Kuhanzahlen wieder, welche ausschlaggebend sind für die Wahl des Futtertischbereiches. Bei einer niedrigen Anzahl von Kühen werden eher die anderen Bereiche von den Tieren genutzt. Bei der Wahl des

Fressplatzes kann die Luftversorgung eine ausschlaggebende Rolle spielen. Durch Deutung von Signalen, die von den Kühen ausgehen, hat man herausgefunden, dass Kühe bevorzugt einen Fressplatz aufsuchen, wo eine hohe Luftzirkulation vorhanden ist. Dies können z.B. Randplätze an Stalleingängen sein. Kühe sind Herdentiere und nehmen somit ihre Nahrung gern gemeinsam mit der Herde auf, umso wichtiger ist es, dass pro Kuh ein Futterplatz in ausreichender Größe vorhanden ist (Kusignaltrainerschein, 2022).

Die Abbildungen 25 und 26 veranschaulichen die Korrelation zwischen dem Futterbereich und dem Liegebereich. Aus den Tabellen 3 und 4 geht hervor, dass ab einer höheren Anzahl von Kühen der Futtertisch_1 dem Liegebereich_1 und 2 vorgezogen wird. Eine Erklärung dafür lässt sich durch eine genaue Betrachtung des Stallplans genauer finden. In diesem Bereich stehen die Kühe vor dem Melkvorgang.. Ähnlich ist es mit der Abbildung 27, wo der Zusammenhang zwischen dem Futtertisch_1 und dem Bewegungsbereich_1 dargestellt wird. Auch die anderen Futterbereiche werden doppelt genutzt, einmal als Fressbereich und als Vorwartehof zum Melken.

Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck, wurden insgesamt vier Kameras zur Datenerfassung im Bereich des Futtertisches installiert. Die Abbildungen 47 bis 50 veranschaulichen die Aktivität der Kühe in dem Bereich der jeweiligen Kamera. In allen Bereichen ist eine hohe Aktivität in der Zeit von 5 bis 7 Uhr und von 17 bis 18 Uhr zu erkennen. Eine abweichende Aktivität zu den anderen Bereichen ist im Bereich Futtertisch_4 zu ersehen (siehe Abbildung 50). Hier ist die höchste Aktivität von 4 bis 6 Uhr, von 7 bis 12 Uhr und von 17 bis 18 Uhr zu ersehen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die Kühe durch diesen Bereich zum Melken getrieben werden. Außerdem wird auch hier mehrmals am Tag das Futter wieder bei geschoben.



Abbildung 72: Kamerabereich Futtertisch_4 (Schmidt Mosig, J., 2021)

Aus der Abbildung 72 ist ersichtlich, dass das Sichtfeld der Kamera auch einen Teil des Liegebereichs mit einbezieht.

Die Darstellung der Korrelation in den Histogrammen der Abbildungen 57 bis 60 zeigen, dass die Kuhverteilung am Futtertisch sehr regelmäßig ist. Auch aus den Tabellen 25 bis 28 ist ersichtlich, dass die Bevorzugung der Bereiche auf die Kuhanzahl sehr gleichmäßig ist.

Vergleicht man die Datenerhebungen der beiden Betriebe untereinander im Bereich des Futtertisches, so wird deutlich, dass eine höhere Aktivität im Tagesverlauf beim Havellandhof Ribbeck am Futtertisch zu bemerken ist.

5.2. Liegebereich

Nach der Futteraufnahme beginnt gewöhnlich das Wiederkauen. Es findet überwiegend im Liegen statt und nimmt täglich ca. 8 bis 10 Stunden in Anspruch. Neben der Futterzerkleinerung dient es auch der Speichelbildung (BAUMGARTE et. al., 2007). Einen entscheidenden Einfluss auf das Wohlbefinden und den Gesundheitsstatus einer Kuh hat die Liegedauer und der Liegekomfort. Ist der Liegekomfort nicht gegeben, verkürzt sich auch die Liegezeit, da die Kühe Schmerzen haben beim Hinlegen sowie beim Aufstehen. Auch die Liegefläche hat Einfluss auf das Liegeverhalten, sie sollte verformbar, sauber und trocken sein. Eine Kuh liegt in mehreren Intervallen 12 bis 14 Stunden täglich. Die Zeit dient zur Erholung der Kauenlederhaut von der Druckbelastung beim Laufen. Somit kann auch das Klauenhorn, die umgebende Haut und die Zwischenklauenhaut abtrocknen, was zu einer höheren Widerstandskraft und zu einer Keimreduzierung führt (EISE, et. al., 2011).

In dem Betrieb Natura Agrar GmbH wurden insgesamt vier Kameras im Liegebereich angebracht. Aus den Abbildungen 18 bis 21 geht hervor, dass die höchste mittlere Kuhanzahl sich in der Zeit von 1 bis 4 Uhr, 13 bis 16 Uhr, von 4 bis 6 Uhr und von 13 bis 1 Uhr in dem Liegebereich aufhält. Insgesamt entsteht dabei eine Liege- und Ruhezeit von mindestens 11 Stunden.

Leider haben die Liegebereiche einen sehr geringen Korrelationskoeffizienten, was bedeutet, dass die Kühe in einen Bereich gewechselt sind, der von den Kameras nicht erfasst wurde. Um aber eine fundierte Aussage über das Liegeverhalten treffen zu können, wird die folgende Abbildung 73 mit bewertet.

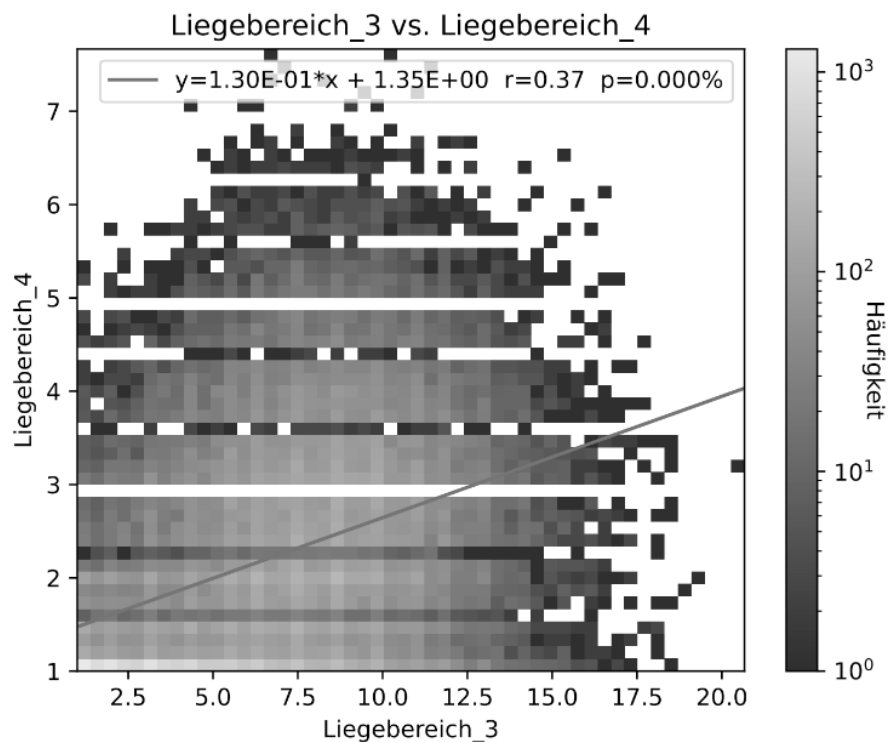


Abbildung 73: Korrelation Liegebereich_3 und Liegebereich_4 (Möller, M. 2022)

Aus der obigen Abbildung 73 geht hervor, dass es häufig vorkommt, dass eine bis 13 Kühe sich in dem Liegebereich_3 befinden und eine bis fünf Kühe sich im Liegebereich_4 aufhalten. Auch die Tabelle 40 belegt, dass der Liegebereich_3 dem Liegebereich_4 vorgezogen wird.

Tabelle 40: Auswertung der Geradengleichung zur Abb. 73 (eigene Darstellung, 2022)

y	x
1,61	2
1,74	3
1,87	4
2	5
2,13	6
2,26	7
2,39	8
2,52	9
2,65	10
2,78	11
2,91	12
3,04	13
3,17	14
3,3	15

Die Abbildung 37 zeigt, dass der Liegebereich_2 dem Liegebereich_1 gegenüber bevorzugt wird. Es kommt häufig vor, dass eine bis 13 Kühe sich im Liegebereich_1 und eine bis 13 sich im Liegebereich_2 befinden. Insgesamt sind jedoch nur bis zu 25 Kühe in dem Bereich. Die Kamera nimmt auch hier einen Teil vom Bewegungsbereich und vom Futtertisch auf, genau dieser Bereich wird als auch als Vorwartehof zum Melken benutzt.

Bei dem Betrieb Havellandhof Ribbeck wurden insgesamt 5 Kameras im Liegebereich installiert. Die höchsten mittlere Kuhanzahlen sind in den Zeiten von 5 bis 16 Uhr und von 18 bis 4 Uhr zu verzeichnen. Nur in zwei Bereichen, Liegebereich_Tiefstreu_1 und 5 halten sich die Kühe nur von 5 bis 12 Uhr auf. Die Kühe haben hier einen regelmäßigen Tagesrhythmus.

Aus der Abbildung 62 und aus der dazugehörigen Tabelle 30 geht hervor, dass die Kühe den Bereich Liegebereich_Tiefstreu_3 gegenüber dem Liegebereich_Tiefstreu_2 ab einer Anzahl von mehr als drei Kühen bevorzugen. Es kommt häufig vor, dass eine bis sechs Kühe sich im Liegebereich_Tiefstreu_2 und eine bis acht Kühe sich im Liegebereich_Tiefstreu_3 befinden.

Die Abbildung 63 mit der Tabelle 31 zeigt, dass die Kühe den Liegebereich_Tiefstreu_2 gegenüber dem Liegebereich_Tiefstreu_5 ab einer Anzahl von mehr als drei Kühen präferieren. Hier kommt es häufig vor, dass eine bis sechs Kühe sich im Liegebereich_Tiefstreu_2 und eine bis sechs Kühe sich im Liegebereich_Tiefstreu_5 aufhalten.

Aus der Tabelle 34 geht hervor, dass die Kühe den Liegebereich_Tiefstreu_3 gegenüber dem Liegebereich_Tiefstreu_4 ab einer Anzahl von mehr als zwei Kühen bevorzugen. Die Abbildung 65 veranschaulicht, dass es häufig vorkommt, dass sich sieben Kühe im Liegebereich_Tiefstreu_3 und 5 Kühe im Liegebereich_Tiefstreu_4 aufhalten.

5.3. Bewegungsbereich

Der Bewegungsbereich, wozu auch Laufgänge und Verkehrsflächen im Kuhstall zählen, ermöglicht es den Kühen, alle Funktionsbereiche, in denen sie sich aufhalten, miteinander zu verbinden. Aus diesem Grund sollten Bewegungsbereiche ausreichend dimensioniert sein und eine für die Rinderklauen günstige Oberfläche aufweisen. Dafür werden die folgenden Anforderungen an die Lauffläche gestellt: Die Ebene sollte trocken, sauber sein und keine Muldenbildung aufweisen, des Weiteren sollte sie frei von Rissen sein und wasserfest, bzw. plangefestigte Böden aufweisen. Ein wichtiger Punkt ist die Rutschfestigkeit, die durch Längsrillen erreicht werden kann (Haidn, B. et al., 2005). Da Kühe die Hälfte des Tages gehend oder stehend verbringen, legen sie Wegstrecken von

drei bis zu sechs Kilometern zurück, dabei spielt auch die Weide- oder Stallhaltung eine entscheidende Rolle (Assheuer, J. et al., 2022)

Im Bewegungsbereich des Betriebes Natura Agrar GmbH ist die höchste Aktivität zwischen 2 und 3 Uhr und zwischen 13 und 16 Uhr (siehe Abbildung 22). Diese Zeiten passen auch zu den Melkzeiten des Betriebes. Die Tabelle 23 zur Abbildung 45 sagt aus, dass ab einer Kuhanzahl von über fünf Kühen der Bewegungsbereich_1 dem Liegebereich auf eine Kamera bezogen bevorzugt wird.

5.4. Außenbereich

Rinder waren ursprünglich Steppentiere, die sich in einer offenen Landschaft und lichten Wäldern aufgehalten haben. Dabei diente das Regenwasser zur Fellpflege und zur Kühlung. Darum ist es am Naturäahsten an einem Stall überdachte und nicht überdachte Außenbereiche zu errichten, wo die Milchkühe sich frei bewegen können (Steinhöfel, I. et al., 2022)

Der Außenbereich_1 wird von den Kühen in der Zeit von 20 bis 3 Uhr besucht, wie die Abbildung 56 zeigt. Dabei sind bis zu 6 Kühe in dem Bereich, zu den übrigen Zeiten ist die Kuhanzahl eher gering und beläuft sich auf zwei bis drei Kühe. Aus der Abbildung 70 und der Tabelle 38 ist ersichtlich, dass die Kühe vom Futtertisch in den Außenbereich_1 wechseln, dies wird durch die negative Korrelation verdeutlicht. Nimmt die Kuhanzahl im Außenbereich_1 zu, so nimmt sie am Futtertisch ab. Auch aus der Abbildung 71 und Tabelle 38 wird ersichtlich, dass die Kühe vom Liegebereich_Tiefstreu in den Außenbereich_1 wechseln.

5.5. Vergleich der Verhaltens- und aktivitätsbezogenen Sensoren mit der Analyse durch Videokameras

In der Milchviehhaltung ist auf der Basis von Livestock Farming Transpondern ein hoher Automatisierungsgrad erreicht. Die Algorithmen zur Auswertung der Messwerte sind weit entwickelt. Wünschenswert wären weitere Sensoren zur Erfassung physiologischer Zustände und höherer Korrelationen bzw. treffsicherer Algorithmen zur Interpretation der Messwerte (JUNGBLUTH, T., 2017).

Es gibt oft Probleme mit dem Arbeitskräftemangel, der Betriebsrentabilität und des Futtermanagements, während gleichzeitig die Tiere gesund gehalten und ein hohes Wohlergehen aufrechterhalten werden muss. Die Alus-Technologie basiert auf einem intelligenten Kamerasystem, welches die Kühe und ihre Aktivitäten rund um die Uhr betrachtet. Dabei stellt das System sicher, dass die Kühe die Verhaltensmuster zeigen, die zu einer maximalen Milchproduktion führen (VAN DIJK, Z., 2020).

Precision Livestock Farming hat das Ziel, ein Managementsystem zu schaffen, das auf kontinuierlicher automatischer Echtzeitüberwachung und -kontrolle der Produktion Reproduktion, der Tiergesundheit und des Tierschutzes sowie der Umweltauswirkungen der Tierproduktion basiert. Precision Livestock Farming basiert auf der Annahme, dass die kontinuierliche direkte Überwachung oder Beobachtung von Tieren es den Landwirten ermöglicht, den Gesundheits- und Wohlergehenszustand ihrer Tiere zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erkennen und zu kontrollieren (Berckmans, D., 2014).

Bei der Anwendung von sensorbasierten Systemen zur Aktivitäts- und Verhaltensanalyse von Milchkühen, werden oft Pedometer an den Beinen, sowie Halsbänder oder Transponder in den Ohren verwendet. All die Geräte bringen eine Installation am Tier mit sich, was zu Verletzungen bei den Tieren führen kann. Pedometer werden an den Beinen befestigt, die oft mit Schmutz in Verbindung kommen. Dadurch können Scheuerstellen entstehen, was wiederum Eintrittspforten für Bakterien oder Keime mit sich bringt. Videosysteme zur Tierüberwachung und -analyse haben dabei den entscheidenden Vorteil, nicht mit dem Tier in direktem Kontakt zu kommen. Dadurch sind sie tierfreundlicher im Einsatz und sorgen auch für einen nachhaltigen Gebrauch der eingesetzten Technik.

Transponder werden von den Tieren verloren, daher spielt die richtige Position eine wichtige Rolle sowie auch der Tierwohlaspekt. Bei der Befestigung von Sensoren am Hals, können die Bänder verrutschen, sich lösen oder im schlimmsten Fall die Kuh abschnüren. Fußbänder können leicht beschädigt werden oder gehen verloren.

6. Fazit

Durch die Vielzahl an gewonnenen Daten im Rahmen des Projekts automatisierte Aktivitäts- und Verhaltensanalyse von Milchkühen konnte eine ausführliche Aktivitäts- und Verhaltensanalyse erfolgen. Bei beiden Betrieben ist die Aktivität der Kühe in den Verhaltensbereichen Futtertisch, Liegebereich, Bewegungsbereich und Außenbereich nachgewiesen worden. Hierbei ist die Aktivität der Tiere untersucht worden, indem die mittlere Kuhanzahl im Verhältnis zur Tageszeit gesetzt wurde. Durch die Auswertung der Histogramme konnte auf das Verhalten der Kühe geschlossen werden, wie z.B. die Bevorzugung des einen Bereiches gegenüber einem anderem, oder durch das häufige Auftreten von Kombinationen der Tierzahlen, die sich in den entsprechenden Bereichen aufgehalten haben.

Die Kameras wurden in einer Höhe von 3,30 Meter bis 5,20 Meter installiert. Für die Einzeltiererkennung müssten die Kameras in einer Höhe von etwa 9 bis 10 Meter aufgehängt werden, wurde mir nach Rücksprache mit der Firma mitgeteilt. Somit konnte nur die erste Phase des Projekts realisiert werden, in dem die Datenerhebungen erfolgten und die Bilder gelabelt wurden. Das System kann die Aktivität und das Verhalten der Tiere auslesen, jedoch weder einzeltierbezogen, noch können so präventive Maßnahmen ergriffen oder die Brunstkontrolle erfolgen.

Im Allgemeinen ist dieses System ein hervorragender Ansatz des Smart Dairy Farmings. Es würde sich empfehlen, das System mit einem anderen Kuherkennungssensor oder Sensorenortungssystem zu vereinen.

7. Zusammenfassung

Eine Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierwohls, führt zu Leistungssteigerungen und zu einer höheren Nutzungsdauer. Daraus ergibt sich eine höhere Rentabilität, gleichzeitig werden Tierarztkosten gesenkt und die Herdengesundheit verbessert. Für das Forschungsprojekt wurde in zwei vergleichbaren Betrieben, die sich allerdings in den Haltungsformen unterscheiden, insgesamt 18 Kameras installiert, die Daten in den Bereichen Futtertisch, Liegebereich, Bewegungsbereich und der Außenbereich erfassen.

Es konnten Auswertungen zur Aktivität und zum Verhalten der Kühe in den Bereichen erfolgen. Bei der Aktivitätsanalyse wurde die mittlere Kuhanzahl ins Verhältnis zur Tageszeit gesetzt. Bei der Verhaltensanalyse sind Auswertungen zu der Bevorzugung der Bereiche gemacht worden und die Häufigkeit über den Aufenthaltsort (wie viele Tiere sich in welchem Bereich aufgehalten haben) konnte über Histogramme bestimmt werden.

Literaturverzeichnis

ASSHEUER, J., 2022: Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Rind – Milchkühe, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 1. Auflage, Kunst- und Werbedruck GmbH & Co KG

BERCKMANS, D., 2014: Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems, Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 2014 [online]

BLE, 2022: Der Kuhstall wird digital, <https://www.praxis-agrar.de/tier/rinder/der-kuhstall-wird-digital>, besucht am 28.08.2022 [online].

BÜSCHER, W., 2021: Digitale Anwendungen für das Herdenmanagement in der Milchviehhaltung. DLG-Merkblatt 466, <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/technik-tierhaltung/dlg-merkblatt-466>, besucht am 28.08.2022 [online].

GRABMEIER, A., 2020: Brunsterkennung beim Rind: 11 Systeme im Überblick, agrarheute, <https://www.agrarheute.com/tier/rind/brunsterkennung-beim-rind-11-systeme-ueberblick-575155>, besucht am 10.07.2022 [online]

EISE, M. et al., 2011: Klauengesundheit beim Rind, 2. Auflage, aid infodienst, S. 66

JUNGBLUTH, T., 2017: Technik Tierhaltung, 2. Auflage, UTB-Verlag, S. 49-51

JUNGBLUTH, T., 2017: Smart Livestock Farming, Landwirtschaftlicher Hochschultag

Haidn, B. et al., 2005: Kuhkomfort unter besonderer Berücksichtigung des Stallklimas und der Laufflächen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), lerchl druck, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_19796.pdf, besucht am 14.09.2022 [online]

MÖLLER, M., 2022: Bereitstellung der Diagramme durch die Firma VetVise

MOHR, U., 2019: Digitale Hilfsmittel rund um die Kuh, Agrar online, https://www.bildungsserveragrar.de/fileadmin/Redaktion/Online-Beitraege/2019/09-30/BB_Agrar_03_2019_Online_01_Okt_mit_Schutz.pdf, besucht am 10.08.2022[online].

SCHMIDTMANN, A., 2022: Rentabilität und Kosten im Blick haben, Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben, <https://www.wochenblatt.com/landwirtschaft/tier/milchviehhaltung-rentabilitaet-und-kosten-im-blick-haben-13062076.html>, besucht am 01.07.2022 [online].

Schmidt-Mosig, J., 2021: Bereitstellung von Bildmaterial

SALL, J., 2022: Korrelationskoeffizient, jmp statistical discovery, https://www.jmp.com/de_de/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient.html#:~:text=Der%20Korrelationskoeffizient%20r%20ist%20ein,schw%C3%A4cher%20ist%20der%20lineare%20Zusammenhang. Am 13.07.2022 besucht

QUVARFORDT, B., 2020: Brunsterkennung beim Rind: 11 Systeme im Überblick, agrarheute, <https://www.agrarheute.com/tier/rind/brunsterkennung-beim-rind-11-systeme-ueberblick-575155>, besucht am 10.07.2022 [online]

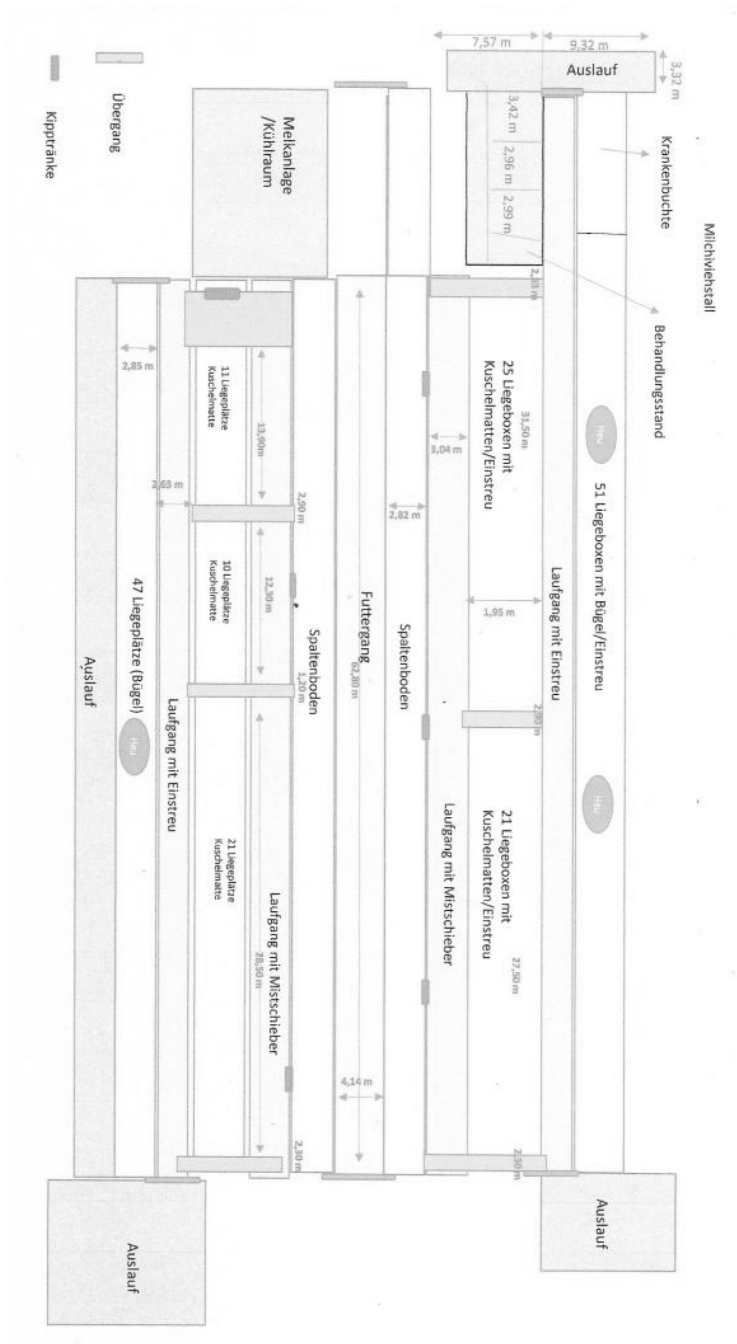
STEINHÖFEL, I. et.al., 2022: Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Rind – Milchkühe, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 1. Auflage, Kunst- und Werbedruck GmbH & Co KG

VAN DIJK, Z., 2020: Interview with Cainthus CEO: Feed tech zooms in on each cow, DairyGlobal, <https://www.dairyglobal.net/industry-and-markets/smart-farming/>, besucht am 10.09.2022[online]

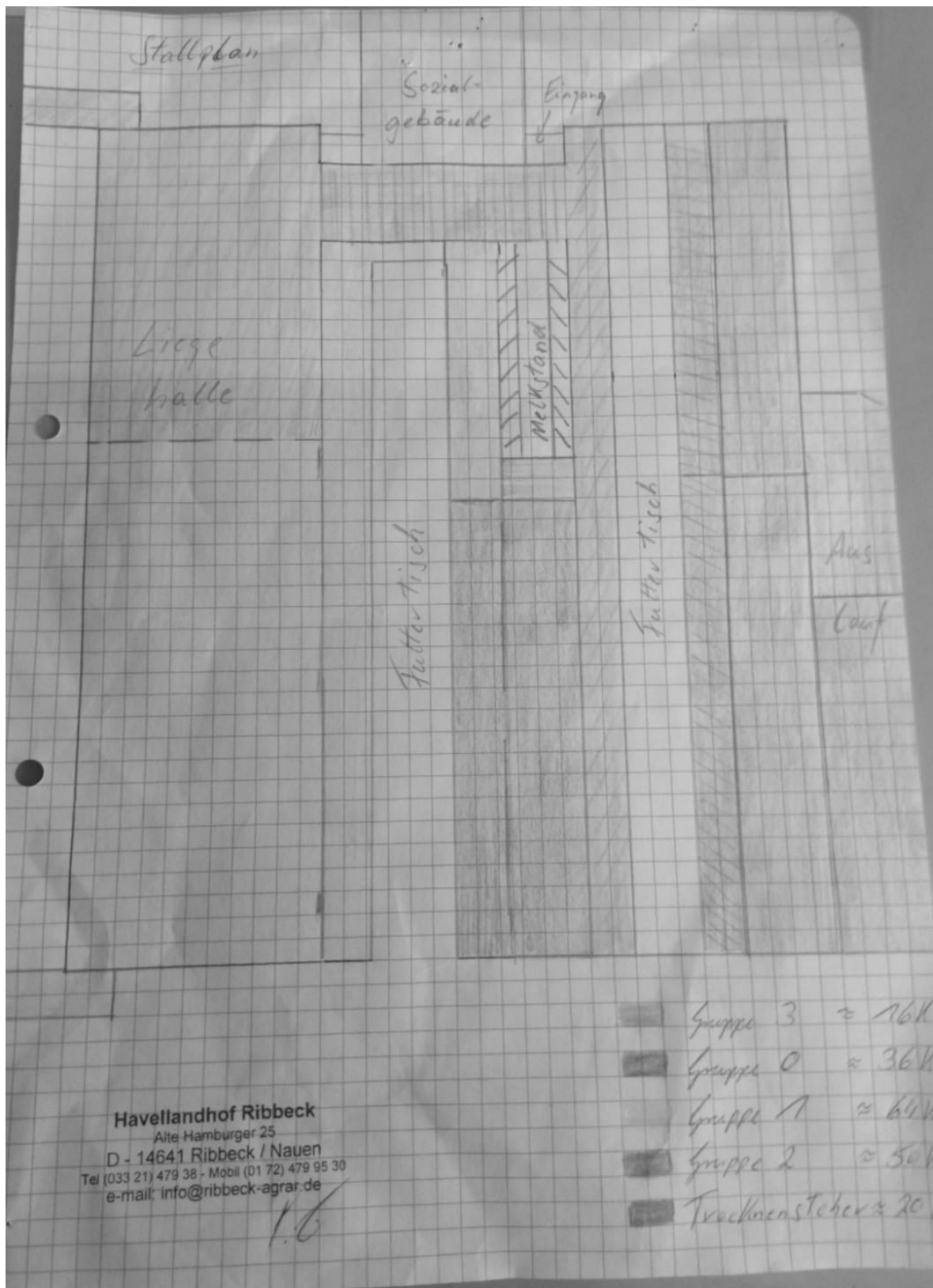
ZINKE, O., 2020: Wie hoch sind die Kosten für Milchbauern wirklich?, agrarheute, <https://www.agrarheute.com/markt/milch/hoch-kosten-fuer-milchbauern-wirklich-575105>, besucht am 01.07.2022 [online]

Anhang

Stallplan Natura Agrar GmbH



Stallplan Havellandhof Ribbeck



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Sabine Schulte - Lünzum, Neubrandenburg, den