

Institut für Statistik

Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Statistisches Praktikum – Wintersemester 2019/2020

Endbericht zur Projektauswertung

„Schwanzbeißen in der Ferkelaufzucht“

[REDACTED], [REDACTED], Thi Thuy Pham und [REDACTED]

Projektpartnerinnen: Dr. [REDACTED] und [REDACTED]

Projektbetreuung: Prof. Dr. XXXXXXXXXX

München im Februar 2020

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
Einleitung: Die Problematik des Schwanzbeißens	4
Kurzvorstellung des Projekts	5
Zielsetzung der Analysen	8
Datengrundlage	8
Deskriptive Befunde.....	11
Zeitreihenanalyse	25
Methodik bei der Regression.....	30
Ergebnisse der Regressionsanalyse	38
Fazit.....	53
Literaturverzeichnis.....	54

Abstract

Im Rahmen des statistischen Praktikums im Wintersemester 2019/2020 wurde das Schwanzbeißgeschehen in der Ferkelaufzucht untersucht. Dabei wurden Daten über die Bonituren der Schwänze ausgewertet, die in 19 verschiedenen Durchgängen bei unterschiedlichen Behandlungen in einer Ferkelaufzuchtstation im Landkreis Kitzingen erhoben wurden. Ziel der Analysen war es, herauszufinden, welche der durchgeführten Behandlungen sich möglichst positiv auf das Verhindern von Schwanzbeißen auswirken. Hierfür wurde hauptsächlich die Variable Schwanzverletzung betrachtet, deren vier Ausprägungen Auskunft über die Schwere der Verletzungen des Schwanzes beim jeweiligen Ferkel an jedem Bonitурtag geben. Anhand von deskriptiven Analysen wurde ersichtlich, dass es bei der Verteilung der Verletzungen zu großen Unterschieden zwischen den Durchgängen kommen kann, auch wenn die gleiche Behandlung durchgeführt wurde. So gab es in Durchgang zwei deutlich mehr schwere Verletzungen als im ersten Versuchsdurchgang, obwohl beide Male kupierte und unkupierte Ferkel betrachtet wurden. Anhand einer Zeitreihenanalyse sollte versucht werden, solche Unterschiede zu begründen. Generell konnte hier herausgefunden werden, dass es nach einigen Bonitурtagen zu starken Anstiegen der Verletzungen kam, die im weiteren Verlauf des jeweiligen Versuchs dann langsam zurückgingen. Mittels eines gemischten logistischen Regressionsmodells konnte herausgefunden werden, dass das Kupieren der Schwänze den größten positiven Einfluss aller Behandlungen besitzt, um Schwanzverletzungen zu verhindern. Zudem steigt in Tierwohlbuchten und bei sinkender Besatzungsdichte die Chance, dass keine Verletzungen auftreten. Eine positive Wirkung besitzt auch die mittlere Temperatur in der Bucht des Ferkels, während mit steigender mittlerer Luftfeuchtigkeit die Chance, Verletzungen zu verhindern, sinkt.

Einleitung: Die Problematik des Schwanzbeißens

In Zeiten, in denen Diskussionen über vegetarische und vegane Ernährung einen immer größeren Stellenwert in der Gesellschaft einnehmen, wird häufig auch mit dem Tierwohl und der Behandlung der Tiere argumentiert. Ein Gebiet, in dem man diese Diskussionen auch antrifft, ist das Kupieren von Schwänzen in der Ferkelaufzucht. Unter dem Begriff Kupieren versteht man das Entfernen der Schwanzspitzen bei neugeborenen Ferkeln mit einem glühenden Heißschneider, bei dem sich die Wunde aufgrund der Hitze sofort verschließt. Dies ist jedoch national als auch international verboten, denn Paragraf 6 des deutschen Tierschutzgesetzes erlaubt das routinemäßige Kupieren der Ferkelschwänze ebenso wenig wie eine Richtlinie der Europäischen Union aus dem Jahr 2008 (Krogmann, 2016). Da es jedoch in Einzelfällen gestattet ist, Ausnahmeregelungen zu gewähren, wird in fast allen deutschen Landwirtschaftsbetrieben, speziell in der konventionellen Landwirtschaft, auf solche Regelungen zurückgegriffen, um Schwanzbeißen in der Ferkelaufzucht zu verhindern (Jais und Abriel 2015: 13 f.).

Das Schwanzbeißen, in der Fachsprache auch als Caudophagie bekannt, ist eine Verhaltensstörung, die darauf basiert, dass Schweine Allesfresser sind (Krogmann 2016). Als Hauptursache für diese Problematik wird neben der Besatzungsdichte auch das Beschäftigungsangebot für die Ferkel genannt. Da darüber hinaus viele weitere Einflussfaktoren, wie die Versorgung mit Futter und Wasser, der Gesundheitsstatus oder Veränderungen der Stalltemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit, eine Rolle spielen, spricht man auch von einem multifaktoriellen Problem (Jais und Abriel 2015: 13 f.).

Aufgrund dieser Vielzahl an Einflüssen, ist es schwer eine eindeutige Lösung für das Verhindern von Schwanzbeißen zu finden. Darüber hinaus wurden zu dieser Problematik bisher meistens nur Versuche an kupierten Tieren durchgeführt, wodurch der Effekt von unkupierten Ferkeln nicht getestet wurde. Darauf basiert auch die Motivation des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zur Durchführung eines Forschungsvorhabens, bei dem Methoden, wie die Verringerung der Besatzungsdichte oder verschiedenes Beschäftigungsangebot, getestet werden sollten, mit denen man Erkenntnisse zur Verhinderung von Schwanzbeißen, auch bei unkupierten Tieren, gewinnen wollte (Jais und Abriel 2015: 14).

Die Ergebnisse dieses Projektes wurden statistisch untersucht, um den Erfolg der einzelnen Maßnahmen zu überprüfen. Die Ergebnisse der Analyse werden in dieser Arbeit präsentiert.

Kurzzvorstellung des Projekts

Um einen Überblick über die Faktoren zu erhalten, welche später in die statistische Analyse und die gewonnenen Ergebnisse einfließen werden, wird das Projekt zunächst im folgenden Abschnitt genauer vorgestellt.

Die Versuche wurden im Lehr-, Versuchs-, und Fachzentrum für Schweinehaltung Schwarzenau in Schwarzach am Main durchgeführt, das der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) angehört. Insgesamt waren es 19 einzelne Versuchsdurchgänge, in denen jeweils verschiedene Einflussfaktoren untersucht wurden. Die Mastdurchgänge blieben bei den statistischen Analysen unbeachtet, da dies so vor Beginn der Ausarbeitung mit den Projektpartnerinnen besprochen wurde. Durch die Versuchsreihe zieht sich ein einheitlicher Boniturschlüssel, welcher der Vergleichbarkeit der einzelnen Ergebnisse dient. Dabei wurden die Ferkelschwänze nach den folgenden vier Parametern beurteilt (Jais und Abriel 2015: 21 f.):

„**Schwanzverletzungen**“ mit den Ausprägungen 0 \triangleq keine Verletzungen, 1 \triangleq oberflächliche Verletzungen, 2 \triangleq kleinflächige tiefere Verletzungen an der Schwanzspitze, 3 \triangleq großflächige tiefere Verletzungen an der Schwanzspitze

„**Teilverluste**“ mit den Ausprägungen 0 \triangleq kein Teilverlust, 1 \triangleq bis zu 1/3 Teilverlust, 2 \triangleq bis zu 2/3 Teilverlust, 3 \triangleq mehr als 2/3 Teilverlust,

„**frisches Blut**“ mit den Ausprägungen 1 \triangleq ja, 0 \triangleq nein und

„**Schwellung**“ mit den Ausprägungen 1 \triangleq ja, 0 \triangleq nein.

Für die Versuche standen die zwei baugleichen Versuchsabteile F5 und F6 zur Verfügung. Des Weiteren wurden noch wenige Versuche im Abteil F3 durchgeführt, welches sich in der Art des Aufbaus von den anderen beiden unterscheidet. Jedes dieser drei Versuchsabteile setzt sich aus acht Versuchsbuchten zusammen, wobei grundlegend zwischen der sogenannten „Standardbucht“ und „Tierwohlbucht“ unterschieden wurde. Inwieweit sich diese beiden Buchtenarten unterscheiden, wird im Folgenden kurz erläutert.

Zunächst ist das Platzangebot zu nennen. Beide Buchten sind mit 2,6m x 3,9m gleich groß, allerdings ist die Besatzungsdichte in der Tierwohlbucht mit 20 Tieren pro Bucht deutlich geringer als in der Standardbucht mit 28 Tieren pro Bucht. Dadurch ergibt sich in der Standardbucht eine Fläche pro Tier von 0,35 m² und in der Tierwohlbucht von 0,5 m². Darüber hinaus wird den Ferkeln in der Tierwohlbucht ein größeres Beschäftigungsangebot zur Verfügung gestellt. Neben einem Stück Holz an der Kette, wie in der Standardausführung, haben sie dort

beispielsweise zusätzlich noch eine Strohraufe. Auch unterschieden sich die beiden Buchten in der Art der Fütterung und der Wasserversorgung. In beiden Buchten erfolgt die Futterzufuhr trocken, wobei eine Befeuchtung der Nahrung durch seitlich zulaufende Wasserleitungen möglich ist. Den Ferkeln in der Tierwohlbucht wird zusätzlich noch zweimal täglich Luzernehäcksel, eine bestimmte Pflanzenart, per Hand zugefüttert und neben drei Trinknippeln, wie in der Standardausführung, wird ihnen noch eine zusätzliche Tränkschale bereitgestellt.

Wie bereits erwähnt, wurden innerhalb der 19 Versuchsdurchgänge unterschiedliche Einflüsse untersucht, welche nun im Anschluss kurz vorgestellt werden (Jais und Abriel 2015: 32 ff.).

Versuchsdurchgang K1 und K2: Der Einfluss des Kupierens

In den ersten beiden Versuchsdurchgängen wurde der Einfluss des Kupierens untersucht. Hierzu wurden unkupierte und kupierte Ferkel unter den gleichen Standardbedingungen gehalten.

Versuchsdurchgang K3 und K4: Der Einfluss der Haltungsbedingungen

In diesen beiden Durchgängen wurde der Einfluss der Haltungsbedingungen untersucht. Dazu wurden unkupierte Ferkel in der Standardausführung und in der Tierwohlbucht gehalten.

Versuchsdurchgang K5 und K6: Der Einfluss der Besatzungsdichte in der Tierwohlbucht

Zur Untersuchung des Einflusses der Besatzungsdichte in der Tierwohlbucht wurden unkupierte Ferkel einmal mit Besatzungsdichte 20 Ferkel pro Bucht und einmal mit 27 Ferkeln pro Bucht gehalten. Zur Kontrolle hat man zusätzlich zwei Buchten in der Standardausführung mit 28 Ferkeln pro Bucht aufgestellt.

Versuchsdurchgang K7: Strategien zur Verhinderung von Schwanzbeißen

In diesem Durchgang wurden vier verschiedene Strategien zur Verhinderung von Schwanzbeißen getestet. Hierzu hat man immer zwei Tierwohlbuchten identisch aufgebaut. Im ersten Test wurden den unkupierten Ferkeln Luzerne ad libitum zur Verfügung gestellt und im zweiten Test noch zusätzlich Beschäftigungsmaterial. In der dritten Ausführung wurde den unkupierten Ferkeln Maissilage und in der vierten Ausführung Heu ad libitum bereitgestellt.

Versuchsdurchgang K8 und K13: Einfluss der Kupierlänge

In diesen Durchgängen wurde der Einfluss der Kupierlänge untersucht. Hierzu wurden unkupierte, 1/3-kupierte und 2/3-kupierte Ferkel unter denselben Standardbedingungen gehalten.

Versuchsdurchgang K9: Einfluss der Vaterrasse

Um den Einfluss der Vaterrasse zu untersuchen, wurde die eine Hälfte der Schwarzenauer Sauengruppe (20 Sauen) durch den Duroc-Eber und die andere Hälfte (20 Sauen) wie üblich durch den Pietrain-Eber besamt.

Versuchsdurchgänge K10 und K11: Einfluss des Platzbedarfs

In diesen Versuchsdurchgängen wurde der Einfluss des Platzbedarfs in den Haltungssystemen untersucht. Dazu wurden unkupierte Ferkel einmal in der Tierwohlbucht mit den unterschiedlichen Besatzungsdichten 20 Ferkel pro Bucht und 27 Ferkel pro Bucht und einmal in der Standardausführung mit den Besatzungsdichten 21 Ferkel pro Bucht und 28 Ferkel pro Bucht gehalten.

Versuchsdurchgänge K12 und K14: Einfluss von Einstreu

Um den Einfluss von Einstreu in den Haltungssystemen zu untersuchen, wurden im Versuchsabteil F3 unkupierte Ferkel in der Tierwohlbucht mit Besatzungsdichte 20 Ferkel pro Bucht einmal mit und einmal ohne Einstreu aufgestellt. An dieser Stelle ist noch hinzuzufügen, dass zum Versuchsdurchgang K12 leider keine Daten vorlagen und damit keine Auswertungen durchgeführt werden konnten.

Versuchsdurchgang K15, K17 und K19: Einfluss der Säugephase

In diesen drei Versuchsdurchgängen wurde untersucht, ob die Umgebung während der Säugephase einen Einfluss auf das Schwanzbeißen hat. Hierzu wurden die Sauen mit ihren Ferkeln einmal in einer Bewegungsbucht und einmal in einer Fixierbucht mit Besatzungsdichte 24 Ferkel pro Bucht in der Standardausführung gehalten.

Versuchsdurchgang K16: Einfluss von pelletiertem Beschäftigungsfutter

In diesem Versuchsdurchgang wurde der Einfluss von pelletiertem Beschäftigungsfutter in Form von Grascobs untersucht. Dazu wurden unkupierte Ferkel in der Tierwohlbucht mit Besatzungsdichte 24 Ferkel pro Bucht einmal mit losem Heu aus Körbchen und einmal mit Grascobs aus Trogschalen gehalten.

Versuchsdurchgang K18: Einfluss der Fütterungsart

In dem letzten Versuchsdurchgang wurde der Einfluss der Fütterungsart untersucht. Hierfür standen acht Tierwohlbuchten mit jeweils 16 unkupierten Ferkeln pro Bucht zur Verfügung, wobei an vier Fressplätzen Trockenfutter und an den anderen vier Fressplätzen Breifutter zugefüttert wurde.

Zielsetzung der Analysen

Bei einem ersten Treffen zwischen den Projektpartnerinnen, die durch [REDACTED] vertreten waren, und den Gruppenmitgliedern, bei dem auch der Projektbetreuer Prof. Dr. [REDACTED] anwesend war und das am 24. Oktober 2019 stattgefunden hat, wurden die Fragestellungen bezüglich der Analysen festgelegt. Vorrangiges Ziel sollte es sein, herauszufinden, wo im positiven Sinne der größte Einfluss auf das Beißverhalten der Ferkel besteht. Das heißt, es sollte festgestellt werden, wie sich die einzelnen Behandlungen, also beispielsweise die Besatzungsdichte oder die Futterarten, auf das Verhindern von Verletzungen auswirken. Außerdem sollten unter anderem das Geschlecht und das Gewicht der Ferkel untersucht werden. Hinsichtlich der Buchten sollte noch der Einfluss von Außenfenster und des Klimas überprüft werden. Im Anschluss daran wurden die Daten für die Analyse übergeben.

Datengrundlage

Im Folgenden wird die Datengrundlage der Analysen sowie deren Aufbereitung detailliert beschrieben, da hierfür viel Arbeitszeit aufgewandt wurde. Insgesamt liegen drei verschiedene Excel-Datensätze vor, die Tabellenblätter für jeden Versuchsdurchgang enthalten. Zum einen gibt es, außer für K12, die Daten über die Bonituren in jedem Durchgang. Dieser Datensatz mit dem Namen „Daten_K1_K19“ gibt neben der Durchgangsnummer, der Behandlung, die an dem jeweiligen Ferkel durchgeführt wurde, der Tier-Nummer, der Bucht und dem Boniturtag noch Auskunft über die Schwere der Schwanzverletzung, den Grad des Teilverlustes und darüber, ob frisches Blut oder eine Schwellung vorhanden war. Basierend auf der Variable Bucht wurde die Variable Abteil erstellt, die Auskunft gibt, ob das Tier in F3, F5 oder F6 eingestallt ist und eine weitere Variable Fensterbucht, die mit ja codiert wurde, sofern sich das Tier in der vierten Bucht des Abteils F5 oder F6 befindet, da nur hier Außenfenster vorhanden sind. Als letztes wurde aus der Datenliste, die alle 19 Durchgänge beinhaltet, ein Data-Frame für jeden Versuch extrahiert, um hier jeweils mithilfe des Endbericht noch das Datum als weitere Information hinzuzufügen.

Darüber hinaus wurden an manchen der vorhandenen Variablen noch kleinere Veränderungen durchgeführt. So wurde darauf geachtet, dass gleiche Variablen in den unterschiedlichen Durchgängen vom selben Typ sind, damit später beim Zusammenführen mit den anderen

Datensätzen keine Probleme auftreten. Deshalb war es beispielsweise nötig, dass die Variable Schwanzverletzungen in jedem Data-Frame als numerische Variable vorhanden ist und die Tier-Nummer wurde zum Typ double transformiert.

Bereits im Hinblick auf weitere Analysen wurden noch die unterschiedlichen Behandlungen bearbeitet, damit gleiche Behandlungen in allen Durchgängen dieselben Namen haben, um dann in der Regressionsanalyse jeweils nur einen Koeffizienten für jede Ausprägung dieser Variable schätzen zu müssen. Es war beispielsweise notwendig in K15 und K17 die bisherigen Codierungen „BW“ und „Fix“ durch „Bewegung“ und Fixierung“ zu ersetzen, damit diese mit der Benennung in K19 übereinstimmt. Des Weiteren wurden unter anderem alle Behandlungen, die unkupierte Ferkel mit 28 Ferkeln pro Bucht aufweisen, als „Standard“ dekliniert, da diese Ausprägung dann im Regressionsmodell als Referenzkategorie dienen soll.

Als zweite Datengrundlage für die Analysen dient der Datensatz mit den zusätzlichen Informationen über die untersuchten Ferkel. Neben der Durchgangsnummer, der Behandlung, der Tiernummer und der Bucht existiert die Nummer der Mutter des jeweiligen Probanden, das Geschlecht, das Gewicht bei der Ein- sowie bei der Ausstellung und die durchschnittliche Gewichtszunahme der Ferkel an jedem Tag im Versuchsdurchgang. Hier fehlen neben den nicht vorhandenen Informationen zu Mutter und Geschlecht in manchen Versuchen die Daten zu K12 und K19, weshalb später ein weiterer Gewichtsdatensatz nachgereicht wurde, der die Daten zu K19 und viele der fehlenden Werte bei den Variablen Mutter und Geschlecht enthält. Da für K8 jedoch auch hier keine Daten bei diesen beiden Variablen vorlagen, wurden diese danach nochmals in einem weiteren Dokument übergeben, sodass bis auf den Datenfehler in K12 für jeden Durchgang nach der Aufbereitung aller erhaltenen Informationen Werte bei allen Variablen vorlagen.

An dieser Stelle sind weitere wichtige Aspekte zu nennen, die die Projektpartnerinnen hinsichtlich der Daten erwähnten. Zum einen stellt die Variable Mutter nicht zwangsläufig die genetische Mutter des Ferkels dar und zum anderen sind fehlende Werte bei einem Ferkel, die im Laufe eines Versuchs auftreten können, dadurch begründet, dass dieses Ferkel zu dem Zeitpunkt, ab dem keine Daten mehr vorhanden sind, ausgestallt wurde, da es beispielsweise als Beißer identifiziert wurde.

Als letzte Datenquelle liegen Klimadaten über die einzelnen Durchgänge vor. Dieser Datensatz beinhaltet bis auf K8 bis K10 und K15 sowie K16 Informationen zur Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit zu mehreren Uhrzeiten an jedem Tag in jedem Abteil des Versuchsdurchgangs. Dieser Datensatz gestaltete sich in der Aufbereitung für weitere Analysen am schwierigsten. Zum einen existieren für jedes Datum sehr viele verschiedene Werte für jede Uhrzeit, zu den Bonituren liegt aber für jeden Bonitурtag nur ein Wert pro Variable und Tier vor. Zum anderen sind in jeder Zeile die Daten für Abteil F5 und F6 enthalten, wodurch es für die einzelnen Abteile keine eigenen Zeilen gibt. Bei den Durchgängen, in denen die Ferkel im Abteil F3 eingestellt sind, gibt es dieses Problem nicht, da hier nur die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit von F3 vorhanden ist.

Um diesen Schwierigkeiten entgegenzuwirken, wurde zuerst für jedes Abteil ein Datensatz angelegt. Hierbei wurde dann für jedes Datum jeweils für die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit das arithmetische Mittel, das Minimum, das Maximum und die Varianz, also die Streuung, aus den einzelnen Werten der unterschiedlichen Uhrzeiten gebildet. Anschließend wurde bei den Durchgängen, die in den Abteilen F5 und F6 stattgefunden wurden, die einzelnen Datensätze von F5 und F6 vereint.

Nachdem nun alle erhaltenen Daten in die gewünschte Form gebracht wurden, bestand die letzte Aufgabe bei der Datenaufbereitung darin, die einzelnen Datensätze zusammenzuführen. Hierbei wurden zuerst die Bonitурdaten und die Informationen zu den Ferkeln für jeden Durchgang mittels der Tiernummer eindeutig zu einem Datensatz pro Versuch vereinigt. Hier mussten dann nur noch ungleiche Benennungen der Variablennamen zwischen den einzelnen Durchgängen korrigiert werden, sodass letztendlich alle 19 Versuche zu einem Datensatz mit dem Namen „ferkel“ zusammengeführt wurden.

Noch bevor die Klimadaten ebenfalls hinzugefügt worden sind, wurden der Ferkeldatensatz noch um vier weitere Variablen ergänzt. Schon im Hinblick auf die Regressionsanalyse wurden binäre Indikatoren erstellt, die angeben sollen, ob eine Schwanzverletzung, ein Teilverlust, frisches Blut oder eine Schwellung vorliegen. Hierbei wurde jeweils mit 0 codiert, falls der jeweilige Aspekt zutrifft und mit 1, wenn eine Schwanzverletzung, ein Teilverlust, frisches Blut oder eine Schwellung verhindert werden konnte.

Nachdem als letztes noch die Klimadaten anhand der Variablen Datum und Abteil an den bisherigen Datensatz angefügt wurden, entstand ein endgültiger Datensatz mit dem Namen „klimasau“ der alle relevanten Informationen, die aus den verschiedenen erhaltenen Datensätzen stammen, enthält.

Deskriptive Befunde

Anhand dieser Daten wurde mittels deskriptiver Analysen versucht, erste Auffälligkeiten in den Versuchsdurchgängen zu erkennen. Mithilfe von gestapelten proportionalen Balkendiagrammen sollen die Ergebnisse der Boniturmessungen visuell dargestellt werden.

Erster Überblick über die 19 Versuchsdurchgänge

Als erstes wurden Plots zur Verteilung der Ausprägungen der möglichen Zielvariablen (Schwanzverletzung, frisches Blut, Schwellung und Teilverlust) über alle 19 Versuchsdurchgänge erstellt.

Verteilung des Verletzungsgrads in allen 19 Versuchsdurchgängen

Im ersten Plot sieht man die Verteilung der Zielvariablen Verletzungsgrad in allen Versuchsdurchgängen. Dabei sind auf der x-Achse die Versuchsdurchgänge K1 bis K19 abgebildet und auf der y-Achse die relativen Häufigkeiten der verschiedenen Boniturnoten von 0 bis 3. Je dunkler die Farbe des Balkens ist, desto höher ist der Verletzungsgrad. Da für den Versuchsdurchgang K12 kein Datensatz vorliegt, ist in diesem Plot an der Stelle K12 auch kein Balken zu sehen. In jedem Durchgang sind die meisten Ferkel unverletzt geblieben. In Durchgang K13 und K14 kam es sogar nur bis zu mittleren Schwanzverletzungen. Besonders auffällig ist aber auch Durchgang K2, weil hier der Anteil der schwerverletzten Ferkel sehr hoch ist im Vergleich zu den anderen Durchgängen. In Durchgängen, in denen dieselbe Behandlung durchgeführt wurde (zum Beispiel die Durchgänge K3 und K4 oder K15, K17 und K19), erkennt man eine ähnliche Struktur. Die Ferkel in den Durchgängen K1 und K2 haben zwar auch dieselbe Behandlung erhalten, jedoch ist der Anteil an Ferkeln mit einer Verletzung von Grad 3 in

Durchgang K2 ungefähr dreimal so hoch wie in K1. Der Grund dafür wird später in der Zeitreihenanalyse ersichtlich.

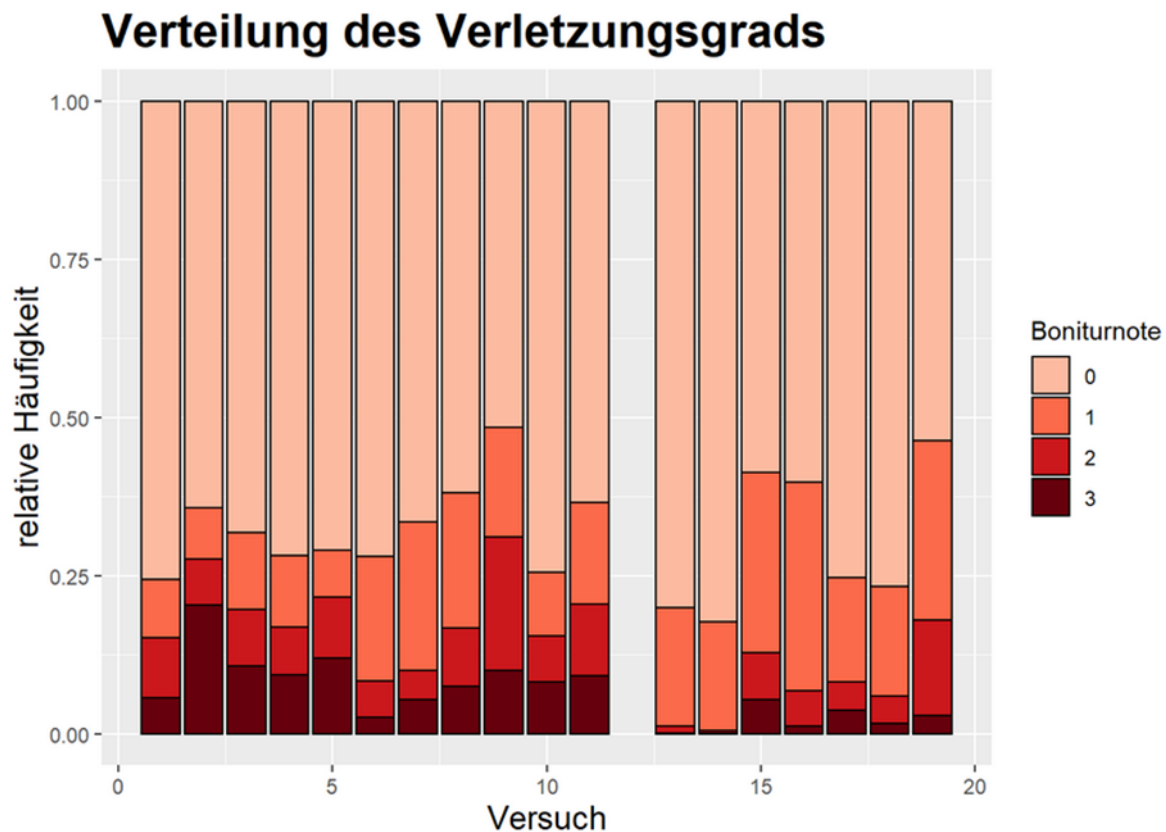


Abbildung 1: Verteilung des Verletzungsgrads in allen Durchgängen

Verteilung von frischem Blut in allen 19 Versuchsdurchgängen

Auch für die Variable frisches Blut wurde ein Balkendiagramm erstellt. Zu beobachten ist, dass bei dem Großteil der Ferkel kein frisches Blut am Schwanz entdeckt wurde. In den Durchgängen K13 und K14 wurde sogar fast gar kein frisches Blut beobachtet. Ebenso wie in dem vorherigen Plot zur Verteilung des Verletzungsgrads sind hier die Durchgänge K1 und K2 im negativen Sinne auffällig. Denn auch hier besitzen diese beiden Versuchsdurchgänge den größten Anteil an Ferkeln, die frisches Blut aufweisen, im Vergleich zu den anderen Durchgängen.

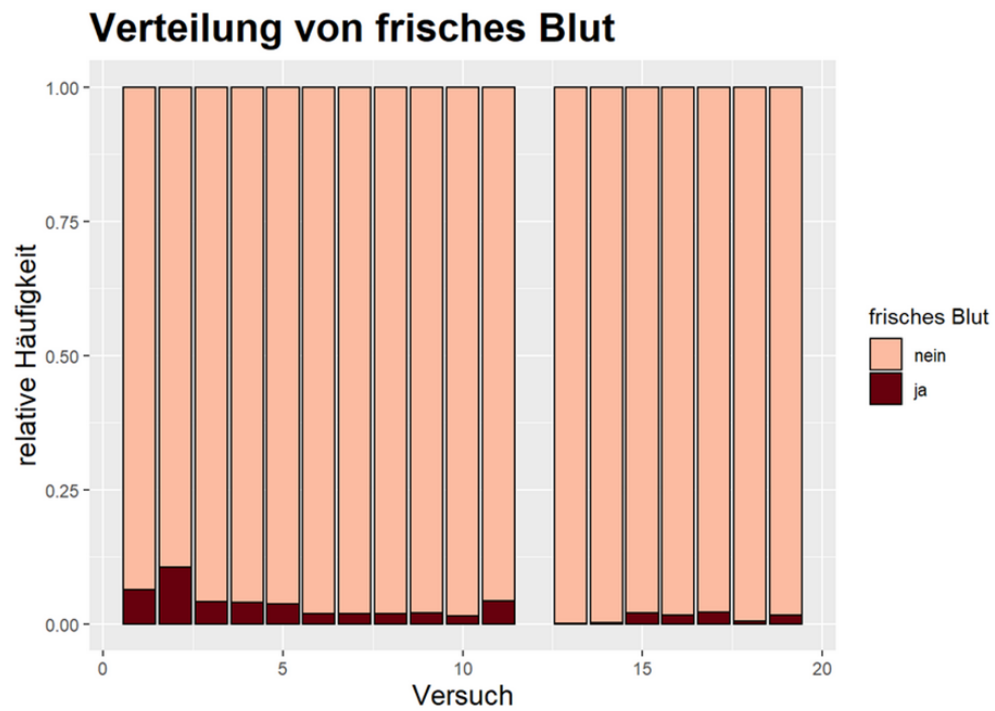


Abbildung 2: Verteilung der Variable frisches Blut in K1-K19

Verteilung der Schwellung in allen 19 Versuchsdurchgängen

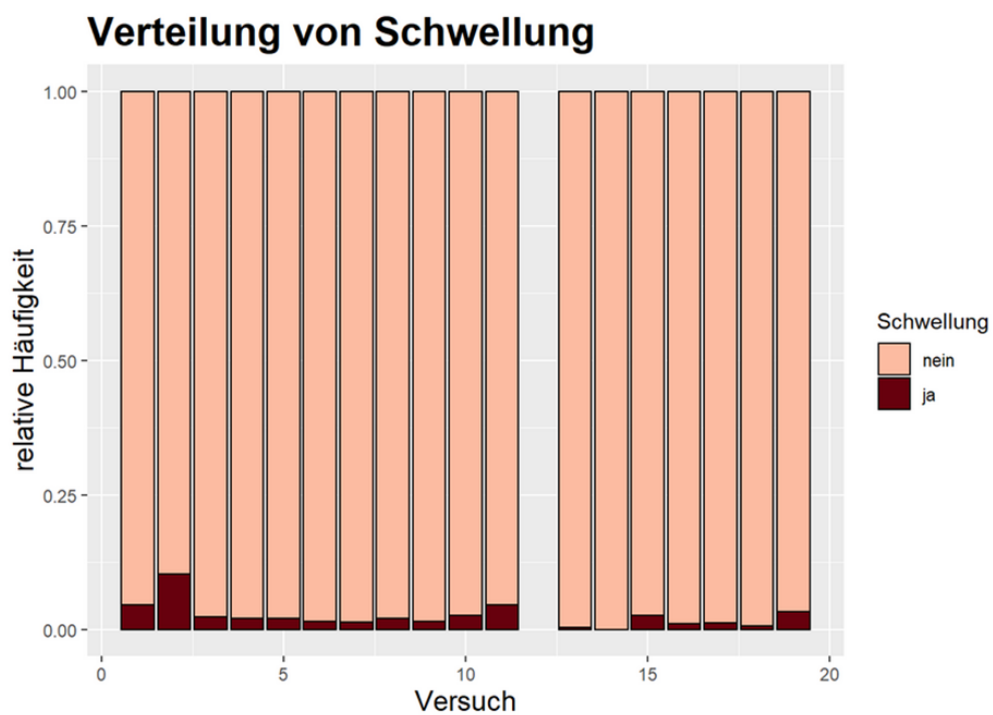


Abbildung 3: Verteilung der Variable Schwellung in K1-K19

Das Balkendiagramm für die Variable Schwellung verhält sich ähnlich zu dem Balkendiagramm für die Variable frisches Blut. Das heißt, dass auch hier die Durchgänge K13 und K14 positiv auffallen und die Durchgänge K1 und K2 negativ auffallen. Ansonsten wurden bei den meisten Ferkeln keine Schwellungen am Schwanz entdeckt.

Verteilung der Teilverluste in allen 19 Versuchsdurchgängen

Den kupierten Ferkeln wurden mindestens zwei Drittel ihres Schwanzes entfernt. Somit müssten in den Versuchsdurchgängen K1 und K2 mindestens die Hälfte der Ferkel einen Schwanzteilverlust von Grad 2 oder 3 aufweisen. Jedoch wurden für die Variable Teilverlust nur unkupierte Ferkel berücksichtigt. Somit ist es nicht sinnvoll für diese Variable eine deskriptive Analyse durchzuführen, da die kupierten Ferkel nicht inkludiert wurden.

Multidimensionale Plots: Zusammenhang von Schwanzverletzung und frisches Blut bzw. Schwellung

Häufig treten Schwanzverletzungen mit frischem Blut und Schwellungen gemeinsam auf. Im Folgenden wird überprüft, ob diese Aussage auch im vorliegenden Fall auftritt.

Verteilung von frischem Blut in Abhängigkeit von der Schwanzverletzung

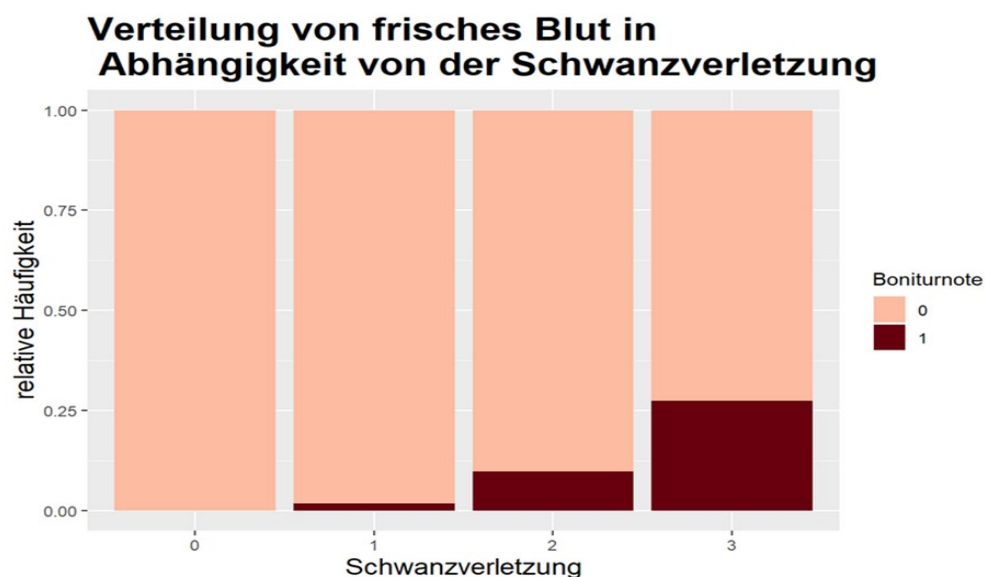


Abbildung 4: Verteilung des frischen Bluts in Abhängigkeit der Verletzungen

Zunächst soll der Zusammenhang zwischen den Zielvariablen Schwanzverletzung und frisches Blut untersucht werden. Wie zu erwarten, trat frisches Blut nur dann auf, wenn Schwanzverletzungen aufgetreten sind. Man kann beobachten, dass je schwerwiegender die Schwanzverletzungen waren, desto häufiger trat bei den Ferkeln frisches Blut auf.

Verteilung von Schwellung in Abhängigkeit von Schwanzverletzung

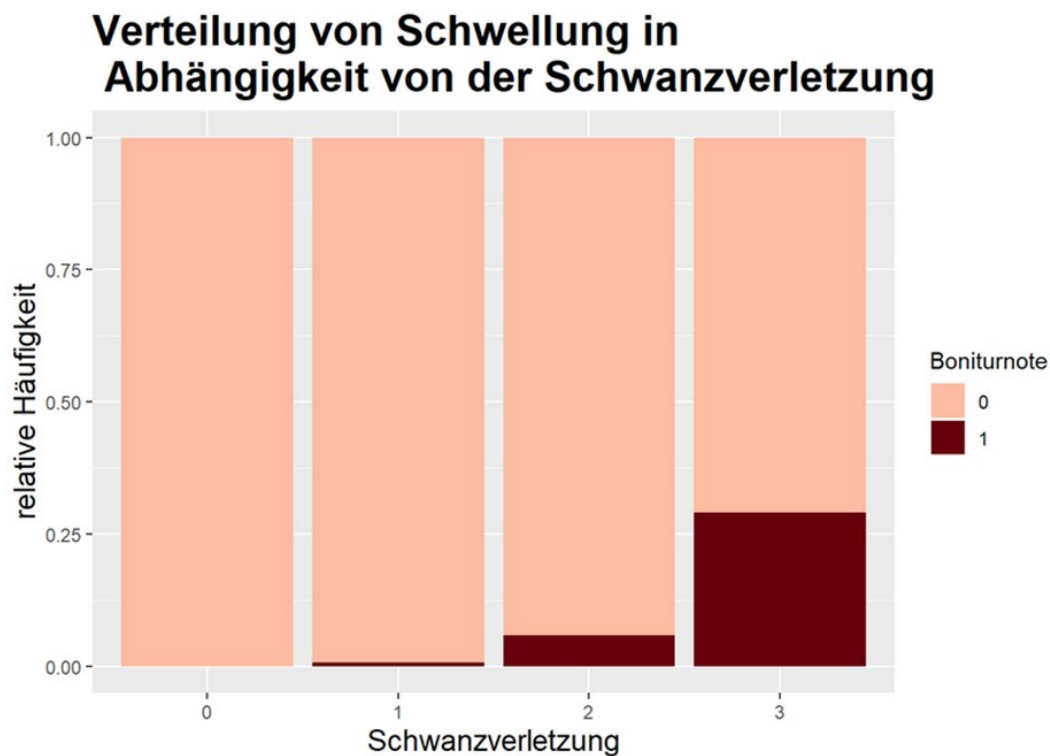


Abbildung 5: Verteilung der Schwellungen in Abhängigkeit der Verletzungen

Als zweites wurden die Zielvariablen Schwanzverletzung und Schwellung auf Abhängigkeit untersucht. Genauso wie bei der Variablen frisches Blut traten Schwellungen nur bei den Ferkeln auf, die eine Schwanzverletzung aufwiesen. Je höher der Verletzungsgrad der Ferkelschwänze war, desto häufiger traten Schwellungen auf.

Verteilung von Schwanzverletzung in Abhängigkeit von der Behandlung

Ob ein Ferkel einen angebissenen Schwanz aufweist, kann man vor allem an einer sichtbaren Schwanzverletzung erkennen. Zu dieser Erkenntnis hat die vorherige deskriptive Analyse verholfen. Inwiefern spielt nun die Behandlung eine wichtige Rolle, ob ein Ferkel am Schwanz verletzt wurde oder nicht. Haben unterschiedliche Behandlungen einen Effekt auf die Zielvariable Schwanzverletzung? All diese Fragen können anhand der folgenden Plots beantwortet werden. Durchgänge mit identischer Behandlung werden dabei gemeinsam analysiert und miteinander verglichen.

Durchgänge K1 und K2

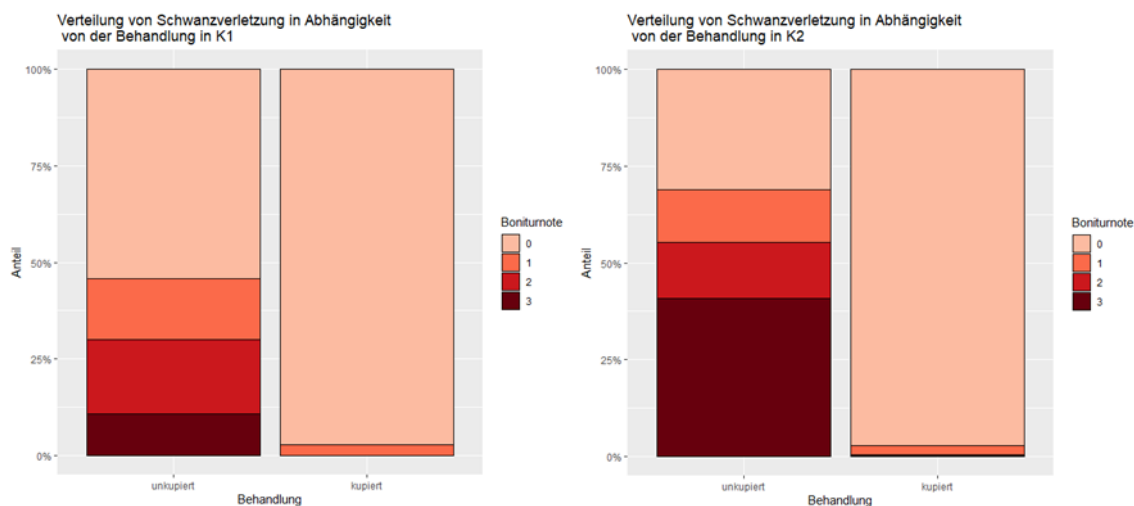


Abbildung 6: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K1 und K2

In diesen beiden Versuchsdurchgängen blieben nur die kupierten Ferkel nahezu komplett unverletzt. Bei den unkupierten Ferkeln hingegen trat jeder Verletzungsgrad auf. Mehr als die Hälfte der unkupierten Tiere wurden nicht begnadigt und erlitten eine Schwanzverletzung. Obwohl in diesen beiden Durchgängen dieselbe Behandlung durchgeführt wurde, ist der Anteil der schwerverletzten Schweine in K2 deutlich höher als in K1. Eine ähnliche Beobachtung konnte man bereits im obigen Plot zur Verteilung des Verletzungsgrads in allen 19 Durchgängen anstellen.

Durchgänge K3 und K4

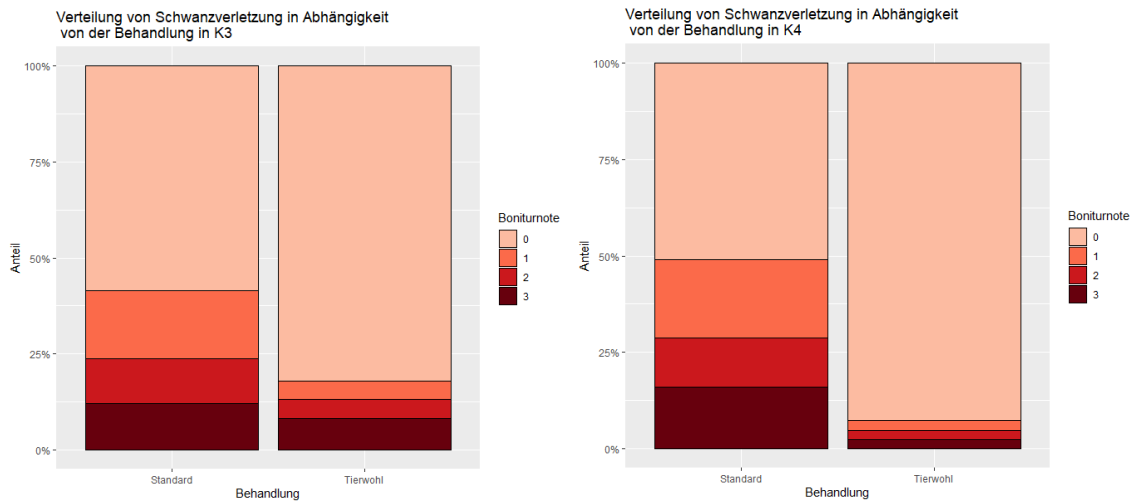


Abbildung 7: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K3 und K4

Hier kann man erkennen, dass in den Tierwohlbuchten weniger Ferkel verletzt werden als in den Standardbuchten. Zwar treten in beiden Bucharten alle Verletzungsgrade auf, allerdings ist der Anteil an verletzten Ferkeln in den Tierwohlbuchten insgesamt kleiner als in den Standardbuchten. Fast die Hälfte der Tiere in den Standardbuchten wiesen eine Verletzung am Schwanz auf, in den Tierwohlbuchten hingegen nur weniger als ein Viertel.

Durchgänge K5 und K6

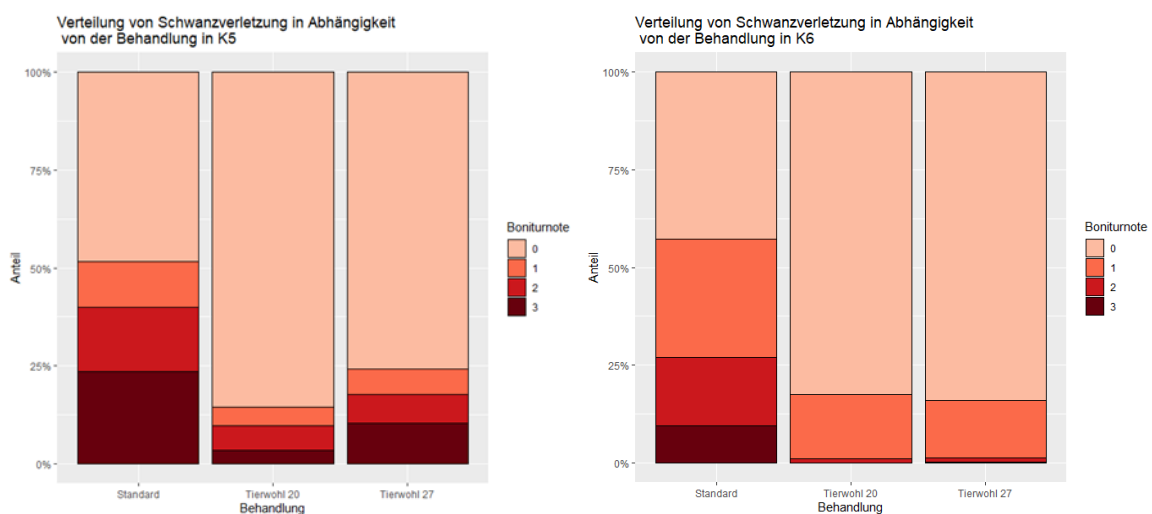


Abbildung 8: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K5 und K6

Wie in den zwei vorherigen Versuchsdurchgängen schnitten auch hier die Tierwohlbuchten besser ab als die Standardbucht. Mindestens die Hälfte der Ferkel in der Standardbucht wurden von den Schwanzbeißern nicht verschont. In den Tierwohlbuchten blieben die meisten Ferkel unverletzt. Lediglich in Durchgang K5 ist ein kleiner Unterschied zwischen den beiden Tierwohlbuchten mit unterschiedlicher Besatzungsdichte zu sehen. Die Tierwohlbucht mit dem größeren Platzangebot pro Ferkel weist einen minimal kleineren Anteil an verletzten Schweinen auf als in K6. Außerdem traten in K5 in allen drei betrachteten Buchten mehr Ferkel mit schwerer Schwanzverletzung auf als in K6.

Durchgang K7

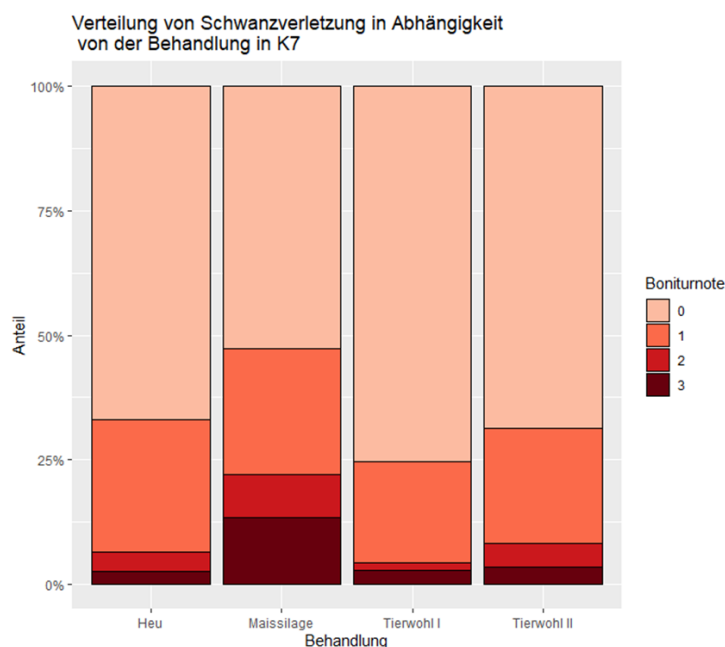


Abbildung 9: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K7

Bei jeder Behandlung traten alle Verletzungsgrade auf, wobei aber hauptsächlich keine oder nur leichte Verletzungen beobachtet wurden. Es gab nur wenige Ferkel die mittlere bis schwere Verletzungen aufwiesen. Die Tierwohlbuchten I und II und die Bucht mit Heueinsatz verhielten sich relativ ähnlich. Die Bucht mit Maissilageeinsatz dagegen weist im Vergleich zu den anderen drei Varianten einen höheren Anteil an verletzten Ferkeln auf.

Durchgang K8

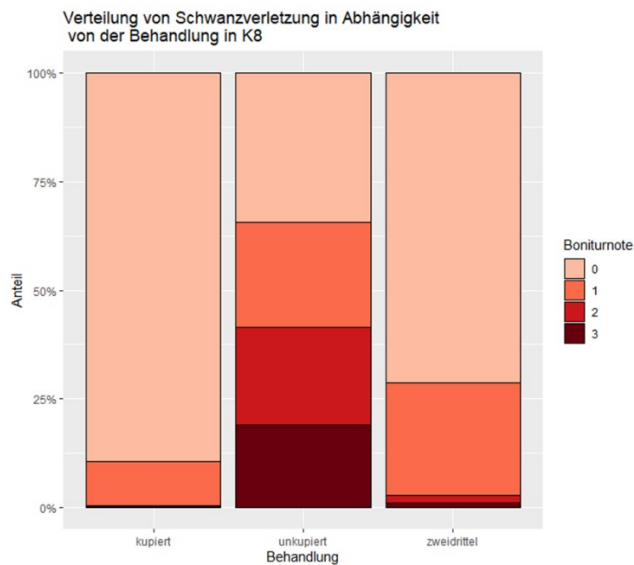


Abbildung 10: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K8

Unkupierte Ferkel wurden häufiger am Schwanz verletzt als kupierte Ferkel. Der Anteil der verletzten Ferkel unter den unkupierten Ferkeln ist sehr hoch. Im unkupierten Fall traten Schwanzverletzungen der Boniturnoten 1 bis 3 zu fast gleich großen Anteilen auf. In den kupierten Fällen traten meistens keine oder nur leichte Schwanzverletzungen auf. Bei den Ferkeln, bei denen nur noch ein Drittel des Schwanzes (d.h. Behandlung „kupiert“) erhalten blieb, wurden weniger Fälle mit Schwanzverletzungen entdeckt als bei Ferkeln, bei denen zwei Drittel des Schwanzes (d.h. Behandlung „zweidrittel“) erhalten blieben.

Durchgang K9

Die Verteilung der Schwanzverletzung bei den unterschiedlichen Vatterassen der Ferkel ist nahezu identisch. Unabhängig davon, welche Vatterasse ein Ferkel besaß, der Anteil der verletzten Schweine mit Verletzungsgrad 1,2 oder 3 ist bei beiden Vatterassen gleich hoch, nämlich ungefähr bei 50 Prozent.

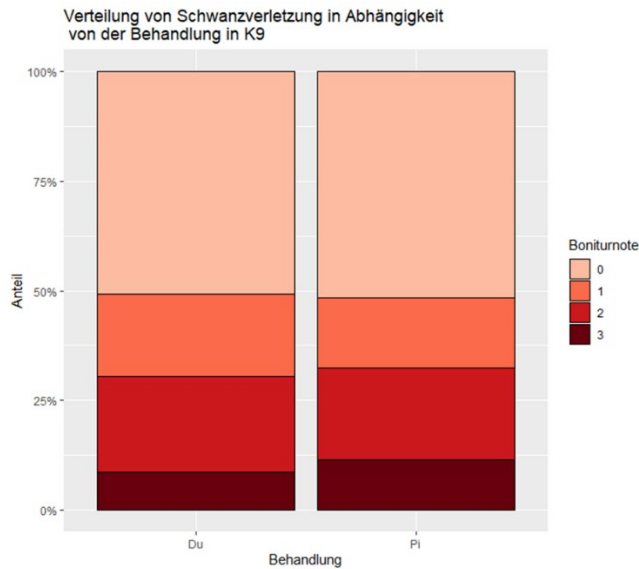


Abbildung 11: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K9

Durchgänge K10 und K11

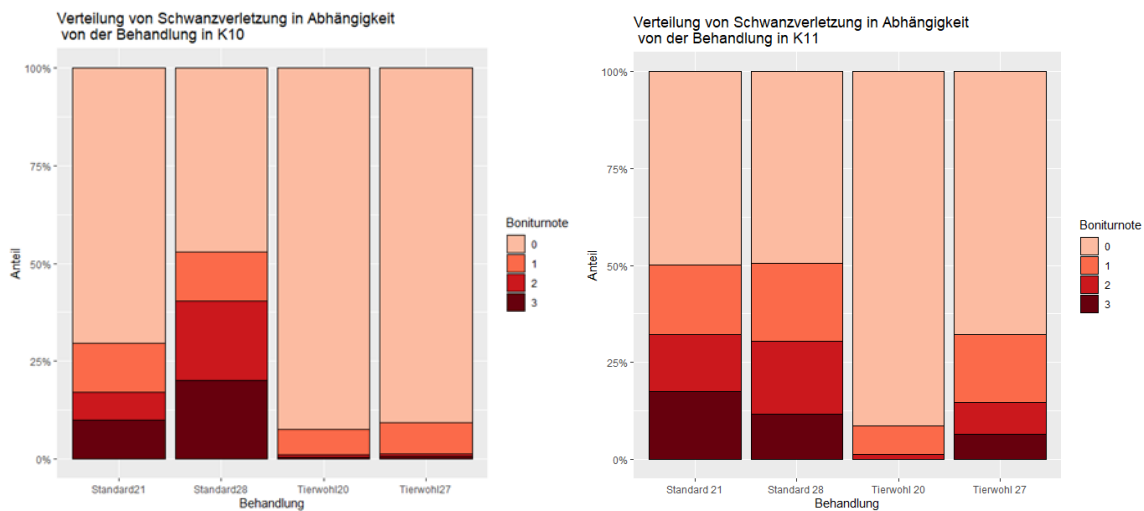


Abbildung 12: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K10 und K11

In den Durchgängen K10 und K11 wurden die Standardbuchten den Tierwohlbuchten, jeweils mit unterschiedlicher Besatzungsdichte, gegenübergestellt. Man sieht, dass die Tierwohlbuchten eine positivere Wirkung aufweisen als die Standardbuchten, denn in den Tierwohlbuchten blieben die meisten Ferkel unverletzt, während in den Standardbuchten jeder Verletzungsgrad auftrat. Zudem ist in Versuchsgang K10 zu beobachten, dass die Standardbucht mit der geringen Besatzungsdichte einen geringen Anteil an verletzten Ferkeln aufgewiesen hat als die Standardbucht mit der höheren Besatzungsdichte. In den Tierwohlbuchten dagegen hat die

Besatzungsdichte keinen Einfluss auf die Anzahl der verletzten Ferkel gehabt. In Durchgang K11 dagegen verhält es sich genau umgekehrt. Hier zeigt die unterschiedliche Besatzungsdichte in den Standardbuchten keinen Effekt, aber in den Tierwohlbuchten schon. In der Tierwohlbucht mit einem höheren Platzangebot sind weniger verletzte Ferkel zu beobachten als in der Tierwohlbucht mit weniger Platz für die einzelnen Ferkel.

Durchgänge K12 und K14

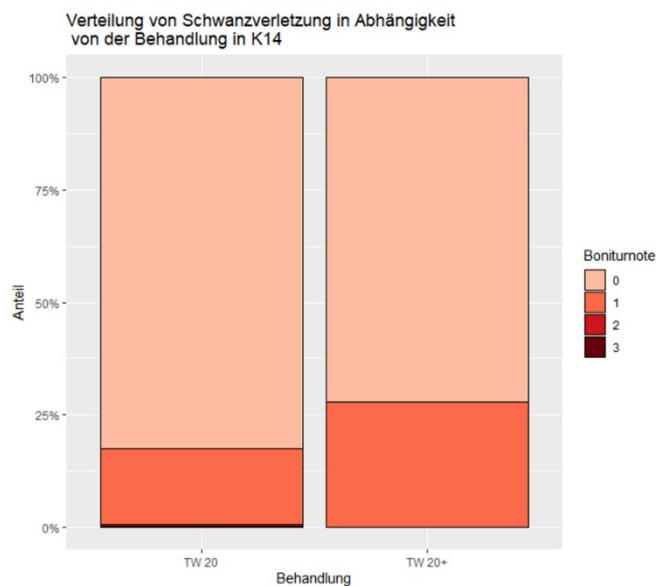


Abbildung 13: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K14

Für den Versuchsdurchgang K12 liegen keine Daten vor, weshalb hier nur der Durchgang K14 analysiert werden kann. In K14 traten hauptsächlich keine oder höchstens leichte Schwanzverletzungen auf. Zu beobachten ist zudem, dass es in der Tierwohlbucht mit Einstreu, im Vergleich zu der Bucht ohne Einstreu, mehr Ferkel mit leichten Schwanzverletzungen gab.

Durchgang K13

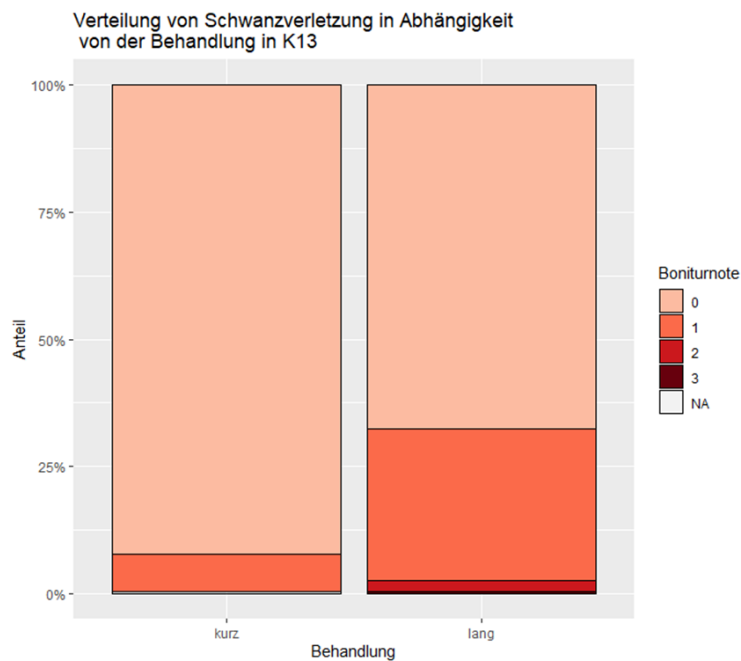
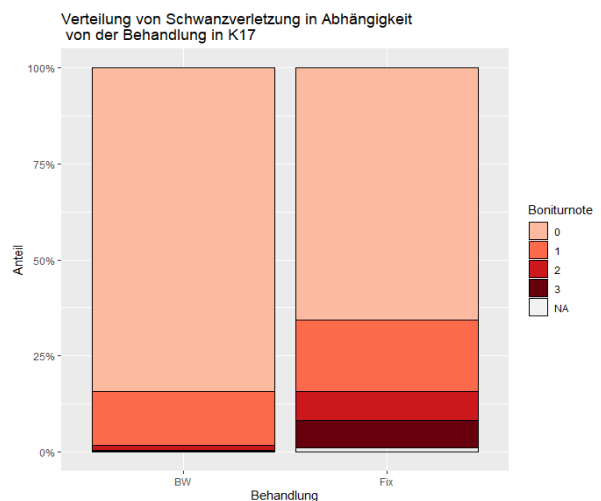
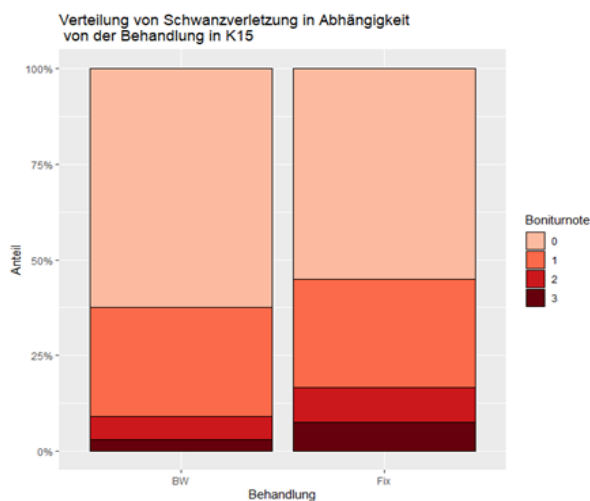


Abbildung 14: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K13

Ebenso wie in Durchgang K14 traten auch hier hauptsächlich keine oder nur leichte Schwanzverletzungen auf. Bei den Ferkeln, bei denen nur ein Drittel des Schwanzes entfernt wurde, also bei denen der Schwanz noch „lang“ ist, ist der Anteil der verletzten Schweine höher als bei den Ferkeln, bei denen der Schwanz „kurz“ ist.

Durchgänge K15, K17 und K19



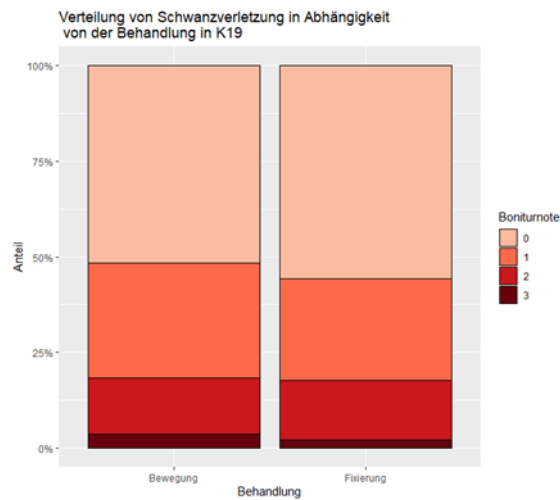


Abbildung 15: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K15, K17 und K19

In den Durchgängen K15 und K19 ist die Verteilung von Schwanzverletzung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Behandlung relativ gleich, denn in diesen beiden Durchgängen gab es keinen Unterschied zwischen den Bewegungs- und den Fixierungsbuchten. Nur in Durchgang K17 gab es einen Unterschied zwischen den beiden Bucharten. Hier ist der Anteil der Verletzungen in der Bewegungsbucht nur etwa halb so groß als in der Fixierungsbucht.

Durchgang K16

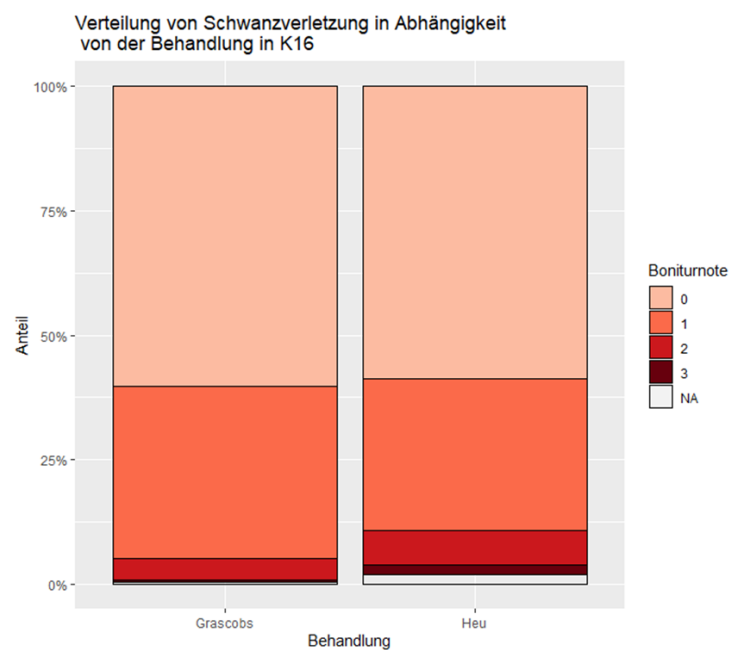


Abbildung 16: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K16

In K16 ist zu beobachten, dass es keinen Unterschied zwischen den Beschäftigungsfutterarten Heu und Grascobs gibt. Der Anteil der verletzten Ferkel ist bei beiden Varianten gleich hoch. Mehr als die Hälfte der Ferkel blieben unverletzt. Die restlichen Ferkel wiesen zum größten Teil nur leichte Verletzungen am Schwanz auf und nur wenige Ferkel litten an mittleren bis schweren Verletzungen.

Durchgang K18

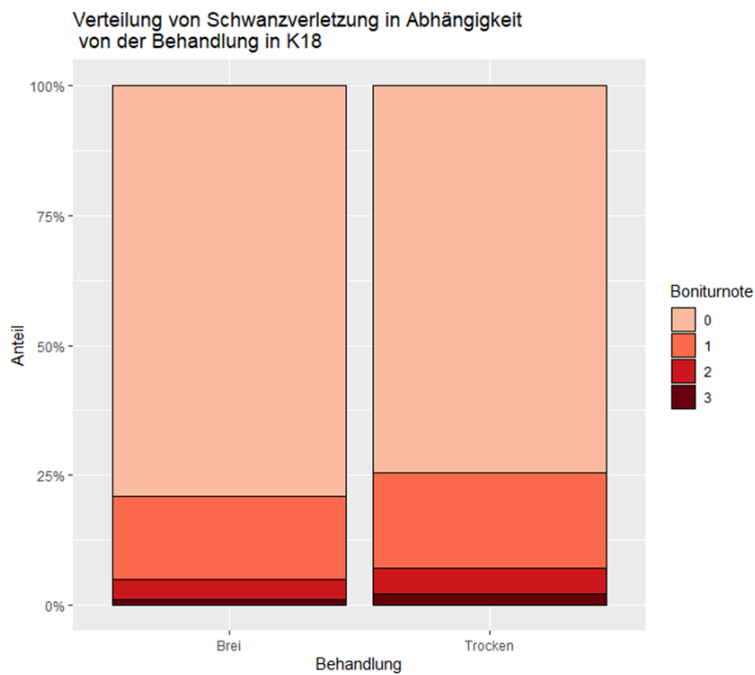


Abbildung 17: Vergleich der Behandlungen hinsichtlich der Verletzungen in K18

In diesem Durchgang gab es nur einen sehr geringen Unterschied zwischen den unterschiedlichen Futterarten. In der Bucht, in der die Ferkel Trockenfutter erhielten, gab es nur minimal mehr verletzte Schweine als in der Bucht mit Breifütterung. In beiden Fällen wurden ungefähr 25 Prozent der Ferkel am Schwanz verletzt.

Zeitreihenanalyse

Anhand der vorherigen Balkendiagramme wurde ersichtlich, dass die Zielvariable Schwanzverletzung am besten darüber Auskunft gibt, ob ein Ferkel am Schwanz gebissen wurde. Deshalb wird im Folgenden für diese Variable eine Zeitreihenanalyse präsentiert, bei der das Beißverhalten der Ferkel innerhalb der Durchgänge über die Zeit beobachtet wird.

Für die Zeitreihenanalyse werden jeweils die Durchgänge miteinander verglichen, in denen die gleiche Behandlung stattgefunden hat.

Durchgänge K1 und K2

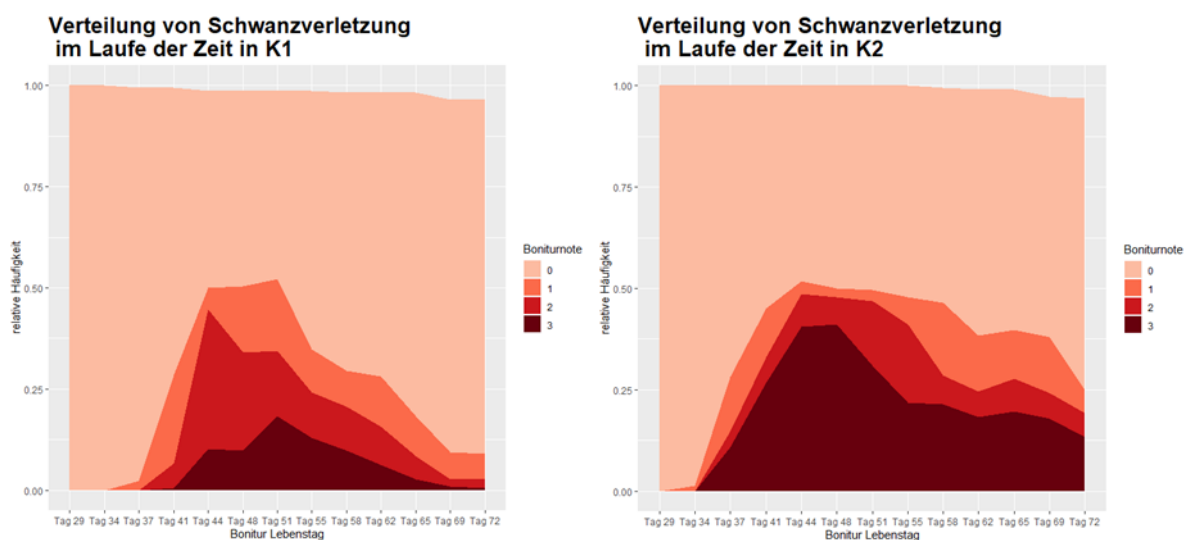


Abbildung 18: Zeitreihenplots für die Durchgänge K1 und K2

In den Durchgängen K1 und K2 wurden kupierte und unkupierte Ferkel miteinander verglichen. Man sieht hier, dass es am Anfang noch keine Schwanzverletzungen gegeben hat. Erst am Tag 34 oder 37 traten die ersten Schwanzverletzungen auf. Der Anteil der verletzten Ferkel stieg dabei am Anfang rasant an und ging dann mit der Zeit langsam zurück, weil unter den Ferkeln Schwanzbeißer identifiziert wurden. Diese wurden dementsprechend ausgestallt. In dem Plot können wir eine Ausstallung daran erkennen, dass der Plot oben nicht ganz bis zum Wert eins aufgefüllt ist. Weiterhin ist zu beobachten, dass in Durchgang K2 die mittleren bis schweren Schwanzverletzungen schon viel früher aufgetreten sind und über einen längeren Zeitraum andauert haben als in K1. In K2 ist bis zum Ende des Versuchs der Anteil der verletzten Ferkel noch sehr hoch, während dieser in K1 sehr stark zurück gegangen ist. Das könnten mögliche

Gründe sein, warum der Anteil der verletzten Ferkel in K2 insgesamt höher ist also in K1, obwohl in beiden Durchgängen dieselbe Behandlung durchgeführt wurde, wie man es vorhin an den gestapelten Balkendiagrammen im Abschnitt deskriptive Analysen sehen konnte.

Durchgänge K3 und K4

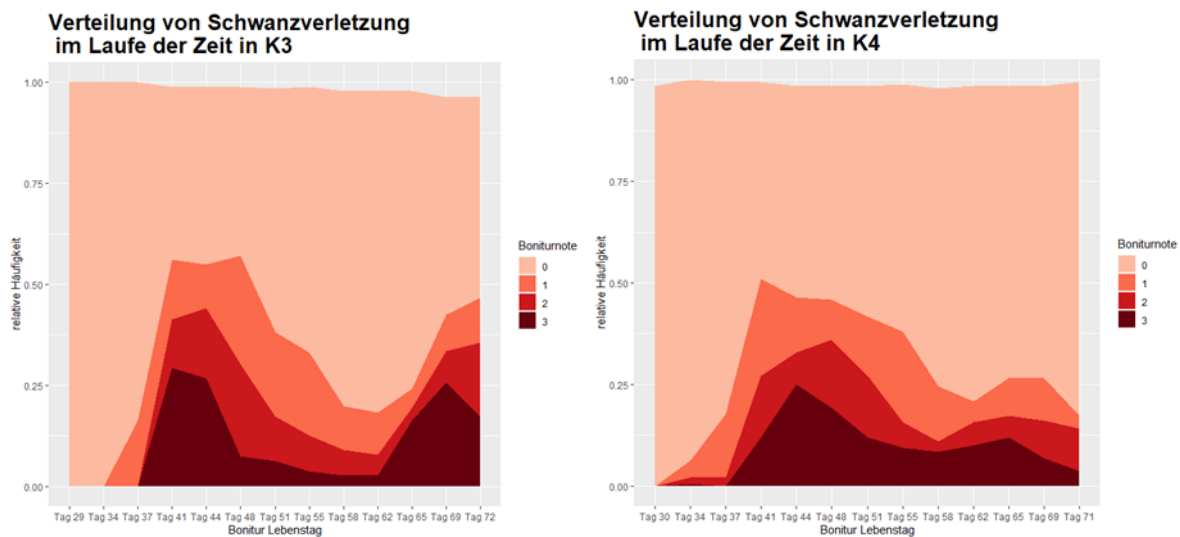


Abbildung 19: Zeitreihenplots für die Durchgänge K3 und K4

Hier traten in K3 die ersten Verletzungen am Tag 34 oder 37 auf. Der Anteil der verletzten Ferkel nahm anfangs stark zu, sank aber mit der Zeit ab. In beiden Durchgängen stieg der Anteil der verletzten Ferkel aber einige Zeit später, trotz Ausstallung der Schwanzbeißer, wieder an. Bis zum Ende hin wurden die neuen Beißer in K3 nicht identifiziert, weswegen verletzte Ferkelschwänze hier keine Seltenheit waren. In K4 dagegen gab es am Ende des Beobachtungszeitraums einen deutlich geringeren Anstieg der Verletzungen als in K3.

Durchgänge K5 und K6

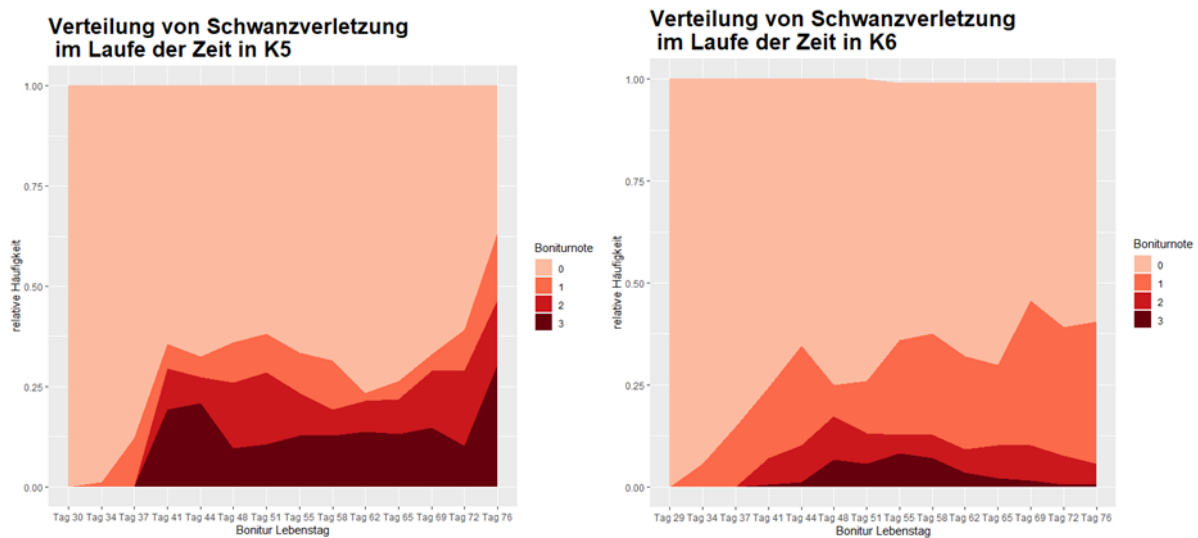


Abbildung 20: Zeitreihenplots für die Durchgänge K5 und K6

Verletzte Ferkel wurden schon am zweiten Boniturtag entdeckt. In K5 wuchs der Anteil der Ferkel mit Schwanzverletzungen schnell an, ging dann nach ein paar weiteren Boniturmessungen wieder leicht zurück und nahm gegen Ende hin wieder enorm zu. Dagegen gab es in Durchgang K6 nur wenige Ferkel, die eine mittel bis schwere Schwanzverletzung aufwiesen. Lediglich die Anzahl der leichtverletzten Ferkel nahm bis zum Ende des Versuchs fast stetig zu.

Durchgänge K10 und K11

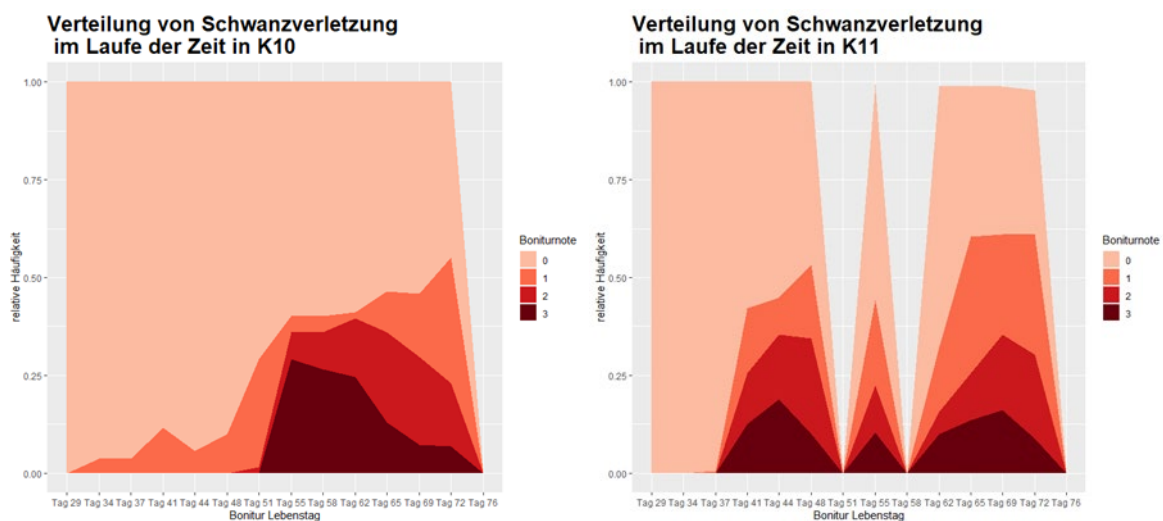


Abbildung 21: Zeitreihenplots für die Durchgänge K10 und K11

In Durchgang K10 wurden Standardbuchten und Tierwohlbuchten mit unterschiedlicher Besatzungsdichte miteinander verglichen. Zu beobachten ist, dass am Anfang gar keine oder nur leichte Schwanzverletzungen aufgetreten sind. Mittlere und schwere Verletzungen traten erst ab der Mitte des Versuchszeitraums auf. Dabei ist der Anteil der mittel- bis schwerverletzten Tiere sehr stark angestiegen und nahm bis zum Ende des Versuchs langsam ab, da auch hier die Schwanzbeißer identifiziert und ausgestallt wurden. Da in Durchgang K11 für zwei geplante Boniturtage keine Messungen vorliegen, hat der Plot eine ungewöhnliche Form angenommen.

Durchgänge K15, K17 und K19

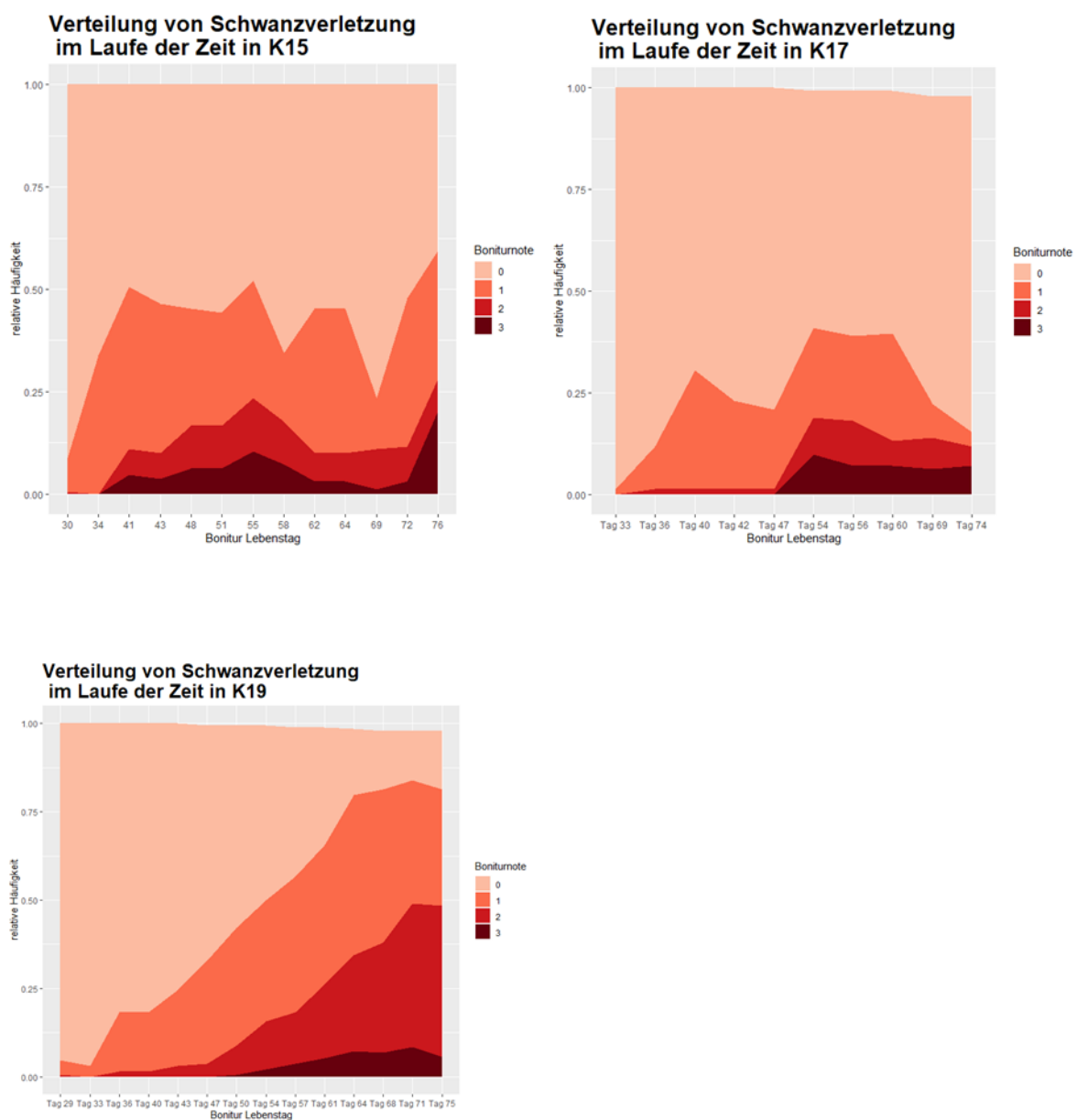


Abbildung 22: Zeitreihenplots für die Durchgänge K15, K17 und K19

Diese drei Durchgänge weisen keine ähnlichen Entwicklungen auf, obwohl bei allen dieselbe Behandlung durchgeführt wurde. In allen drei Durchgängen traten die Schwanzverletzungen schon relativ am Anfang auf. Vor allem wurden viele Ferkel mit leichten Schwanzverletzungen entdeckt. In Durchgang K15 gab es über den ganzen Versuchszeitraum insgesamt sehr viele Schweine mit Schwanzverletzungen. Selbst am Ende des Versuchs konnten die Schwanzbeißer nicht identifiziert werden. Auch in Durchgang K17 gab es einige Schwanzverletzungen, wobei die meisten dieser Verletzungen nur leichte Verletzungen waren. Mittlere bis schwere Schwanzverletzungen waren erst ab der Bonitur am Lebenstag 47 festzustellen. Die Anzahl der verletzten Schweine konnte hier bis zum Ende hin etwas minimiert werden. In K19 stieg der Anteil der Schwanzverletzungsfälle über den gesamten Versuchszeitraum an. Bis zum Schluss konnten nur wenige Schwanzbeißer identifiziert werden, wodurch es am Ende des Versuchs nur einen leichten Rückgang der Verletzungen gab.

Methodik bei der Regression

Im Folgenden soll das Zusammenwirken und der Einfluss mehrerer Variablen auf eine abhängige Variable, in dieser Analyse hauptsächlich die Variable Schwanzverletzung, anhand einer Regressionsanalyse überprüft werden. Doch bevor die Ergebnisse präsentiert werden, wird zum besseren Verständnis die angewandte Methodik, auch mit Beispielen des Projekts zur Ferkelaufzucht, genauer erklärt.

Dabei wird für die Erklärung schrittweise vom einfachen linearen Modell zum gemischten logistischen Regressionsmodell vorgegangen, welches letztendlich für die Regressionsanalyse gewählt wurde.

Einfaches lineares Regressionsmodell

Beim einfachen linearen Regressionsmodell sollen die Eigenschaften einer Zielvariable y in Abhängigkeit von einer Einflussgröße x , auch Kovariable genannt, beschrieben werden. Dadurch ergibt sich eine Modellgleichung für das i -te Ferkel durch:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \text{ für jedes Ferkel } i = 1, \dots, n$$

β_0 wird auch als Intercept oder Achsenabschnitt bezeichnet und β_1 gibt die x -fache Größe der Veränderung bei jedem Ferkel an. β_0 und β_1 werden aus den vorhandenen Daten jedes Ferkels berechnet, wodurch diese als systematische Komponente bezeichnet werden. Die stochastische Komponente stellen die zufälligen Abweichungen ε_i dar. Diese repräsentieren den Abstand der abhängigen Variablen bei jedem Ferkel von der aus den vorhandenen Daten geschätzten Geraden. Hierfür gilt für den Erwartungswert und die Varianz der zufälligen Abweichungen: $E(\varepsilon_i) = 0$ und $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$. Außerdem soll für die Fehlerterme ε_i gelten, dass sie unabhängig und identisch verteilt sind (Fahrmeir et al. 2009: 20-23).

Als Interpretationsbeispiel kann man die durchschnittlichen Zunahmen pro Tag eines Ferkels in einem Versuchsdurchgang anhand der durchschnittlichen Temperatur an einem Tag modellieren. Hierbei fließen alle Durchgänge ein, für die Klimadaten vorhanden sind. Der Intercept wird zu 0,232 geschätzt und für den Koeffizienten β_1 für die Zunahmen ergibt sich ein Wert von 0,01. Das heißt, dass ein Ferkel, das in einem Stall mit null Grad Celsius eingestallt werden würde, durchschnittlich 0,232 Kilogramm pro Tag während des Versuchsdurchgangs zunehmen würde. Für eine Erwärmung um ein Grad Celsius würden dann die Zunahmen pro Tag im Mittel um 0,01 Kilogramm steigen. Anhand dieser geschätzten Koeffizienten können auch

Werte vorhergesagt werden. So würde man beispielsweise erwarten, dass in einem Stall mit einer mittleren Temperatur von 30 Grad Celsius die Zunahmen pro Tag 0,232 Kilogramm + 0,01 Kilogramm * 30, also 0,532 Kilogramm betragen würden.

Multiples lineares Regressionsmodell

Im nächsten Schritt wird das multiple lineare Regressionsmodell betrachtet. Der Unterschied zur linearen Einfachregression liegt darin, dass nun mehrere Kovariablen, statt wie bisher einer, in die Berechnung miteinfließen. Verwendet man k verschiedene Einflussgrößen ergibt sich folgende Modellgleichung für das Ferkel i:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \text{ für jedes Ferkel } i = 1, \dots, n$$

Die Fehlerterme ε_i sind weiterhin unabhängig und identisch verteilt und für den Erwartungswert sowie die Varianz gelten dieselben Annahmen wie im einfachen linearen Modell (Fahrmeir et al. 2009: 24-30).

Für das Interpretationsbeispiel wird jetzt neben der Durchschnittstemperatur auch die mittlere relative Luftfeuchtigkeit als Einflussgröße betrachtet. Jetzt liegt der Intercept bei 0,210 und der geschätzte Koeffizient für die Temperatur beträgt wieder 0,01. Diese Übereinstimmung mit dem ersten Modell ist rein zufällig. Normal ist es sehr wahrscheinlich, dass sich die Koeffizienten für die Temperatur unterscheiden würden. In diesem Fall treten Unterscheidungen erst in höheren Nachkommastellen auf. Für die mittlere relative Luftfeuchtigkeit wurde ein Koeffizient von 0,001 geschätzt. Auch hier kann der Intercept wieder interpretiert werden. In einer Bucht mit null Grad Celsius und einer Luftfeuchtigkeit von null Prozent würden die Ferkel im Mittel 0,21 Kilogramm pro Tag zunehmen. Da aber die Wertebereiche der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit die Null nie enthalten, macht diese Interpretation keinen Sinn. Dafür eignen sich die geschätzten Werte der Koeffizienten der Einflussgrößen gut zum Interpretieren. Mit einem Temperaturanstieg von einem Grad Celsius würden sich die Zunahmen pro Tag unter sonst gleichbleibenden Bedingungen im Erwartungswert bei einem Ferkel um 10 Gramm erhöhen. Der Zusatz unter sonst gleichbleibenden Bedingungen ist bei Modellen mit mehreren Einflussgrößen wichtig, da die Interpretation eines Koeffizienten in diesem Maße nur funktioniert, wenn man davon ausgeht, dass bei den anderen Einflussgrößen keine Änderungen auftreten. Oft wird diese Bedingung durch *ceteris paribus* (c.p.) abgekürzt. Bei einem Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit um ein Prozent würde man eine Erhöhung der durchschnittlichen täglichen Zunahmen um ein Gramm erwarten (c.p.). Auch hier sind wieder Vorhersagen möglich, wenn

man für alle Einflussgrößen Werte annimmt. So erwartet man beispielsweise für ein Ferkel, dass in einem Stall mit 27 Grad Celsius und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 47 Prozent lebt, Zunahmen von $0,21 \text{ Kilogramm} + 0,01 \text{ Kilogramm} \cdot 27 + 0,001 \text{ Kilogramm} \cdot 47 = 0,527$ Kilogramm pro Tag.

In den bisherigen Beispielen war die abhängige Variable immer eine metrische Größe. Die Variablen Schwanzverletzung, Schwellung, Teilverlust und frisches Blut hingegen sind ordinale Variablen. Würde man versuchen, die binäre neu generierte Variable Schwanzverletzung, die den Wert eins annimmt, wenn keine Verletzungen auftreten, in Abhängigkeit von der mittleren Temperatur linear zu modellieren, erhält man als Intercept den Wert 0,08 und als Koeffizienten für die Temperatur 0,02. Dadurch würde man nur für einen Wert von 46 Grad Celsius prognostiziert bekommen, dass keine Schwanzverletzungen auftreten. Dieser Wert liegt aber nicht im Wertebereich der durchschnittlichen Temperatur. Des Weiteren kann die binäre Dummy-Variable Schwanzverletzung nur die Ausprägungen null und eins annehmen, wodurch die geschätzten Koeffizienten keinen Sinn ergeben. Folglich muss es für nicht-metrische Variablen andere Modellierungsmöglichkeiten geben.

Logistische Regression (Logit-Modell)

Diese Problematik führt zum logistischen Regressionsmodell, welches sich speziell eignet, um binäre abhängige Variablen zu modellieren. Die Einflussgrößen werden wieder durch den linearen Prädiktor $\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik}$ für das Ferkel i mit k Kovariablen dargestellt. Zur Vereinfachung wird dieser Prädiktor in der Matrixschreibweise durch $x_i' \beta$ dargestellt.

Durch die Wahl der logistischen Verteilungsfunktion kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass die abhängige Variable gegeben der Kovariablen die Ausprägung eins annimmt. Für die Variable Schwanzverletzung könnte somit die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass Verletzungen verhindert werden. Diese Wahrscheinlichkeit ist gegeben durch die Logit-Formel (Fahrmeir et al. 2009: 30-34):

$$P(y_i = 1|x_i) = \frac{\exp(x_i' \beta)}{1 + \exp(x_i' \beta)}$$

Da hier jedoch der lineare Prädiktor sowohl im Zähler als auch im Nenner exponiert wird, ist der Effekt der Erhöhung einer Einflussgröße nicht mehr linear wiedergebbar wie im linearen Modell zuvor. Eine einfachere Alternativinterpretation ist gegeben durch die Chancen, die

durch den Quotienten der Wahrscheinlichkeit, dass die Variable Y den Wert eins annimmt und der Wahrscheinlichkeit, dass die Variable Y den Wert null annimmt, dargestellt werden.

Anhand der Umkehrfunktion der Logit-Formel erhält man mit der Chance den linearen Prädiktor:

$$\log\left(\frac{P(y_i = 1|x_i)}{1 - P(y_i = 1|x_i)}\right) = \log\left(\frac{P(y_i = 1|x_i)}{P(y_i = 0|x_i)}\right) = x_i'\beta$$

Betrachtet man nur die Chancen ohne die Logarithmus-Funktion würde man den exponierten linearen Prädiktor erhalten. Dieser würde anhand der abhängigen Variable Schwanzverletzung wie folgt aussehen:

$$\frac{\text{keine Schwanzverletzung beim Ferkel } i}{\text{Schwanverletzung beim Ferkel } i} = \frac{P(y_i = 1|x_i)}{P(y_i = 0|x_i)} = \exp(x_i'\beta)$$

(Fahrmeir et al. 2009: 30-34)

Anhand der Chancen lassen sich auch Veränderungen bei den Kovariablen leichter beschreiben. Angenommen es würde die Variable Schwanzverletzung durch zwei Einflussgrößen modelliert werden. Die erste Kovariable ist metrisch und wird um eine Einheit erhöht, aber ansonsten bleiben die Bedingungen gleich, das heißt bei der zweiten Kovariablen wird keine Veränderung angenommen. Um den Effekt der Erhöhung nun herauszufinden, wird das Odds-Ratio gebildet, wobei die Chance mit der erhöhten Kovariablen ins Verhältnis zur Chance ohne die Erhöhung gesetzt wird. Mittels mathematischer Umformung ergibt sich folgende Formel (Fahrmeir et al. 2009: 194):

$$\begin{aligned} \frac{\frac{P(y_i = 1|x_{i1} + 1, x_{i2})}{P(y_i = 1|x_{i1}, x_{i2})}}{\frac{P(y_i = 1|x_{i1}, x_{i2})}{P(y_i = 0|x_{i1}, x_{i2})}} &= \frac{\exp(\beta_0 + (x_{i1} + 1)\beta_1 + x_{i2}\beta_2)}{\exp(\beta_0 + x_{i1}\beta_1 + x_{i2}\beta_2)} \\ &= \frac{\exp(\beta_0) * \exp(x_{i1}\beta_1) * \exp(\beta_1) * \exp(x_{i2}\beta_2)}{\exp(\beta_0) * \exp(x_{i1}\beta_1) * \exp(x_{i2}\beta_2)} = \exp(\beta_1) \end{aligned}$$

Somit erhöht sich die Chance, Schwanzverletzungen beim Ferkel i zu verhindern multiplikativ um den Faktor $\exp(\beta_1)$, wenn die erste Kovariable um eine Einheit erhöht wird (c.p.). Falls $\exp(\beta_1)$ kleiner als eins ist, verringert sich die Chance. Ist $\exp(\beta_1)$ gleich eins, bleibt die Chance gleich und eine Vergrößerung der Chance ist gegeben, wenn $\exp(\beta_1)$ größer als eins ist (Fahrmeir et al. 2009: 194).

Als Beispiel für eine mögliche Logit-Regression wird ein Modell geschätzt, bei dem das Auftreten von Schwanzverletzungen durch den Einfluss der Durchschnittstemperatur und der Behandlung modelliert wird. Da es sich bei der Behandlung um eine kategoriale Variable handelt, wird an dieser Stelle auch gleich auf die Besonderheiten bei kategorialen Einflussgrößen eingegangen. Hierbei muss zuerst eine Ausprägung dieser Variable als Referenzkategorie gewählt werden. Danach wird für jede andere Ausprägung ein Koeffizient geschätzt, der in Bezug auf die Referenzkategorie zu interpretieren ist. Für das Interpretationsbeispiel wird der Intercept mit -0,135 geschätzt und der Koeffizient für die Temperatur beträgt 0,024. Für die Behandlung werden stellvertretend die Koeffizienten für die Ausprägung kupiert und Tierwohl 20 gewählt. Diese betragen 0,474 und 0,366. Referenzkategorie ist die Standardbucht mit 28 unkupierten Ferkeln. Zur Interpretation werden die Koeffizienten noch exponiert, was für die Temperatur einen Wert von 1,024 ergibt. Das heißt, unter sonst gleichbleibenden Bedingungen bewirkt eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur um ein Grad Celsius eine Erhöhung der Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, im Mittel multiplikativ um den Faktor 1,024. Exponiert ergeben die geschätzten Koeffizienten für kupierte Ferkel und die Tierwohlbucht mit 20 Ferkeln Werte von 1,606 und 1,442. Das heißt im Mittel ist die Chance bei kupierten Ferkeln, Schwanzverletzungen zu verhindern, 1,606-mal so hoch als bei unkupierten Ferkeln in der Standardbucht (c.p.). Da dieser Wert größer ist als der Koeffizient der Tierwohlbucht 20 kann man behaupten, dass das Kupieren einen stärkeren positiven Einfluss hat als Ferkel in der Tierwohlbucht 20. Durch Einsetzen der Werte in die oben genannte Logit-Formel können auch Wahrscheinlichkeiten gebildet werden. So lässt die Wahrscheinlichkeit bei kupierten Ferkeln in einem Stall mit 27 Grad Celsius Schwanzverletzungen zu verhindern berechnen durch:

$$P(y_i = 1 | x_{i1} = 27, x_{i2} = \text{kupiert}) = \frac{\exp(-0,135 + 27 * 0,024 + 0,474)}{1 + \exp(-0,135 + 27 * 0,024 + 0,474)} = 0,728$$

Somit beträgt die Wahrscheinlichkeit knapp 73 Prozent.

Gemischte lineare Modelle

Da in jeden Versuchsdurchgang mehrere Messungen an verschiedenen Boniturtagen bei jedem Ferkel durchgeführt werden, handelt es sich um Longitudinaldaten, also zeitlich wiederholte Beobachtungen an Individuen. Hierbei können Effekte auftreten, die bei jedem Ferkel unterschiedlich sind. Beispielsweise ist es möglich, dass manche Ferkel verletzungsanfälliger sind oder anfälliger auf Klimaschwankungen reagieren. Um diesen Aspekt zu berücksichtigen,

können in gemischten Modellen für jedes Ferkel zusätzlich individualspezifische Effekte geschätzt werden, die als zufällige Effekte auftreten. Die Modellgleichung des linearen gemischten Modells ergibt sich zu (Fahrmeir et al. 2009: 254-261):

$$y_{ij} = x'_{ij}\beta + u'_{ij}\gamma_i + \varepsilon_{ij}$$

Den Doppelindex kann man anhand der Ferkelaufzucht erklären, falls beispielsweise für jedes Tier ein zufälliger Effekt geschätzt wird, der über die Tier-Nummer modelliert wird. y_{ij} würde dann für die Beobachtung des i-ten Ferkels am j-ten Bonitурtag stehen. Folglich kann i Werte zwischen eins und der Anzahl der Ferkel annehmen und für j können Werte zwischen eins und der Anzahl der Boniturtage beim jeweiligen Ferkel verwendet werden. Der lineare Prädiktor ist weiterhin durch den Ausdruck $x'_{ij}\beta$ gegeben, das heißt β stellt die festen Effekte dar, die geschätzt werden sollen. Die zufälligen Effekte sind durch den Ausdruck $u'_{ij}\gamma_i$ gegeben und ε_{ij} symbolisiert weiterhin die Störterme. Für diese Störterme gelten weiterhin dieselben Annahmen wie bisher im linearen Modell und für die zufälligen Effekte gilt, dass sie normalverteilt mit Erwartungswert 0 und Varianz σ^2_γ sind.

Als Interpretationsbeispiel für das gemischte lineare Modell wird das Beispiel vom einfachen linearen Regressionsmodell verwendet, das heißt die Zunahmen werden in Abhängigkeit von der mittleren Temperatur modelliert. Als Erweiterung zum gemischten Modell werden für jedes Tier mittels der Variable Tier-Nummer individualspezifische zufällige Effekte hinzugefügt. Die erwartete Zunahme für das Ferkel i am Bonitурtag j wird durch den geschätzten Effekt der Temperatur im Stall von Ferkel i am j-ten Bonitурtag und dem zufälligen Effekt von Ferkel i vorhergesagt. Hier ist allerdings zu beachten, dass es sich bei den Zunahmen um den Mittelwert des jeweiligen Durchgangs pro Tag handelt, sodass diese bei einem Ferkel an jedem Bonitурtag gleich sind. Jedoch bietet sich im Datensatz keine weitere metrische Variable an, die als abhängige Variable modelliert werden könnte und da es sich um Beispiele handelt, die zur Erklärung dienen sollen, wird dieser Aspekt nicht weiter beachtet. Folglich ergeben sich die geschätzten Koeffizienten für den Intercept zu 0,49 und für die mittlere Temperatur zu 0,00000000000036. Die Varianz des Tiereffekts beträgt 0,00093. Daraus folgt, dass mit der Erhöhung der Temperatur nur eine minimale Vergrößerung der Zunahmen angenommen wird. Jedoch gibt es bei den Voraussagen für dieselbe mittlere Temperatur zwischen den unterschiedlichen Ferkeln Schwankungen. Die Stärke dieser Schwankungen wird durch die Varianz des zufälligen Effekts ausgedrückt. Das heißt, je größer die Varianz der zufälligen Effekte, desto mehr schwanken die Ergebnisse um die durch die festen Effekte berechneten Vorhersagen.

Gemischtes logistisches Regressionsmodell

Aus den bisherigen vorgestellten Modellen können diese ausgewählt werden, die am besten dazu dienen, die Effekte auf das Verhindern von Schwanzbeißen zu schätzen. Das Schwanzbeißen wird im Folgenden hauptsächlich durch die generierte Variable Schwanzverletzung (im Datensatz: Sverletzjn) modelliert. Das Ziel der Analysen sollte es sein, die Effekte herauszufinden, die sich positiv auf das Verhindern von Schwanzbeißen auswirken. Deshalb wurde die Variable Schwanzverletzung (Sverletzjn) mit der Ausprägung „1“ codiert, sofern die ursprüngliche Variable Schwanzverletzung (Sverletz), die über den Grad der Verletzung Auskunft gibt, aussagt, dass bei der Bonitur keine Verletzung festgestellt wurde. Andernfalls, also wenn bei der Bonitur leichte, mittlere oder schwerere Verletzungen beobachtet wurden, erhielt die Dummy-Variable Schwanzverletzung die Ausprägung „0“, da es nicht gelungen ist, Verletzungen zu verhindern. Somit wird als anhängige Variable eine binäre Variable verwendet, wodurch man ein logistisches Regressionsmodell wählen würde. Ziel des Modells sollte es außerdem sein, Aussagen über alle 19 Durchgänge treffen zu können. Da sich diese aber inklusive Pausen über einen Zeitraum von mehr als sieben Jahren erstreckten und auch zu verschiedenen Jahreszeiten stattfanden, was unter anderem beim Klima zu Unterschieden führen kann, soll die Variable Durchgang als zufälliger Effekt aufgenommen werden. Dadurch soll auch beachtet werden, dass die Durchgänge von unterschiedlichen Betreuern begleitet wurden, was sich beispielsweise auf die Bewertung der Bonitur auswirken könnte. Als weiterer zufälliger Effekt soll die Variable Tier-Nummer modelliert werden, da es sich in den Durchgängen um Longitudinaldaten mit Messungen zu verschiedenen Tagen an denselben Ferkeln handelt. Zusätzlich könnte darüber diskutiert werden, ob man die Bucht als weiteren zufälligen Effekt aufnimmt. Doch dadurch, dass in den verschiedenen Buchten unterschiedliche Behandlungen stattgefunden haben, wodurch diese nicht immer vergleichbar sind, wird die Bucht nicht noch als zufälliger Effekt modelliert. Die Kombination der zufälligen Effekte mit dem Logit-Modell führt zu einem gemischten logistischen Regressionsmodell mit dem Prädiktor $x'_{ij}\beta + u'_{ij}\gamma_i$. Diesen Prädiktor erhält man durch den Ausdruck $\log\left(\frac{P(y_{ij}=1|\gamma_i)}{P(y_{ij}=0|\gamma_i)}\right) = x'_{ij}\beta + u'_{ij}\gamma_i$ (Fahrmeir et al. 2009: 279). Jedoch sollte man bei der Interpretation beachten, dass diese nur bedingt auf die zufälligen Effekte möglich ist. Erhöht man beispielsweise die Kovariable x_{ij} um eine Einheit gilt für das Chancenverhältnis:

$$\frac{\frac{P(\text{keine Schwanzverletzung}|x_{ij} + 1, \gamma_i)}{P(\text{Schwanzverletzung}|x_{ij} + 1, \gamma_i)}}{\frac{P(\text{keine Schwanzverletzung}|x_{ij}, \gamma_i)}{P(\text{Schwanzverletzung}|x_{ij}, \gamma_i)}} = \frac{\exp((x_{ij} + 1)\beta + \gamma_i)}{\exp(x_{ij}\beta + \gamma_i)} = \exp(\beta)$$

Das bedeutet, dass sich bei einer Erhöhung der Kovariable x_{ij} um eine Einheit die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, bedingt auf die zufälligen Effekte γ_i , unter sonst gleichbleibenden Bedingungen, multiplikativ um den Faktor $\exp(\beta)$ ändert.

Bedeutung von Signifikanzen

Nachdem das verwendete Regressionsmodell in der Theorie ausführlich erklärt wurde, wird vor der Interpretation der Ergebnisse der Modellierung noch auf die Bedeutung von Signifikanzen eingegangen, da dies von den Projektpartnerinnen ausdrücklich gewünscht war. Bei der Verwendung des Begriffs Signifikanz im statistischen Bereich spielen p-Werte eine wichtige Rolle. Anhand dieser kann entschieden werden, ob ein Einfluss bestimmter Variablen bei einem im Vorfeld festgelegten Signifikanzniveau α signifikant ist. Dies ist der Fall, falls der p-Wert kleiner als α ist. In der meisten Fällen wird für α der Wert 0,05 gewählt. Im R-Output wird eine Variable auf einem Niveau von 0.1 durch einen Punkt „.“ nach dem p-Wert als signifikant dargestellt. Signifikanz auf einem Niveau von 0,05 wird durch einen Stern „*“ symbolisiert. Zwei Sterne „**“ zeigen Signifikanz auf einem α -Niveau von 0,01 an. Falls nach dem p-Wert im R-Output drei Sterne „***“ folgen, ist die Variable auch auf einem Niveau von 0,001 signifikant, das heißt der p-Wert muss diesen Wert unterschreiten.

Bei der Berechnung der p-Werte spielen Hypothesentests eine wichtige Rolle. Mit ihnen soll der Einfluss einer Variablen bei der Modellierung untersucht werden. Dabei wird meistens die Nullhypothese $H_0: \beta_j = 0$ gegen die Alternativhypothese $H_1: \beta_j \neq 0$ getestet (Fahrmeir et al. 2009: 112). Um einen signifikanten Einfluss der im gemischten Logitmodell verwendeten festen Effekte festzustellen, wurde mithilfe des R-Package „car“ eine Anova-Analyse durchgeführt. Anhand von Wald-Tests, also einer bestimmten Art von Hypothesentests, wurden p-Werte berechnet, auf die bei der Interpretation genauer eingegangen wird. Als Letztes sei noch erwähnt, dass ein Vergleich der Stärke von Signifikanzen keinen Sinn macht. So sollten Aussagen, wie beispielsweise eine Variable mit einem p-Wert von 0,02 ist doppelt so signifikant wie eine Einflussgröße mit einem p-Wert von 0,04, vermieden werden.

Ergebnisse der Regressionsanalyse

Nachdem die statistische Methodik bereits ausführlich in der Praxis erläutert wurde, werden im Folgenden die Ergebnisse der Modellierung des Projekts zur Ferkelaufzucht präsentiert. Dabei spielen bei den Kovariablen besonders die Einflussgrößen, die von den Projektpartnerinnen im Erstgespräch als besonders interessant dekliniert wurden, eine wichtige Rolle. Dabei wurden die Behandlung, das Geschlecht, die Gewichtszunahmen, die Einstellung in einer Bucht mit Außenfenster sowie das Klima in Betracht gezogen.

Modell ohne Klimaeffekt

Da für die Versuchsdurchgänge K8-K10 sowie für K15 und K16 keine Klimadaten zur Verfügung stehen, wurde beschlossen zwei getrennte Modelle, einmal mit und einmal ohne Klimaeffekte zu schätzen, da bei einem gemeinsamen Modell alle Einflussgrößen der Ferkel ohne Klimadaten wegfallen würden. So wäre es beispielsweise nicht möglich, Aussagen über die Vatterasse zu treffen, da diese nur in K9 experimentell untersucht wurde. Die Modellgleichung zur Überprüfung der Effekte auf das Verhindern von Schwanzverletzungen ergibt ohne den Einfluss des Klimas und mit dem Durchgang sowie der Tier-Nummer als zufällige Effekte zu:

$$\text{Schwanzverletzung ja/nein} \sim \text{Behandlung} + \text{Geschlecht} + \text{Zunahmen} + \text{Fensterbucht} + \\ (1|\text{Tier-Nummer}) + (1|\text{Durchgang})$$

In dieses Modell fließen circa 40 Tausend Beobachtungen der Ferkel aus allen 18 Durchgängen, zu denen Daten vorliegen, ein. Bei der Behandlung wurde die Standardbucht mit 28 unkupierten Ferkeln als Referenzkategorie ausgewählt. Das bedeutet, dass die Koeffizienten der anderen Ausprägungen der Variable Behandlung im Vergleich mit der Standardbucht 28 zu interpretieren sind. Beim Geschlecht wurden männliche Ferkel als Referenz gewählt, sodass für weibliche Ferkel ein Wert geschätzt wird, der im Vergleich zu den männlichen Ferkeln betrachtet werden muss. Und bei der Fensterbucht stellt die Referenz die Buchten ohne Außenfenster dar. Der R-Output des Modells ohne Klimaeffekte gestaltet sich folgendermaßen:

```

Formula: Sverletzjn ~ Behandlung + Geschlecht + Zunahmen + Fensterbucht + (1 | Tier_Nr) + (1 | DG)
Data: klimasau_reg
      AIC      BIC    logLik deviance df.resid
43653.45 43868.44 -21801.72  43603.45    40095
Random effects:
Groups Name          Std.Dev.
Tier_Nr (Intercept)  0.6665
DG      (Intercept)  0.3098
Number of obs: 40120, groups: Tier_Nr, 3196; DG, 18
Fixed Effects:
(Intercept)          Behandlungunkupiert      Behandlungzweidrittel
      -0.040856             -0.651798             1.172003
      Behandlungkupierr      BehandlungStandard 21      BehandlungTierwohl 27
      3.115482             0.460092             1.630857
      BehandlungTierwohl 20      BehandlungTierwohl 20 F3      BehandlungTierwohl 20+ F3
      2.099961             1.670812             0.978149
      BehandlungTierwohl I      BehandlungTierwohl II      BehandlungMaissilage
      0.989418             0.657689             -0.119683
      BehandlungHeu      BehandlungGrascobs      BehandlungBrei
      0.513446             0.530032             1.450677
      BehandlungTrocken      BehandlungDu      BehandlungPi
      1.174954             -0.054979             -0.006788
      BehandlungFixierung      BehandlungBewegung      Geschlechtw
      0.391815             0.659016             0.049899
      Zunahmen      Fensterbuchtja
      0.097377             0.022422

```

Abbildung 23: R-Output des Modells ohne Klimaeffekte

Ganz oben wird noch einmal die Formel des Modells dargestellt. Danach folgen mit dem AIC und BIC Kriterien, die zur Überprüfung der Modellgüte dienen. Im Anschluss folgen die zufälligen Effekte und deren Standardabweichungen. Hierbei sieht man, dass die Abweichung der verschiedenen Ferkel bei den geschätzten Koeffizienten mit circa 0,67 deutlich größer ist, als die Unterschiede zwischen den Durchgängen, deren Standardabweichung bei ungefähr 0,31 liegt. Im Anschluss werden die geschätzten Koeffizienten der festen Effekte dargestellt. Deren Signifikanz kann anhand des Outputs der Anova-Analyse festgestellt werden:

```

Analysis of Deviance Table (Type II wald chisquare tests)

Response: Sverletzjn
             chisq Df Pr(>Chisq)
Behandlung   2295.4991 19  <2e-16 ***
Geschlecht    2.0633  1   0.1509
Zunahmen     0.3033  1   0.5818
Fensterbucht  0.2445  1   0.6209
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Abbildung 24: Signifikanzanalyse der verschiedenen Kovariablen

Dabei erkennt man auf den ersten Blick anhand der p-Werte, die in der letzten Spalte dargestellt sind, dass nur die Variable Behandlung statistisch signifikant ist.

Im Folgenden wird nun genauer auf die Analyse der geschätzten festen Effekte eingegangen. Dafür werden Koeffizientenplots verwendet, die anhand eines Beispiels mit allen geschätzten Koeffizienten erklärt werden.

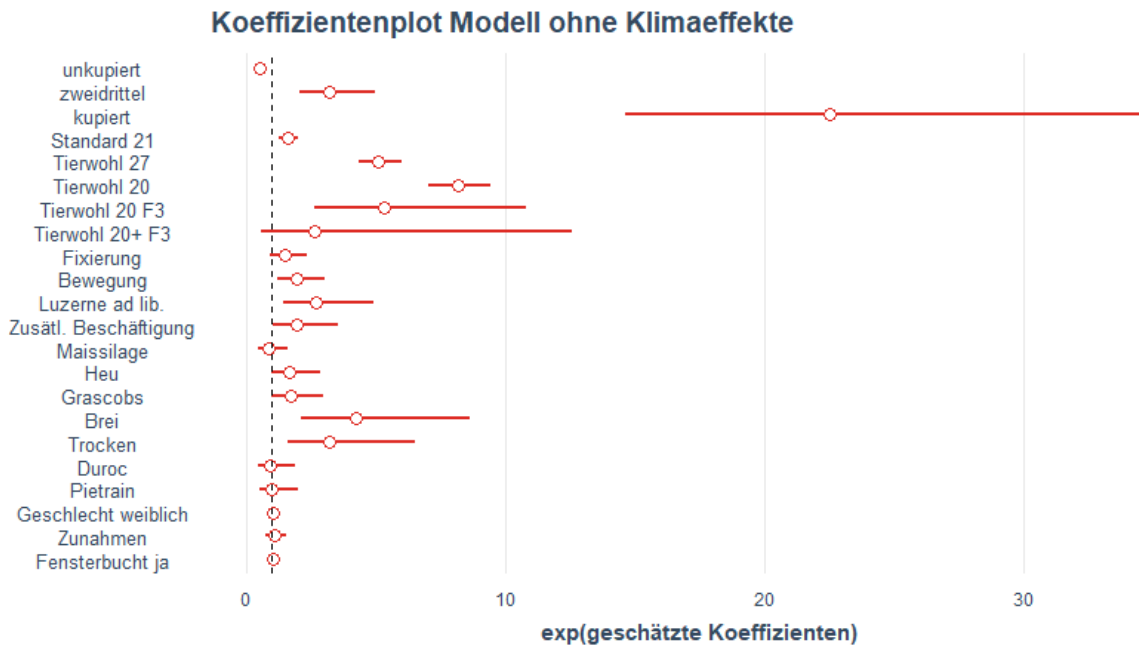


Abbildung 25: Beispiel Koeffizientenplot für das Modell ohne Klimaeffekt

Auf der linken Seite werden die Variablen oder Ausprägungen von Variablen dargestellt, deren geschätzte Koeffizienten in der Grafik angezeigt werden. Alle Werte wurden exponiert, das heißt, die kleinen Kreise bei der jeweiligen Variablen stehen für $\exp(\text{geschätzter Koeffizient})$. Es lässt sich behaupten, dass gegeben der vorliegenden Daten, die Schätzung genau diesen Wert, der durch den Kreis symbolisiert wird, annimmt. Die Linien, die sich ausgehend von dem geschätzten Wert in beide Richtungen erstrecken, stellen die 95%-Konfidenzintervalle dar. Daraus folgt, dass die geschätzten Koeffizienten in 95 von 100 Fällen einen Wert auf der Linie annehmen würden. Je mehr Daten als Grundlage für die Schätzung dienen, desto geringer ist die Unsicherheit und die Länge des Konfidenzintervalls ist deutlich geringer. So sieht man beispielsweise, dass bei der Schätzung des Einflusses des Geschlechts eine geringe Unsicherheit herrscht, da diese Variable in allen Durchgängen vorliegt. Konfidenzintervalle sind immer symmetrisch um den Mittelwert, also den Kreis. Dadurch dass die Schätzungen exponiert wurden, geht diese Symmetrie verloren, da eine nicht lineare Transformation stattgefunden hat. Auf der x-Achse wird der Wertebereich dargestellt, in dem die Schätzungen liegen. Die gestrichelte senkrechte Linie liegt genau bei eins und symbolisiert den Wert, bei dem ein exponierter

geschätzter Koeffizient keinen Einfluss der Kovariable anzeigt. Bei kategorialen Variablen würde sich die Referenzkategorie immer auf dieser gestrichelten Linie befinden. Links von dieser Linie wirken sich Einflussgrößen negativ auf das Verhindern von Schwanzverletzungen durch Schwanzbeißen aus. Einflüsse, deren geschätzter Wert rechts von dieser Linie liegt, haben eine positive Wirkung bei der Verhinderung von Verletzungen.

Diese Grafik lässt erkennen, dass sich fast alle betrachteten Einflussfaktoren positiv auf das Verhindern von Verletzungen auswirken. Um den Effekt der Kovariablen genauer zu analysieren, werden nachfolgend immer Ausschnitte mit nur wenigen Variablen gezeigt.

Einfluss der Schwanzlänge auf das Schwanzbeißgeschehen

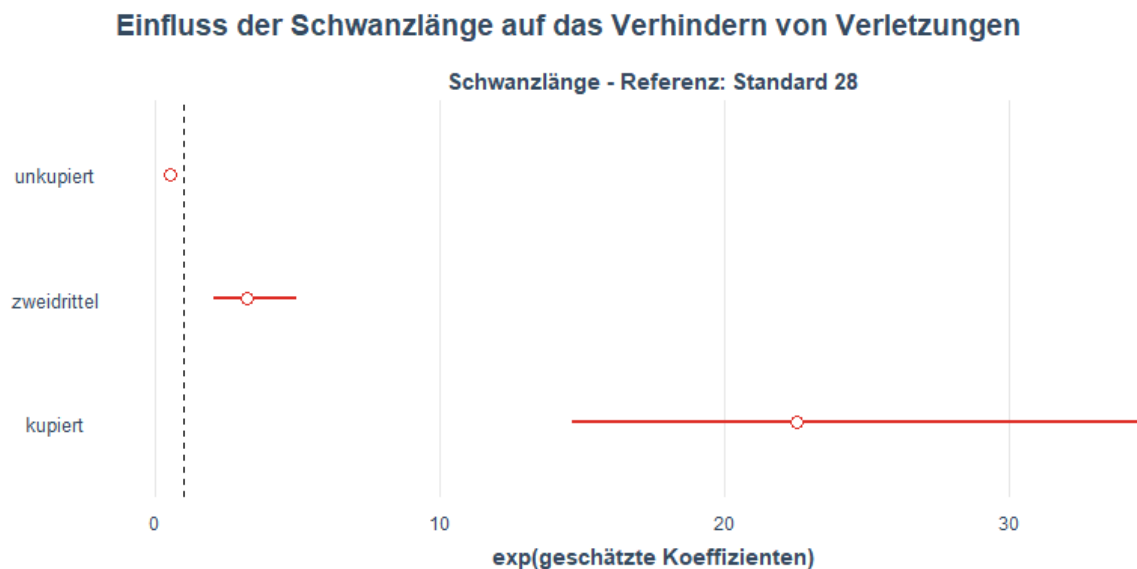


Abbildung 26: geschätzte Koeffizienten der Schwanzlänge

Der exponierte Koeffizient der Ausprägung unkupiert liegt bei 0,52. Das heißt, für unkupierte Ferkel in den Durchgängen K1, K2 und K8 ist die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern ungefähr halb so groß wie für unkupierte Ferkel in der Standardbucht 28 (c.p.). Der inhaltliche Unterschied zur Referenzkategorie wird durch die unterschiedliche Anordnung der Buchten in K1 und K2 begründet. In diesen beiden Durchgängen wurden immer unkupierte neben kupierten Ferkeln eingestallt (Jais und Abriel 2015: 32 f.). Ansonsten wurden immer mehrere Standardbuchten mit den unkupierten Ferkeln nebeneinander angeordnet. Deshalb wurde die Behandlung unkupiert nicht mit der Standardbucht 28 gleichgesetzt.

Ferkel, bei denen ein Drittel des Schwanzes entfernt wurde, weisen einen positiven Effekt auf das Verhindern von Schwanzverletzungen auf. Ihre Chance, unverletzt zu bleiben, ist unter sonst gleichbleibenden Bedingungen und bedingt auf die zufälligen Effekte ungefähr 3,2-mal so hoch als für Ferkel der Standardbucht 28, deren exponierter Koeffizient immer bei eins liegt. Den stärksten positiven Einfluss auf das Verhindern von Verletzungen hinsichtlich der Schwanzlänge, aber auch unter allen experimentellen Behandlungen, besitzen kupierte Ferkel, bei denen zwei Drittel des Schwanzes entfernt wurden. Ihre Chance unverletzt zu bleiben (c.p.), ist über 22-mal so groß als wie für Ferkel der Referenzkategorie. Wie oben bereits dargestellt ist die Variable Behandlung aufgrund des p-Werts von nahe null signifikant. Da diese Variable jedoch sehr viele Ausprägungen aufweist, können auch noch p-Werte aus dem R-Output für jede der Ausprägungen betrachtet werden. Diese liegen bei allen drei Schwanzlängen deutlich unter 0,05 und sind deshalb auf einem Signifikanzniveau von fünf Prozent signifikant.

Einfluss der Bucht auf das Schwanzbeißgeschehen

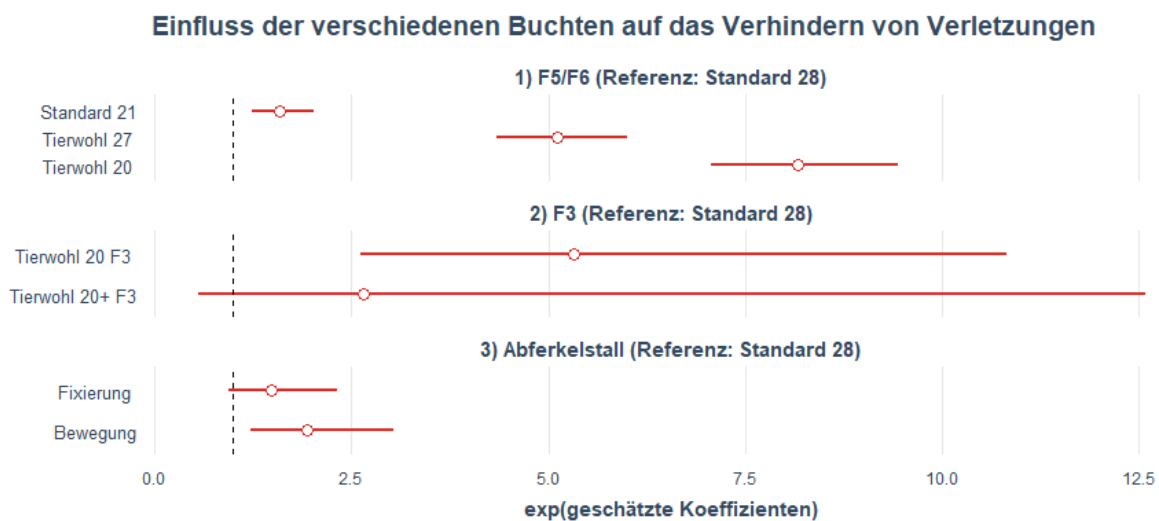


Abbildung 27: geschätzte Koeffizienten der unterschiedlichen Buchten

Bei den Buchten in den Abteilen F5 und F6 wurden in mehreren Versuchsdurchgängen immer Kombinationen aus Standardbuchten mit 28 und 21 Ferkeln sowie Tierwohlbuchten mit 27 und 20 Ferkeln untersucht. Aus diesen Durchgängen wurde die Standardbucht 28 als Referenzkategorie für die gesamte Variable Behandlung gewählt, weshalb diese Ausprägung keinen eigenen Koeffizienten besitzt. Im Vergleich zu dieser Referenz ist die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, für Ferkel aus der Standardbucht mit geringerer Besatzungsdichte circa

eineinhalb-mal so groß (c.p.). Einen deutlich stärkeren positiven Effekt weisen die Ferkel in den Tierwohlbuchten auf. Unter sonst gleichbleibenden Bedingungen ist die Chance für Ferkel in der Tierwohlbucht 27 unverletzt zu bleiben bedingt auf die zufälligen Effekte etwas mehr als dreimal so groß als in der Standardbucht 28. Die Chance, in der Tierwohlbucht mit reduzierter Besatzungsdichte unverletzt zu bleiben, erhöht sich multiplikativ um den Faktor 8,1 (c.p.) im Vergleich zur Referenzkategorie. Alle diese drei Koeffizienten sind aufgrund ihres sehr geringen p-Werts statistisch signifikant.

Die Tierwohlbucht 20 in Abteil F3 weist hingegen geringere Effekte auf. In der Variante ohne Einstreu ist die Chance für die eingestellten Ferkel, unverletzt zu bleiben, unter sonst gleichbleibenden Bedingungen und bedingt auf die zufälligen Effekte circa 5,3-mal so groß als für Ferkel in der Standardbucht 28. Auch diese Ausprägung ist statistisch signifikant. Keine Signifikanz aufgrund eines p-Wertes von 0,22 besitzt die Ausprägung Tierwohlbucht 20+ F3 mit zusätzlichem Einstreu. Im Vergleich zur Variante ohne Einstreu ist der positive Effekt nur noch ungefähr halb so stark. In der Tierwohlbucht 20+ F3 beträgt die Chance im Vergleich zur Standardbucht 28, bedingt auf die zufälligen Effekte am Schwanz unverletzt zu bleiben, nur noch multiplikativ circa den Wert 2,66 (c.p.).

Die in den Durchgängen K15, K17 und K19 getestete Einstellung in Fixierung- und Bewegungsbuchten führt zu den niedrigsten geschätzten Koeffizienten innerhalb der experimentellen Gestaltung der Buchten. Für die in der Fixierungsbucht eingestellten Ferkel erhöht sich die Chance, unverletzt zu bleiben, im Vergleich zur Standardbucht 28 multiplikativ um den Faktor 1,48 (c.p.). Der p-Wert dieser Ausprägung beträgt 0,09, wodurch dieser Effekt auf einem Signifikanz-Niveau von 0,05 nicht signifikant ist. Für die Ferkel in der Bewegungsbucht ist die Chance, keine Schwanzverletzung zu erleiden, bedingt auf die zufälligen Effekte knapp doppelt so groß als in der Standardbucht 28 (c.p.). Dieser Einfluss kann aufgrund des p-Werts von circa 0,005 als signifikant bezeichnet werden. Bei beiden Variationen sollte jedoch beachtet werden, dass es sich zwar um eine Standardbucht handelt, jeweils aber nur 24 Ferkel pro Bucht eingestellt waren und man anhand der Koeffizienten der vorherigen Buchten erkennt, dass eine Reduzierung der Besatzungsdichte bereits eine positive Wirkung auf das Schwanzbeißgeschehen besitzt.

Einfluss der weiteren Behandlungen auf das Schwanzbeißgeschehen

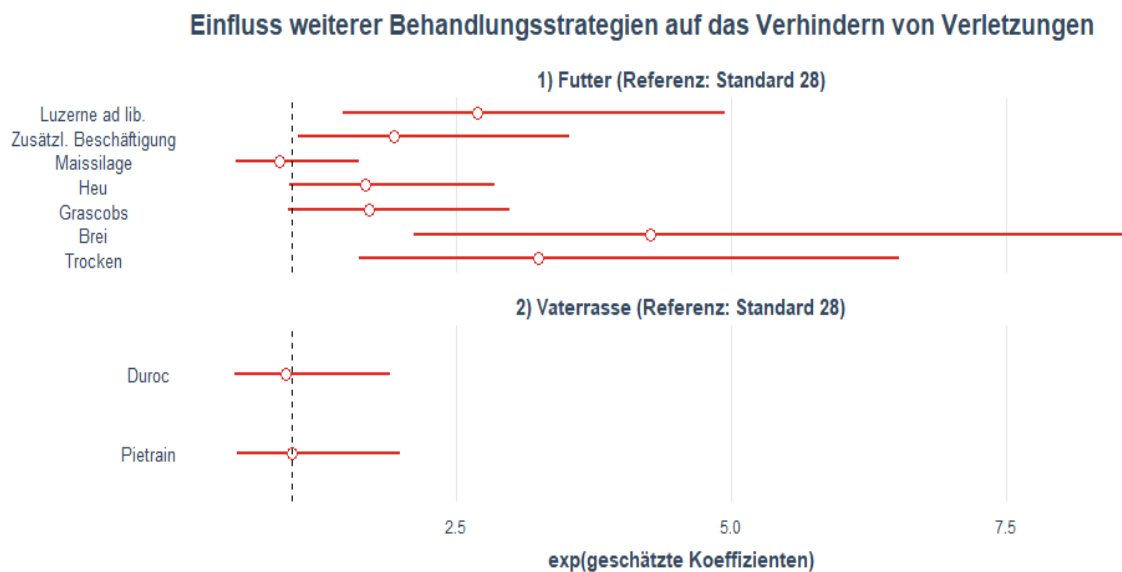


Abbildung 28: geschätzte Koeffizienten weiterer Behandlungsstrategien

Nach der Schwanzlänge und den verschiedenen Buchten werden im Folgenden die weiteren Varianten der Variable Behandlung analysiert. Sofern den Ferkeln die ganze Zeit Luzernenhäcksel nach Belieben zur Verfügung (Tierwohlbucht I) stehen, ist die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, bedingt auf die zufälligen Effekte und unter sonst gleichbleibenden Bedingungen circa 2,7-mal so groß als in der Standardbucht mit 28 Ferkeln. Der p-Wert dieser Ausprägung beträgt 0,0014 und drückt somit einen signifikanten Einfluss aus. Ebenfalls einen signifikant positiven Einfluss auf das Verhindern von Verletzungen weist das zusätzliche Beschäftigungsangebot der Tierwohlbucht II auf. Hier ist die Chance multiplikativ um den Faktor 1,93 höher als in der Standardbucht 28 (c.p.). Die Fütterung mit Maissilage wirkt sich negativ auf die Verhinderung von Verletzungen aus. Der geschätzte exponierte Koeffizient von 0,88 besagt, dass bedingt auf die zufälligen Effekte die Chance für mit Maissilage gefütterte Ferkel unverletzt zu bleiben, leicht geringer ist als für Ferkel in der Standardbucht 28 (c.p.). Jedoch ist dieser Effekt durch einen p-Wert von knapp 0,7 nicht signifikant. Auf einem Signifikanzniveau von fünf Prozent ist die Fütterung mit Heu sowie mit Grascobs ebenfalls nicht signifikant. Für beide Fütterungsarten ist die Chance der Ferkel, keine Schwanzverletzung zu erleiden, ungefähr 1,7-mal so groß als für die in der Referenzkategorie eingestellten Ferkel (c.p.). Die Fütterung mit Brei- und Trockenfutter besitzt wieder stärkere Effekte auf das Schwanzbeißgeschehen. Aufgrund von p-Werten nahe an null sind beide Ausprägungen statistisch signifikant. Bei der Breifütterung ist die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, ungefähr 4,27-mal so groß

als in der Standardbucht mit 28 Ferkeln bedingt auf die zufälligen Effekte und sonst gleichbleibenden Bedingungen bei den anderen Variablen. Für das Trockenfutter ist die Chance 3,23-mal so groß als in der Referenzkategorie (c.p.). Aufgrund des stark positiven Einflusses, sollte jedoch berücksichtigt werden, dass in K18 beim Vergleich von Brei- und Trockenfutter jeweils nur 16 Ferkel pro Bucht eingestallt waren.

Das aufgestellte Regressionsmodell zeigt, dass die Vatterasse beim Schwanzbeißgeschehen keinen großen Einfluss besitzt. Sowohl für die Besamung mit Duroc-Ebern als auch mit Pietrain-Ebern beträgt der p-Wert über 0,85 und erreicht somit fast den maximal möglichen Wert von eins. Für beide Rassen ist der Einfluss leicht negativ. Das heißt, dass die Chancen, Schanzverletzungen zu verhindern, minimal geringer sind (c.p.) als in der Standardbucht 28, in der die Ferkel mit Pietrain-Ebern besamt wurden. Für die Pietrain-Eber wurde ein eigener Koeffizient geschätzt, da in Durchgang K9 aufgrund von Krankheitsfällen in jeder Bucht nur 23 Ferkel eingestallt waren.

Einfluss der weiteren Variablen auf das Schwanzbeißgeschehen

Neben der Variable Behandlung wurden die Schwanzverletzungen im Modell ohne Klimateffekte noch anhand drei weiterer Einflussgrößen modelliert, welche im Folgenden analysiert werden:

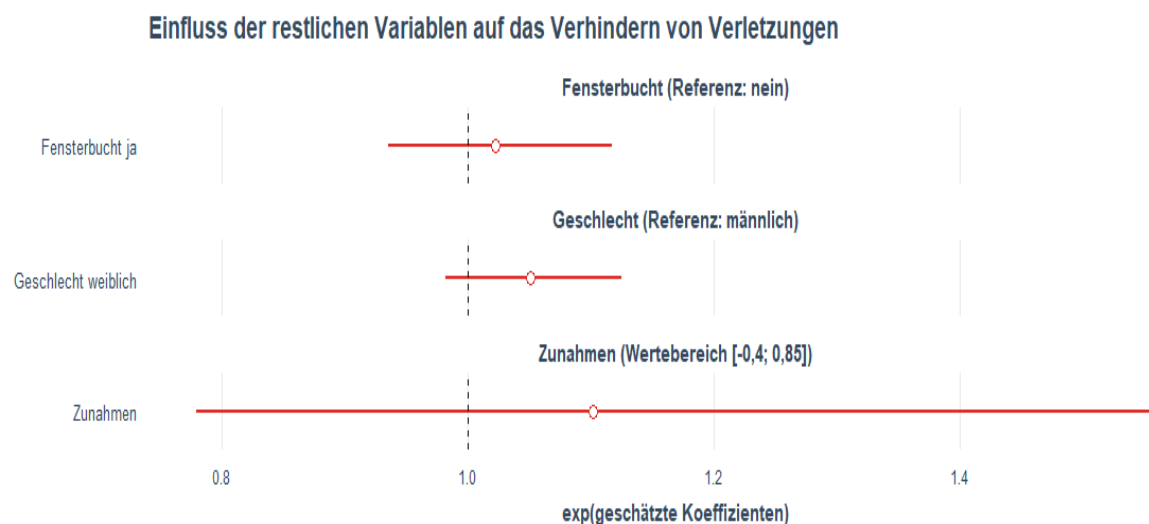


Abbildung 29: Einfluss der weiteren Variablen

Wie bereits am Anfang der Analysen anhand des Outputs mit der Anova-Analyse festgestellt wurde, kann keine der weiteren Variablen auf einem Niveau von fünf Prozent als statistisch

signifikant bezeichnet werden. Das Vorhandensein einer Fensterbucht wirkt sich minimal positiv auf das Verhindern von Verletzungen aus. In diesen Buchten ist die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, bedingt auf die zufälligen Effekte und unter sonst gleichbleibenden Bedingungen 1,02-mal so groß als in Buchten ohne Außenfenster.

Weibliche Ferkel weisen einen leicht positiven Effekt auf das Verhindern von Schwanzverletzungen auf. Für sie ist die Chance, unverletzt zu bleiben, 1,05-mal so groß als wie für männliche Ferkel (c.p.).

Auch mit einem steigenden Gewicht wächst für Ferkel die Chance, unverletzt zu bleiben. Mit jedem Kilogramm, das Ferkel durchschnittlich an jedem Tag in einem Versuchsdurchgang zunehmen, steigt die Chance multiplikativ um den Faktor 1,10 an (c.p.). Jedoch muss hierbei der Wertebereich der Variable Zunahmen beachtet werden. Dieser liegt in allen Durchgängen für alle untersuchten Ferkel zwischen -0,4 und 0,85. Das heißt, dass es keine Ferkel gibt, die täglich im Mittel ein ganzes Kilo zunehmen, was bedeutet dass der Effekt der Zunahmen nochmals geringer betrachtet werden muss.

Betrachtung der zufälligen Effekte und Interpretation auf Wahrscheinlichkeitsebene

Neben den vier festen Effekten wurde das Schwanzbeißgeschehen auch durch die zufälligen Effekte Durchgang und Tier-Nummer modelliert. Dabei bleiben die festen Effekte für jedes Ferkel in allen Durchgängen gleich, jedoch wird für jedes Ferkel und jeden Durchgang ein eigener Intercept geschätzt. Dadurch verändert sich der Prädiktor $x'_{ij}\beta + u'_{ij}\gamma_i$ und durch das Einsetzen in die Formeln werden für die unterschiedlichen Ferkel in den diversen Durchgängen trotz gleicher fester Effekte verschiedene Wahrscheinlichkeiten berechnet. Im Folgenden werden einige Interpretationsbeispiele auf Wahrscheinlichkeitsebene betrachtet, bei denen die Kombination von festen und zufälligen Effekten eine Rolle spielt. Als erstes wird das Ferkel mit der Nummer 25304 aus Durchgang eins betrachtet. Es ist männlich, kupiert, lebt in einer Bucht ohne Außenfenster und die durchschnittlichen täglichen Zunahmen belaufen sich auf circa 0,607 kg. Der Intercept für diese Tier-Nummer nimmt den Wert -0,695 an. Der Intercept für Durchgang eins beträgt 0,645. Die Wahrscheinlichkeit für dieses Ferkel unverletzt zu bleiben, beträgt:

$$\pi = \frac{\exp(-0,695 + 0,645 + 3,115 + 0 * 0,049 + 0,607 * 0,097 + 0 * 0,022)}{1 + \exp(-0,695 + 0,645 + 3,115 + 0 * 0,049 + 0,607 * 0,097 + 0 * 0,022)} = 0,958$$

Die Wahrscheinlichkeit für dieses Ferkel, unverletzt zu bleiben beträgt also fast 96 Prozent. Betrachtet man dasselbe Ferkel und nimmt an, dass es nicht kupiert gewesen wäre, aber alle anderen Ausprägungen gleichblieben. Dann würde nur noch eine Wahrscheinlichkeit von 50,2 Prozent vorausgesagt werden. Anhand der Interpretation auf Chancenebene hat man gesehen, dass unter sonst gleichbleibenden Bedingungen, die Chance für kupierte Tiere, unverletzt zu bleiben, ungefähr 22-mal so hoch ist als in der Standardbucht 28, während die Chance für unkupierte Tiere geringer ist als für Ferkel in der Standardbucht 28. Dieser große Unterschied auf der Ebene der Chancen ist also auch auf Wahrscheinlichkeitsebene sichtbar.

Um den Effekt der zufälligen Effekte zu verdeutlichen wird das Ferkel 25391 aus dem ersten Durchgang betrachtet. Es besitzt für alle Variablen exakt die gleichen Eigenschaften wie das gerade betrachtete Ferkel. Da beide im gleichen Durchgang eingestallt waren ist auch dieser Intercept gleich. Der geschätzte Intercept für die Tier-Nummer beträgt bei diesem Ferkel 0,070. Dadurch beträgt die Wahrscheinlichkeit für dieses Tier, unverletzt zu bleiben:

$$\pi = \frac{\exp(0,070 + 0,645 + 3,115 + 0 * 0,049 + 0,607 * 0,097 + 0 * 0,022)}{1 + \exp(0,070 + 0,645 + 3,115 + 0 * 0,049 + 0,607 * 0,097 + 0 * 0,022)} = 0,980$$

Die Wahrscheinlichkeit ist also mit 98 Prozent aufgrund des zufälligen Effekts um über zwei Prozentpunkte größer als für das Ferkel 25304. Ebenso ist die vorausgesagte Wahrscheinlichkeit für das Ferkel 25391, wenn es unkupiert wäre, mit circa 68 Prozent größer als für das Ferkel 25304 im unkupierten Fall. Anhand dieses Beispiels soll verdeutlicht werden, welchen Einfluss die zufälligen Effekte bei der Modellierung spielen. Jedoch können die Unterschiede zwischen unterschiedlichen Ferkeln oder zwischen den verschiedenen Durchgängen auch kleiner oder größer sein, da die gewählten Ferkel zufällig gezogen wurden. Als Maß für die Schwankungen kann die Standardabweichung aus dem obigen R-Output betrachtet werden. Diese beträgt für die Variable Tier-Nummer 0,67 und für den Durchgang circa 0,31. Das bedeutet, dass zwischen den Ferkeln größere Unterschiede bezüglich der vorhergesagten Wahrscheinlichkeiten bestehen als wie zwischen den Durchgängen.

Als weiteres Beispiel für die Interpretation der festen Effekte wird noch Durchgang 10 betrachtet. Der geschätzte Intercept für diesen Durchgang beträgt 0,231. Für die Analyse wurde exemplarisch das Ferkel mit der Tier-Nummer 35678 ausgewählt. Der personenspezifische Intercept liegt bei -0,483. Dieses Ferkel wurde gewählt, da es bei allen kategorialen Variablen die Referenzkategorien besitzt. Es ist in der Standardbucht 28 ohne Außenfenster eingestallt, männlich und die mittleren täglichen Zunahmen betragen 0,574 kg. Die prognostizierte Wahrscheinlichkeit für dieses Tier, keine Schwanzverletzung zu erhalten, liegt bei circa 45 Prozent. Wäre

dieses Ferkel anstatt in der Standardbucht 28 in der Standardbucht mit reduzierter Besatzungsdichte eingestallt würde die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit unter sonst gleichbleibenden Bedingungen auf knapp 57 Prozent steigen. Für die Tierwohlbucht 27 würde ein Wert von circa 81 Prozent und für die Tierwohlbucht mit 20 Ferkeln von knapp 86 Prozent vorhergesagt werden (c.p.).

Jetzt werden wieder die tatsächlichen Ausprägungen des Ferkels 35678 betrachtet. Es ist also in der Standardbucht 28 eingestallt. Wäre es weiblich anstatt männlich, würde die prognostizierte Wahrscheinlichkeit leicht von 45 Prozent auf 46 Prozent ansteigen (c.p.). Eine Einstallung in einer Fensterbucht unter sonst gleichbleibenden Bedingungen würde die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit dieses Ferkels um weniger als einen Prozentpunkt erhöhen. Die größte Wahrscheinlichkeit würde das Ferkel besitzen, wenn in der Tierwohlbucht 20 mit Fenster eingestallt und weiblich wäre. Diese würde dann knapp 87 Prozent betragen, wenn die täglichen Zunahmen weiterhin 0,574 kg betragen würden.

Vergleich der abhängigen Variablen Schwanzverletzung und frisches Blut

Bei der bisherigen Modellierung wurde das Schwanzbeißgeschehen immer in Abhängigkeit der binären Variable Schwanzverletzung ja/nein modelliert. Um die Güte dieses Modells zu überprüfen, wird im Folgenden ein Vergleich mit der Modellierung des frischen Bluts als abhängige Variable gezogen. Aus den Daten geht hervor, dass das Auftreten von frischem Blut immer auch mit einer Schwanzverletzung einhergeht. Deshalb wird vermutet, dass die geschätzten Koeffizienten für beide abhängigen Variablen relativ ähnlich sind. Die Überprüfung dieser Vermutung wird wieder anhand eines Koeffizientenplots modelliert. Dieses Mal werden für jede Kovariable zwei Parameter geschätzt. Der rote Kreis stellt das Modell mit der Schwanzverletzung als abhängige Variable dar und blau symbolisiert die Modellierung des frischen Bluts. Dabei fällt auf, dass es bei den Effekten keine großen Unterschiede zwischen den beiden Modellierungen gibt. Die Richtung des Einflusses einer Kovariablen wird anhand der Daten meistens für beide Modelle gleich geschätzt. Unterschiede gibt es lediglich bei den nicht signifikanten Einflüssen, deren exponierte Koeffizienten beide Male nahe an der gestrichelten Linie liegen. Beispielsweise ist der Einfluss der Ausprägungen der Vatterasse im Modell mit dem frischen Blut nicht mehr negativ, sondern positiv. Bei manchen Kovariablen gibt es noch Unterschiede hinsichtlich der Stärke des Effekts.

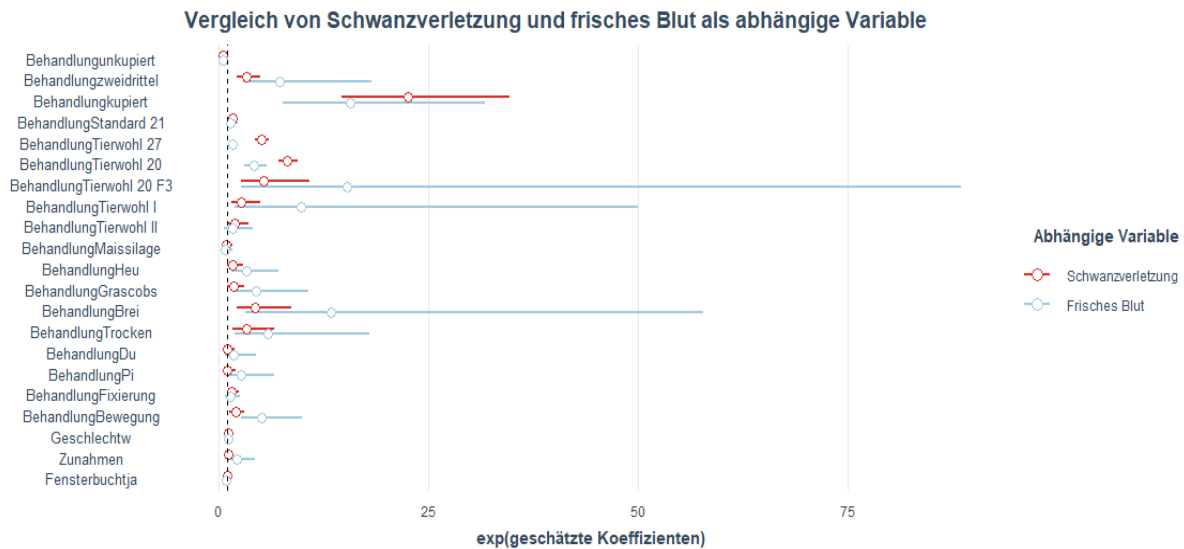


Abbildung 30: Vergleich der abhängigen Variablen Schwanzverletzung und frisches Blut

Diese Differenzen könnten jedoch auch daraus resultieren, dass nicht bei jeder Verletzung auch frisches Blut auftritt. So sind in mehr als einem Viertel aller Fälle, in denen kein frisches Blut auftritt, trotzdem Schwanzverletzungen beobachtet worden.

Trotz dieser kleinen Unterschiede kann die obige Vermutung bestätigt werden und eine Verwendung der Schwanzverletzung als abhängige Variable, um das Schwanzbeißgeschehen zu betrachten, erweist sich als richtig, da die Modellierung mit frischem Blut oder auch mit der Variable Schwellung ähnliche Ergebnisse liefert.

Modell mit Klimaeffekten

Um die Klimaeffekte zu überprüfen, wurde als abhängige Variable wieder die Schwanzverletzung gewählt. Zum bisherigen Modell werden zusätzlich noch die Kovariablen mittlere Temperatur und mittlere relative Luftfeuchtigkeit hinzugefügt, sodass die Modellgleichung wie folgt lautet:

Schwanzverletzung ja/nein \sim Behandlung + Geschlecht + Zunahmen + Fensterbucht +

Mittlere Temperatur + Mittlere relative Luftfeuchtigkeit + (1|Tier-Nummer) + (1|Durchgang)

Die Tier-Nummer und der Durchgang werden weiterhin als zufällige Effekte in das Modell aufgenommen. Da jedoch für die Versuche K8-K10 sowie K15 und K16 keine Klimadaten existieren, basiert die Modellschätzung nur noch auf rund 25 Tausend Beobachtungen. Dadurch

dass die Ferkel ohne Klimadaten bei der Modellierung komplett ohne Berücksichtigung bleiben, können beispielsweise keine Aussagen mehr über die Effekte der Vatterasse gemacht werden, da diese nur in K9 getestet wurde. Auch die Koeffizienten, die aus mehreren Durchgängen geschätzt wurden, verändern sich, wenn ihr Einfluss mindestens einmal in K8 bis K10, K15 oder K16 getestet wurde.

Als erstes werden die Koeffizienten der Modelle mit und ohne Klimaeffekte mittels eines Koeffizientenplots verglichen:

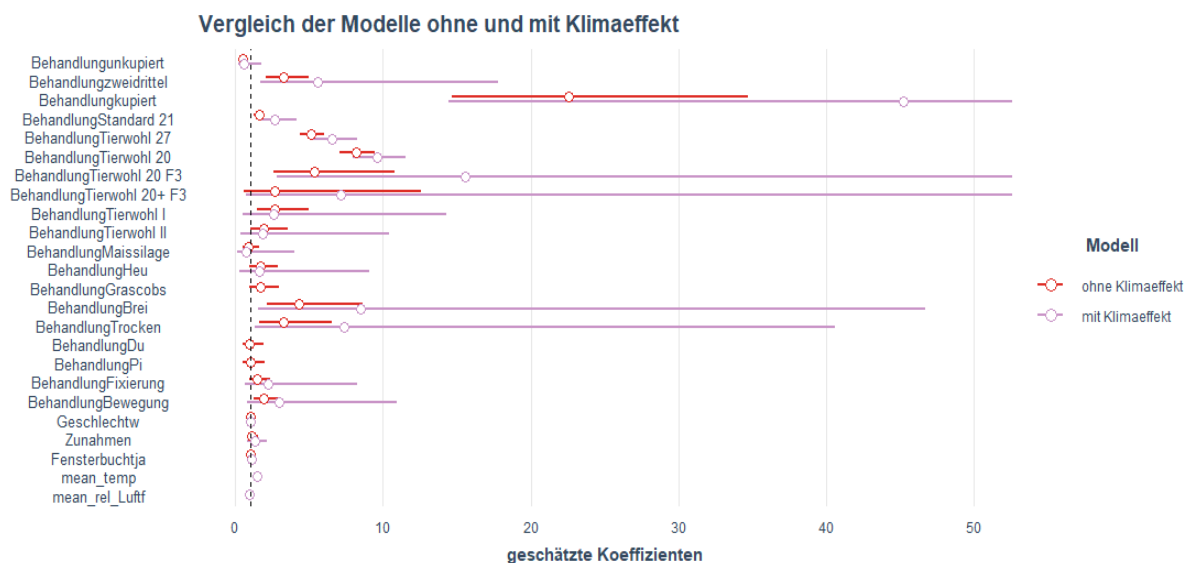


Abbildung 31: Modellvergleich mit und ohne Klimaeffekte

Die Farbe rot stellt das Modell ohne Klimaeffekte dar und lila symbolisiert die Schätzung mit Klimadaten. Dabei erkennt man, dass der Einfluss der Kovariablen in beiden Modellen relativ ähnlich ist. Für die Koeffizienten der Vatterasse sieht man nur Schätzungen für das Modell ohne Klimadaten. Größere Unterschiede sieht man zum Beispiel für die kupierten Ferkel, da die Beobachtungen aus dem Versuch K8 im zweiten Modell nicht mitgeschätzt werden konnten. Insgesamt gibt es aber keine großen Unterschiede, vor allem auch was die Richtung der Effekte betrifft. Deshalb ist es zu vertreten, dass hauptsächlich das Modell ohne Klimadaten betrachtet wurde und die Effekte der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit in einem weiteren Modell berechnet wurden.

Die Klimaeffekte werden in folgendem Koeffizientenplot betrachtet:



Abbildung 32: Einfluss der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur auf die Schwanzverletzungen

Der geschätzte Koeffizient für die relative Luftfeuchtigkeit beträgt -0,02. Das bedeutet, dass sich die Luftfeuchtigkeit unter sonst gleichbleibenden Bedingungen negativ auf das Verhindern von Schwanzverletzungen auswirkt. Exponiert beträgt der Koeffizient den Wert 0,98. Somit sinkt die Chance, unverletzt zu bleiben, bedingt auf die zufälligen Effekte mit jedem Prozent Anstieg an relativer Luftfeuchtigkeit multiplikativ um den Faktor 0,98 (c.p.). Das erste Quartil der Beobachtungen der Luftfeuchtigkeit liegt bei knapp 43 Prozent. Das dritte Quartil befindet sich bei circa 52 Prozent. Somit liegen die mittleren 50 Prozent der Daten für diese Variable in einem Bereich, dessen Spannweite neun Prozent beträgt. Die Chance, Schwanzverletzungen zu verhindern, sinkt für eine Beobachtung an der Obergrenze dieses Bereichs im Vergleich zu einem Ferkel an der Untergrenze dieses Bereichs multiplikativ um den Faktor $0,98^9 = 0,83$ (c.p.). Insgesamt liegt der Wertebereich der mittleren relativen Luftfeuchtigkeit zwischen circa sechs und 71 Prozent. Somit ergibt sich für diese Variable, trotz der kleinen Änderungen bei der Erhöhung um ein Prozent, ein signifikanter Einfluss, wie der p-Wert nahe null zeigt.

Die mittlere Temperatur wirkt sich, anders als die Luftfeuchtigkeit, positiv auf das Verhindern von Schwanzverletzungen aus. Die Spannweite bei dieser Beobachtung erstreckt sich über ein Intervall von circa 23 Grad Celsius bis 30 Grad Celsius. Der exponierte geschätzte Koeffizient beträgt 1,49. Das heißt, dass mit jeder Erhöhung der Temperatur um ein Grad Celsius, die Chance, keine Schwanzverletzung zu beobachten, ungefähr eineinhalbmal so groß wird (c.p.). Bei der Temperatur liegen die mittleren 50 Prozent der Daten in einer Spanne von knapp drei Grad Celsius. Somit erhöht sich die Chance für ein Ferkel, das in einem Stall mit einer Temperatur an der Obergrenze des dritten Quartils lebt, multiplikativ um den Faktor $1,49^3 = 3,31$ im

Vergleich zu einem Ferkel in einem Stall mit einer Temperatur an der Obergrenze des ersten Quartils.

Analysis of Deviance Table (Type II wald chisquare tests)

Response: Sverletzjn

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	
Behandlung	1589.0081	16	< 2.2e-16	***
Geschlecht	1.4777	1	0.22413	
Zunahmen	1.0597	1	0.30329	
Fensterbucht	3.4456	1	0.06342	.
mean_temp	483.8300	1	< 2.2e-16	***
mean_rel_Luftf	49.4320	1	2.054e-12	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Abbildung 33: *p*-Werte für das Modell mit Klimadaten

Anhand des R-Outputs der Anova-Analyse des Modells mit Klimadaten sieht man, dass auch der Einfluss der Temperatur signifikant ist.

Bei einem Signifikanzniveau von 0,05 erkennt man zudem, dass es hinsichtlich der Signifikanz der einzelnen Einflussgrößen keine Unterschiede zum Modell ohne Klimadaten gibt.

Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die gleiche Behandlung in unterschiedlichen Durchgängen nicht zwangsläufig zu einer gleichen Verteilung der Schwanzverletzungen führt. Speziell zwischen den ersten beiden Durchgängen wurden große Unterschiede entdeckt, obwohl in beiden Durchgängen jeweils zur Hälfte unkupierte und kupierte Tiere getestet wurden.

Mittels einer Zeitreihenanalyse wurde die Verteilung der Schwanzverletzungen über die Dauer der Versuchsdurchgänge betrachtet. Hierbei kam es bei den meisten Versuchen nach wenigen Boniturtagen zu einem Anstieg der Verletzungen, welche jedoch zum Ende hin wieder abnahmen. Bezüglich dieses Rückgangs sind größere Differenzen zwischen einigen Durchgängen erkennbar gewesen.

Mittels eines gemischten logistischen Regressionsmodells konnte herausgefunden werden, dass sich das Kupieren der Ferkelschwänze am stärksten positiv auf das Verhindern von Schwanzverletzungen auswirkt. Auch die Behandlung in Tierwohnbuchten und eine reduzierte Besetzungsdichte besitzen einen positiven Effekt auf die Verhinderung von Verletzungen. Ohne signifikanten Einfluss bei der Modellierung sind hingegen die Variablen Geschlecht, Zunahmen und Fensterbucht. Anhand eines weiteren Modells mit Klimadaten konnte ein positiver Einfluss der Temperatur festgestellt werden, während sich eine steigende relative Luftfeuchtigkeit negativ auf das Verhindern von Schwanzverletzungen auswirkt.

Literaturverzeichnis

Fahrmeir, Kneib und Lang (2009): Regression: Modelle, Methoden und Anwendungen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Jais und Abriel (2015): Endbericht zum Forschungsvorhaben Haltungscontrolling und Kannibalismus in der Schweinehaltung.

Jais, Müller, Abriel und Schramm (2019): Endbericht zum Forschungsvorhaben Erarbeitung von Haltungs- und Managementstrategien zur Vermeidung von Kannibalismus bei Ferkeln und Mastschweinen.

Krogmann, Karsten (2016): Warum Bauern ihren Ferkeln den Schwanz abschneiden, Northwest-Zeitung, Oldenburg.

R-Packages

Adrian A. Dragulescu and Cole Arendt (2018). xlsx: Read, Write, Format Excel 2007 and Excel 97/2000/XP/2003 Files. R package version 0.6.1. <https://CRAN.R-project.org/package=xlsx>.

Baptiste Auguie (2017). gridExtra: Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics. R package version 2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra>.

Douglas Bates, Martin Maechler, Ben Bolker, Steve Walker (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48.
doi:10.18637/jss.v067.i01.

Erich Neuwirth (2014). RColorBrewer: ColorBrewer Palettes. R package version 1.1-2.
<https://CRAN.R-project.org/package=RColorBrewer>.

Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie and Rob Tibshirani (2017). ISLR: Data for an Introduction to Statistical Learning with Applications in R. R package version 1.2.
<https://CRAN.R-project.org/package=ISLR>.

John Fox (2003). Effect Displays in R for Generalised Linear Models. Journal of Statistical Software, 8(15), 1-27. URL <http://www.jstatsoft.org/v08/i15/>.

John Fox and Sanford Weisberg (2019). An R Companion to Applied Regression, 3rd Edition. Thousand Oaks, CA <http://tinyurl.com/carbook>.

Kirill Müller and Hadley Wickham (2019). tibble: Simple Data Frames. R package version 2.1.3. <https://CRAN.R-project.org/package=tibble>.

Lionel Henry, Hadley Wickham and Winston Chang (2019). ggstance: Horizontal 'ggplot2' Components. R package version 0.3.3. <https://CRAN.R-project.org/package=ggstance>.

Long JA (2019). `_jtools`: Analysis and Presentation of Social Scientific Data_. R package version 2.0.1, <URL:<https://cran.r-project.org/package=jtools>>.

Lüdecke D (2018). “`sjmisc`: Data and Variable Transformation Functions.” *Journal of Open Source Software*_, *3*(26), 754. doi:10.21105/joss.00754
(URL: <https://doi.org/10.21105/joss.00754>).

Lüdecke D (2019). `_sjlabelled`: Labelled Data Utility Functions (Version 1.1.1)_. doi: 10.5281/zenodo.1249215 (URL:<https://doi.org/10.5281/zenodo.1249215>),
<URL: <https://CRAN.R-project.org/package=sjlabelled>>.

Lüdecke D (2019). `_sjPlot`: Data Visualization for Statistics in Social Science_. doi: 10.5281/zenodo.1308157 (URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1308157>), R package version 2.8.0, <URL:<https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>>.

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Wickham et al., (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686, <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.