

White Paper

PigTale

Pro-aktive Entscheidungsunterstützung in der Schweinehaltung – Verbesserung von Tiergesundheit, Tierwohl, Wertschöpfung und Lebensmittelsicherheit

Autoren

Kathrin Gunkelmann
Fraunhofer FIT, Schloss Birlinghoven, D-53754 Sankt Augustin
Tel.: +49-2241-14-3624
Email: kathrin.gunkelmann@fit.fraunhofer.de

Prof. Dr. Thomas Rose
Fraunhofer FIT, Schloss Birlinghoven, D-53754 Sankt Augustin
RWTH Aachen, LuFG Medienprozesse, Ahornstr. 55, D-52056 Aachen
Tel.: +49-2241-14-2798
Email: thomas.rose@fit.fraunhofer.de

Das PigTale-Team:

IQ-Agrar Service GmbH, Iburger Str. 225, 49082 Osnabrück
Stephanie Bering, Tobias Horn und Peter Schwaer

Erzeugerring Westfalen e. G., Am Dorn 10, 48308 Senden
Dr. Thorsten Klauke

Quh-Lab, Siegener Str. 29, 57080 Siegen
Dr. med. vet. Martin Frettlöh und Dr. rer. nat. Tanja Haag

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Motivation	1
3	Hintergrund	2
3.1	Status Quo	2
3.2	Datengrundlage	3
4	Methodischer Überblick.....	4
5	Ausgewählte Auswertungsergebnisse	6
6	Potential.....	7
7	Agricultural Data Space als Notwendige Voraussetzung	8
8	Fazit und Ausblick	9
9	Danksagungen	10
10	Literaturverzeichnis	10

1 Zusammenfassung

Die gesellschaftliche Forderung einer ökologisch verträglichen Tierhaltung unter besonderer Berücksichtigung des Tierwohls hat mittlerweile entscheidend an Momentum gewonnen.

Während sich bisherige Forschungsvorhaben und Initiativen zur Verbesserung des Tierwohls primär auf die Abwägung qualitativer Abhängigkeiten zwischen Tierhaltung und Tierwohl konzentrieren, zielt diese Initiative auf die Gewinnung von Indikatoren und quantitativen Evidenzen, die einen direkten Zusammenhang zwischen Haltungsbedingungen und dem Wohl der Tiere, gemessen an Hand nachgewiesener gesundheitlicher Einschränkungen, offenlegen und damit die Bewertung von Tierwohl objektivieren können.

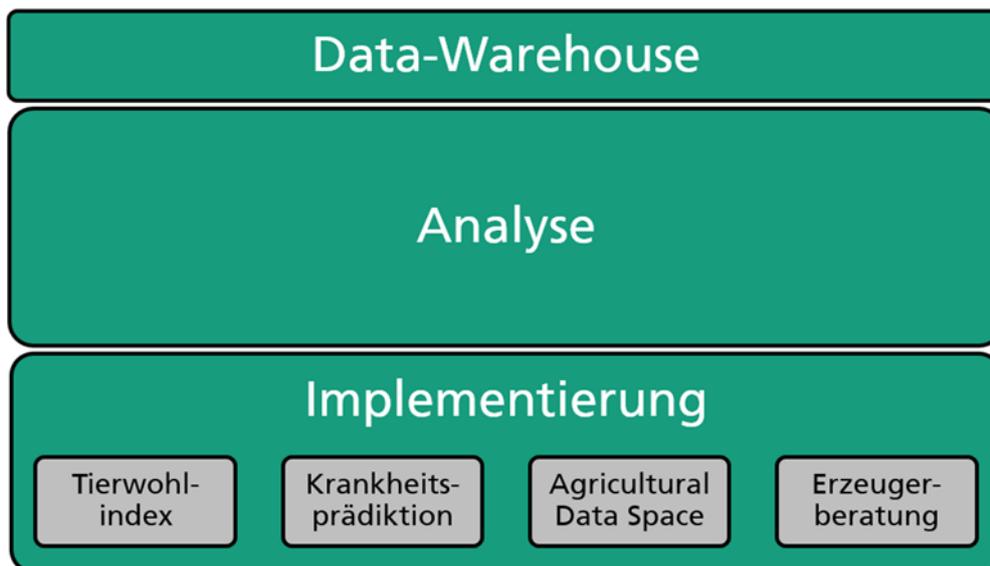


Abbildung 1 Kernpunkte der Initiative

Neuartig an dieser Initiative ist die Verknüpfung diverser Datentöpfe, welche sowohl lebensbestimmende Umstände wie Stallausstattung, Futtermiteinsatz oder Stallmanagement beinhalten, als auch gesundheits- und wertbestimmende Merkmale, welche am Schlachthof erhoben werden. Dies bietet die Möglichkeit, kausale Zusammenhänge zwischen Haltungsbedingungen und Gesundheitsmerkmalen und damit Tierwohl erstmalig auf rein quantitativer Weise zu untersuchen.

In diesem verknüpften Datenraum ließen sich durch das Projektteam bereits signifikante Zusammenhänge erschließen. Solche Erkenntnisse können dazu eingesetzt werden, Haltungsbedingungen zu optimieren und das Tierwohl langfristig zu steigern. Zusätzlich wurde ein Modell entwickelt, welches Lungenkrankheiten vorhersagen und potentiell als Risikobewertung am Schlachthof eingesetzt werden kann.

2 Motivation

Der direkte Zusammenhang zwischen dem Gesundheitsstatus eines Nutztierbestandes einerseits und dem Tierwohl im Sinne von „animal welfare“ andererseits ist mittlerweile unbestritten. Neben anderen Faktoren schafft die Reduktion von Produktionskrankheiten die Voraussetzungen für ein hohes Maß an Wohlbefinden (Blaha & Sundrum, 2017) der gehaltenen Nutztiere. Als mögliches Maß zur Bewertung der Tiergesundheit in den

Schweinebeständen und damit die Schaffung eines objektiven Tierwohllindicators wird seit langem die Auswertung der Schlachtbefunderhebung diskutiert. Bei allen Problemen hinsichtlich der Vergleichbarkeit der erhobenen Daten belegen einzeltierbezogene Auswertungen der biologischen Leistungen und der korrespondierenden Schlachtbefunddaten eindrucksvoll diesen Zusammenhang.

Von ca. 100.000 im Jahr 2017 von IQ-Agrar mittels RFID-Transpondern gekennzeichneten Schweinen konnten folgende Zunahmeverluste im Vergleich zu gesunden Tieren nachgewiesen werden (Hartmann, 2018):

- *74g geringere Tageszunahme für Tiere mit Befund*
- *100g geringere Tageszunahme für Tiere mit mehr als einem festgestellten Befund*
- *140g geringere Tageszunahme bei festgestellten hochgradigen Leberbefunden oder Brustfellentzündungen*

Die betroffenen Tiere waren also einem erheblichen Krankheitsstress und somit Schmerzen, Leiden und Schäden ausgesetzt. Verursacht wird diese Leistungseinbuße durch den erhöhten Nährstoffaufwand für die Aufrechterhaltung des Immunsystems im Krankheitsfall. Da die Schweine vor allem während der Jugendentwicklung Muskelmasse bilden und in der späteren Entwicklung der Fettansatz dominiert, belegen Studien direkte Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Tiergesundheit und Parametern der Schlachtkörperzusammensetzung sowie der Fleischqualität (Klauke, et al., 2013). Diese ursprünglich rein ökonomischen Bewertungsansätze erlauben somit ebenfalls objektive Bewertungen der Tiergesundheit in den Beständen und somit Rückschlüsse auf die Tierwohlsituation.

Die Ursachen bei auffälligen Beständen sind häufig vielfältig und selten monokausal auf einzelne Haltungsbedingungen zurückführbar. Zwar existieren Publikationen, die einzelne Haltungsentscheidungen hinsichtlich ihres Effektes auf die Tiergesundheit analysieren, jedoch beruhen diese Analysen zumeist auf qualitativen Beobachtungen.

Diese Initiative betrachtet einen umfassenden Datentopf, der es erstmalig erlaubt in großem Stil statistisch belegte, quantitative Rückschlüsse zu ziehen und zu kommunizieren.

3 Hintergrund

3.1 Status Quo

Die Wertschöpfungskette von Schweinefleisch, das in den Handel gelangt, ist komplex und die Prozessgestaltung sehr heterogen. Verteilt über verschiedenen Parteien sind sehr unterschiedliche Daten und Aspekte zu integrieren. Der Grundbaustein einer guten Fleischqualität wird bereits beim Landwirt gelegt. Neben der Fleischqualität legt der Verbraucher aber auch zunehmend mehr Wert darauf, dass die Tiere unter guten Bedingungen aufgezogen und transportiert werden. Der gesundheitliche Status der Schweine wird vor und am Ende des Schlachtprozesses durch tierärztliche Kontrollen erfasst. Der wirtschaftliche Status (Klassifizierung) wird durch Begutachtung der wertbestimmenden Merkmale (Anteil an Schinken, Fettanteil...) anhand der toten Tiere bzw. Teilstücke ermittelt. Die Rückmeldung dieser für den Landwirt essentiellen Informationen, um Verbesserungen hinsichtlich Tiergesundheit und Ökonomie treffen zu können, erfolgt momentan

jedoch sehr unzureichend. Nur ein geringer Teil der Informationen fließt an den Landwirt zurück. Auch bei Beratungen kann der Erfolg veranlasster Maßnahmen nur durch die Auswertung ökonomischer Kennzahlen kontrolliert werden. Nicht aber steht ein statistikbasiertes Tool zur Verfügung, welches die Maßnahmen direkt vergleicht und quantitativ bewertet. Während der Prozesskette vom Landwirt bis zum Schlachthof wird eine Vielzahl an Informationen erfasst, die im Rahmen dieses Vorhabens in eine Datenbank fließen sollen, die wiederum die Basis für ein Softwaretool darstellt, das in der Lage ist, dem Landwirt automatisiert mögliche Handlungsstrategien zur Steigerung des Tierwohls und der Wirtschaftlichkeit vorzuschlagen.

3.2 Datengrundlage

Um das Konzept exemplarisch zu verdeutlichen wurden bereits Projektpartner akquiriert und eine Datengrundlage geschaffen, welche große Teile der Produktionskette in Westfalen widerspiegelt (Abbildung 2).

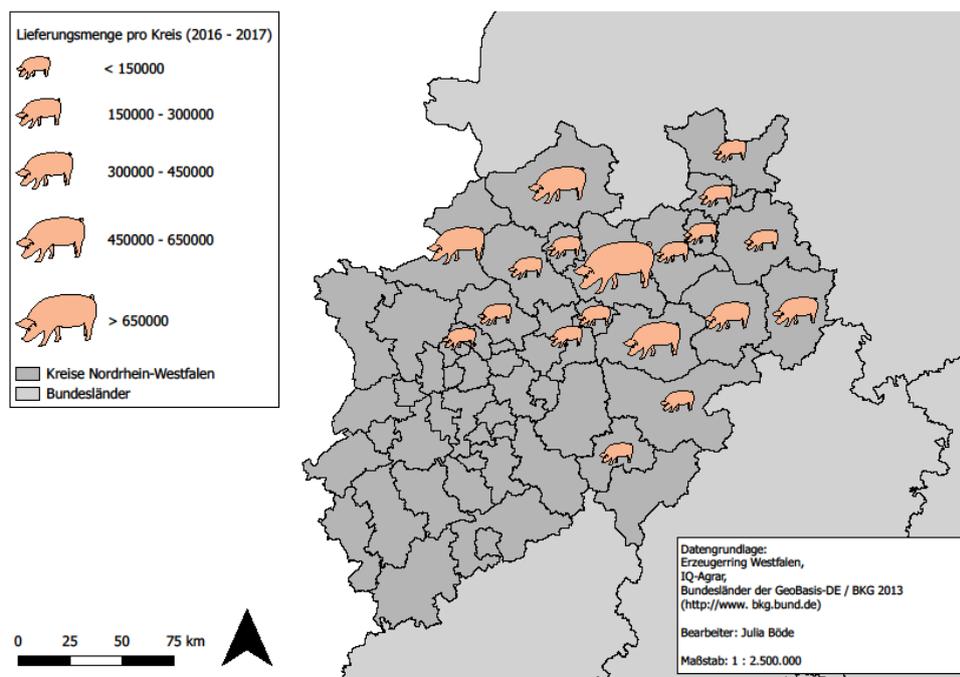


Abbildung 2 Anzahl der analysierten Schweine nach Kreisen

Informationen über die gesamten Lebensumstände der Mastschweine liefert der Datenbestand des Erzeugerrings Westfalen. Beginnend mit Herkunfts- und Abstammungsmerkmalen werden Informationen über die Haltungsumstände der Tiere erfasst. Die Kenntnis über die Haltungsform, die technische Ausstattung der Betriebe, das Fütterungskonzept, einschließlich der eingesetzten Technik und Futtermittel, sowie weitere Managementaspekte machen es möglich, die Haltungsbedingungen der Masttiere zu modellieren.

Die bei der Schlachtung ante und post mortem erhobenen Merkmale wie Gewicht und Klassifizierungsergebnisse sowie insbesondere die amtlichen Befundungen, bieten eine Retrospektive auf den Verlauf der Mast und den Gesundheitszustand der Tiere. Diese Daten werden bei IQ-Agrar zentral verwaltet. Die Daten umfassen allgemeine Produkti-

onsdaten (QS-Auditierung, Ergebnisse des Salmonellen- und Antibiotikamonitorings). Zudem enthält der Datentopf auch ergänzende Befundungen, welche am Schlachthof erhoben werden (Abbildung 3).

Im Ergebnis entsteht ein Datenpool, der die unterschiedlichen Lebensphasen (Life Cycle) der Schweine widerspiegelt und die Grundlage für eine Modellierung der gesundheitlichen Entwicklung eines Schweins von der Geburt bis zur Schlachtung bietet (Vorhersagemodell).

4 Methodischer Überblick

Aus methodischer Sicht gilt es, die anspruchsvolle Datenstruktur (Ebene des Einzelschweins, Ebene der Lieferpartie, Ebene des Mastbetriebs, Ebene des Schlachthofes) möglichst umfänglich zu erfassen. Hierfür wurden die einzelnen Datensätze je Lieferpartie aggregiert. Die Befundungen wurden dabei prozentual an der Gesamtzahl der Schweine in einer Lieferpartie gespeichert. Nach mehreren Aufarbeitungsschritten, erhielt man somit einen Datensatz mit ca. 26.000 vollständigen Lieferpartien.

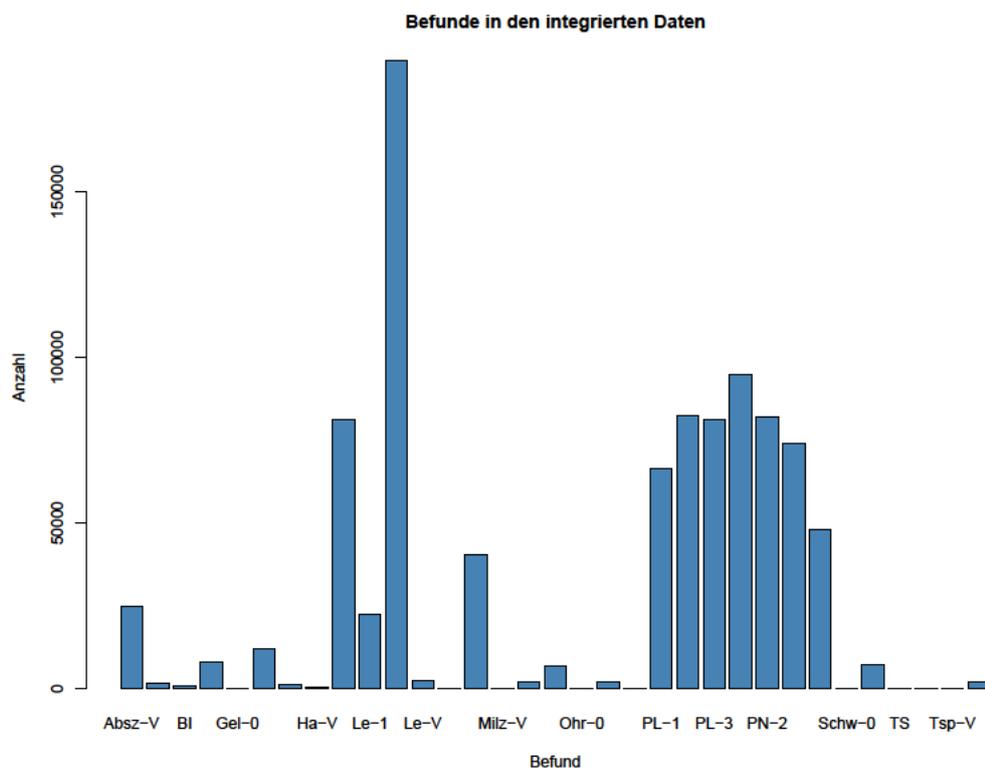


Abbildung 3 Befunde in integrierter Datenbasis

Die Datenbasis weist diverse interne Abhängigkeiten (Korrelationen) auf. So hängt die Performance einer Partie vom jeweiligen Mastbetrieb, dem Schlachthof aber auch von saisonalen Einflüssen ab. Die zeitliche Komponente und komplizierte Struktur der Daten erfordert eine nicht-lineare Modellierung über ein Tobit Modell (Tobin, 1958), welches unter Berücksichtigung der Panel Struktur ein komplexes mathematisches Problem stellt.

Modelliert wird die Häufigkeit eines Lungenbefundes (genannt y) innerhalb einer Lieferpartie, d.h. die Variable y ist beschränkt zwischen 0 und 1. Es wird für jeden Landwirt i

eine eigene Häufigkeit geschätzt, wobei die erklärenden Variablen \mathbf{x}_i mit Koeffizienten $\boldsymbol{\beta}$ multipliziert werden. Um die Häufigkeit zu schätzen, wird zunächst eine Hilfsvariable y_i^* geschätzt, welche keine Einschränkung auf 0 und 1 hat. Im Anschluss werden Werte, die außerhalb $[0,1]$ liegen auf 0 gesetzt.

$$y_i^* = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i$$

$$y_i = \begin{cases} 0, & y_i^* < 0 \\ 1, & y_i^* > 1 \\ y_i^*, & y_i^* \in [0,1] \end{cases}$$

Da der Datensatz zusätzlich eine zeitliche Komponente aufweist (Lieferungen werden nacheinander ausgeliefert), wird das Modell um die Zeit t ergänzt. Um eine konsistente Schätzung zu erhalten, wird ein Ansatz mit „Random Effects“ gewählt (Baltagi, Song, & Koh, 2003).

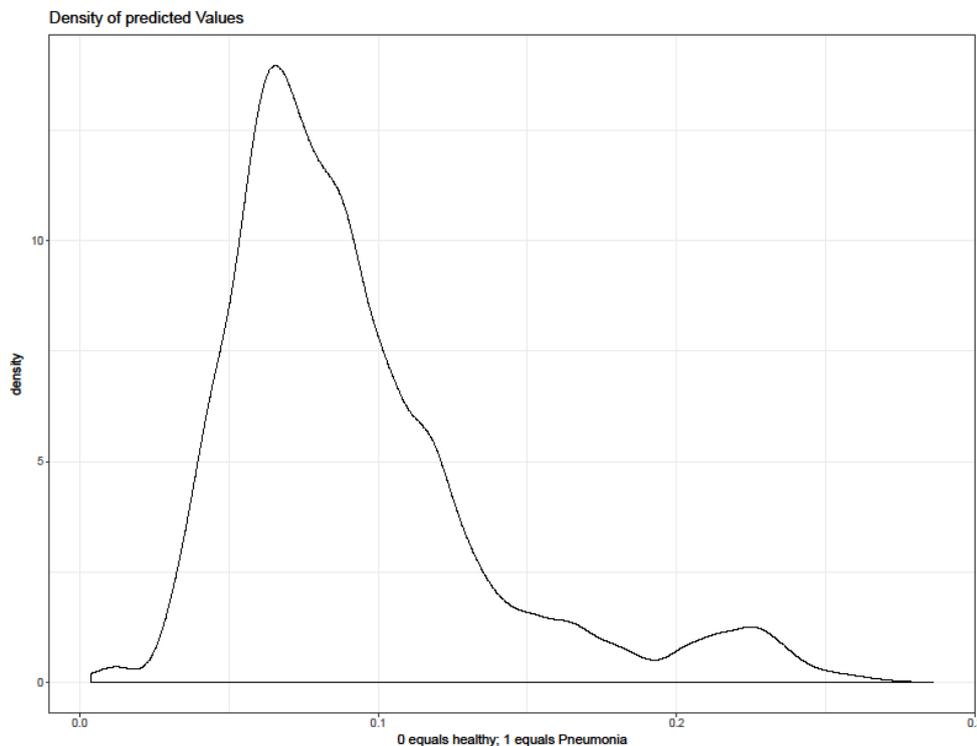


Abbildung 4 Verteilung der Häufigkeiten von Lungenbefunden

Jedes Individuum, in unserem Fall jeder Landwirt, erhält eine zusätzliche Variable, die seine persönlichen Präferenzen widerspiegelt μ_i . Diese Präferenzen sind normalverteilt. Das komplexe Modell folgt den Abhängigkeiten:

$$y_{it}^* = \mathbf{x}_{it}' \boldsymbol{\beta} + \mu_i + \varepsilon_{it}.$$

Henningsen diskutiert die Anwendung dieses Modells und dessen Einschränkungen (Henningsen, 2010). Mithilfe dieser funktionalen Form und einer Schätzung durch Maximum Likelihood Methoden, lassen sich die Häufigkeiten schätzen (Abbildung 4). Um inhaltliche Effekte quantifizieren zu können, muss zusätzlich der marginale Effekt berechnet werden (Greene, 2004), was eine weitere Herausforderung des Projektes darstellt.

5 Ausgewählte Auswertungsergebnisse

Erste Analysen ergaben bereits vielversprechende Ergebnisse. Um den Nutzen des hier vorgestellten Projektes zu demonstrieren, wurden die Daten hinsichtlich der Lungenbefunde analysiert. In den Daten befinden sich drei Variablen, die die Ausprägung einer Lungenveränderung beziffern (Abbildung 5) und in Schweregrade einteilen:

- Lunge bis zu 10% verändert
- Lunge zwischen 10% und 30% verändert
- Lunge über 30% verändert

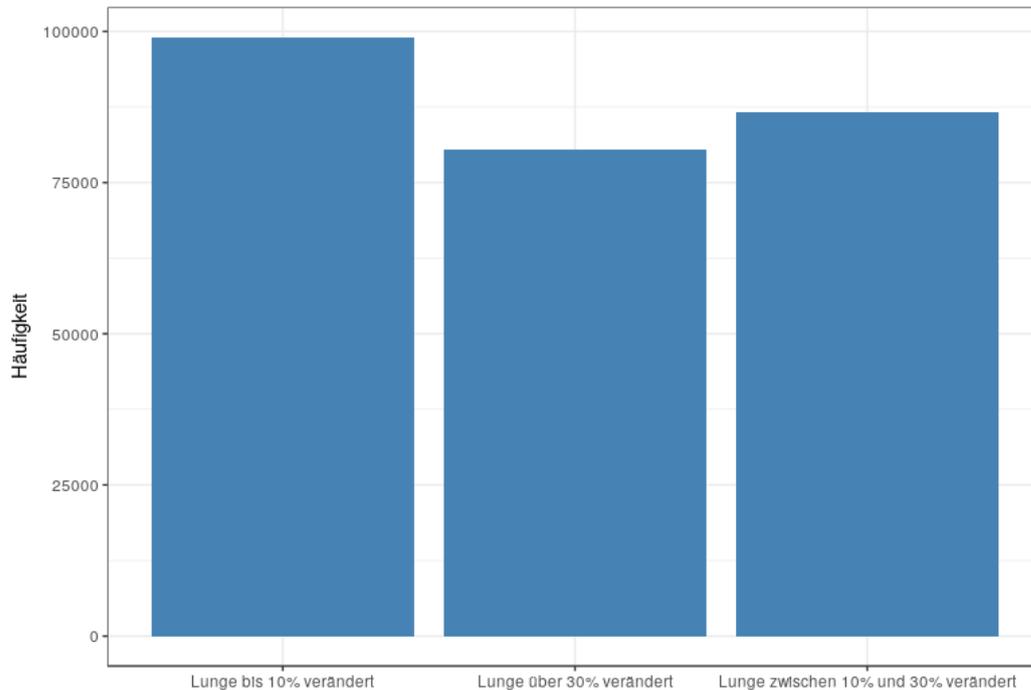


Abbildung 5 Anzahl der Lungenbefunde nach Schweregrad

Die Integration der diversen Datentöpfe über den Zeitraum von einem Jahr ergab einen exemplarischen Datensatz über rund 1,9 Mio. Schweine, die entweder gesund oder von einer Lungenkrankheit betroffen sind. Ein prädiktives Modell konnte mithilfe des oben beschriebenen Tobit Modells geschätzt werden, welches bereits in diesem frühen Stadium eine erklärende Wirkung von $R^2 \approx 40\%$ aufweist. Der quadrierte Standardfehler beträgt 1,5%.

Um Lungenauffälligkeiten vorherzusagen wurden diverse erklärende Variablen verwendet:

- **Genetik**
 - Sauenlinie
 - Eberlinie
 - Herkunft der Ferkel
- **Ernährung**
 - Hauptfutterkomponente
 - Fütterungstechnik
 - Phasenfütterung
- **Stallausstattung**
 - Heizungstechnik
 - Aufstellungsart
 - Wasserangebot
- **Stallmanagement**
 - Gruppengröße
 - Geschlechtertrennung
 - Buchtfläche

Das Modell kann zum einen dafür verwendet werden, signifikante Abhängigkeiten automatisch zu erkennen und damit die Wichtigkeit von Merkmalen zu bestimmen. Zum anderen kann das Modell eingesetzt werden um Vorhersagen über die Qualität zukünftiger Lieferpartien zu treffen. Die Vorhersagekraft ist mit $R^2 \approx 40\%$ bereits jetzt auf einem Level, das vielversprechende Ergebnisse verspricht.

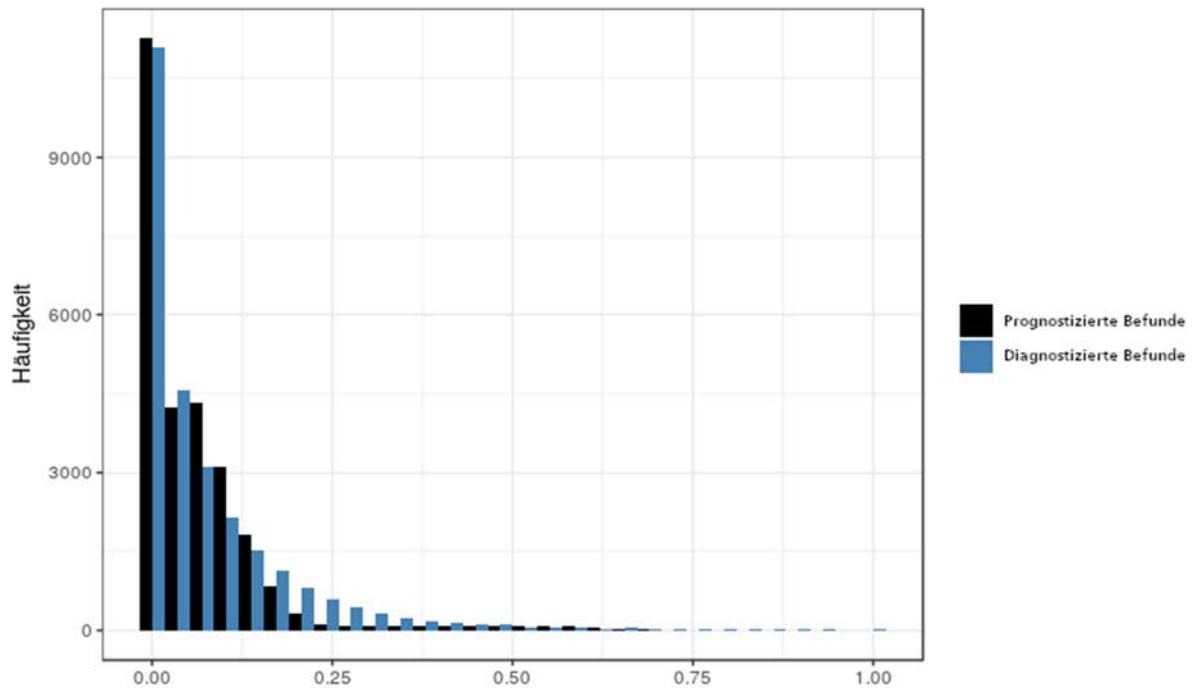


Abbildung 6 Test des Prädiktiven Modells

Im Rahmen dieser Initiative wurde ein prädiktives Modell aufgestellt und verifiziert, welches das Auftreten von Lungenveränderungen beschreibt. Für jede neue Lieferpartie von Schweinen kann hiermit der Anteil lungenkranker Schweine geschätzt und vorhergesagt werden. Abbildung 6 zeigt die Auswertungsergebnisse für einen Testdatensatz, der zuvor nicht zum Aufstellen des Modells benutzt wurde. Zum Vergleich werden auch die tatsächlichen Lungenbefundshäufigkeiten dargestellt. Die Anwendungsmöglichkeiten solcher prädiktiven Modelle ist vielfältig und bietet Raum zu Erweiterungen und Generalisierungen.

6 Potential

Die Initiative bietet eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten. Vorwärts angewendet lassen sich mit dem integrierten Datenpool haltungsbedingte Schlüsse auf Fleischqualität und Ertrag pro Schwein ableiten. Rückwärts angewendet lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen im Schlachthof Verbesserungspotentiale in Haltung und Stallausstattung ziehen. Weitere Arbeiten haben die folgenden Ziele vor Augen:

- [Entwicklung von objektiven Tierwohlindikatoren](#) – Zusammenfassung und Gewichtung diverser Tierwohlindikatoren.
- [Nutzung des generierten Wissens für die amtliche Schlachtier- und Fleischuntersuchung](#) – Dank des Wissens über die Zusammenhänge zwischen Haltingsbedin-

gungen und Gesundheit können Untersuchungsabläufe nach der Schlachtung evidenzbasiert optimiert werden, was aber der Abstimmung mit den Veterinäraufsichten bedarf.

- **Erhebung der Daten zur Tierhaltung** – Die Nutzung der Daten bedarf natürlich der Zustimmung der Landwirte, die im Kern die Haltingsdaten erzeugen. Hier sind Konzepte für die Dateneinspeisung zu entwickeln, welche die betrieblichen Interessen der Landwirte wahren.

PigTale hat gezeigt, dass auf der Basis integrierter Datentöpfe der Life Cycle übergreifenden Tierhaltung quantitative Evidenzen für die Auswirkungen der Haltung auf das Tierwohl und damit letztendlich auch die ökonomischen Erfolge nachhaltiger Tierhaltung gewonnen werden können.

Voraussetzung hierfür ist die Integration der Datentöpfe verschiedener Stakeholder in einem gemeinsamen Datenraum, wobei die individuellen Souveränitäten zu wahren sind. Die Schaffung dieses gemeinsamen Datenraums steht somit im Fokus zukünftiger Arbeiten zu Tierwohl und ökonomischer Effektivität in der Tierhaltung.

7 Agricultural Data Space als Notwendige Voraussetzung

Um den langfristigen Erfolg und Nutzen dieser Projektinitiative zur objektiven Bewertung von Tierwohl und Erhöhung der Haltingsqualität und ihrer ökonomischen Effizienz zu ermöglichen, ist der organisatorische und technische Rahmen für die Schaffung eines gemeinsamen Datenraums zwecks nachhaltiger Zusammenarbeit zu schaffen. Als sicheren und fairen Lösungsansatz bieten wir den Agricultural Data Space (ADS) in Anlehnung an den Industrial Data Space (Otto, et al., 2016) an.

Zu verschiedenen Zeitpunkten und bei unterschiedlichen Beteiligten der Kette der Fleischerzeugung fallen umfangreiche, teils unstrukturierte Datenmengen an, welche zwar lokal vorliegen, aber kaum technisch integriert oder logisch verknüpft werden. Neben logistischen Problemen führen auch Konkurrenzdruck und Unsicherheiten dazu, dass Daten häufig geheim gehalten werden und nur zum eigenen Nutzen zur Verfügung stehen. In der Folge existiert nur wenig quantitatives Wissen über die komplexen Zusammenhänge von Haltingsbedingungen und Tiergesundheit und damit zum Tierwohl.

Technisch steht das Projektteam dabei vor der Herausforderung unstrukturierte und schnell anfallende und sich veränderte Datenmengen zu verarbeiten und für die Analysen zu vereinheitlichen.

Für die Integration der Daten wird aufbauend auf dem Industrial Data Space eine Variante für die Landwirtschaft entwickelt. Aufgebaut wird hierbei auf den Komponenten der Plattform¹. Dies ist ein virtueller Datenraum, der die folgenden Aspekte sicherstellt:

- **Digitale Souveränität:** Die Eigentümer der Daten bestimmen selbst die Nutzungsbedingungen ihrer Daten und »heften« diese an die Datengüter.

¹ <https://www.fraunhofer.de/de/forschung/fraunhofer-initiativen/industrial-data-space.html>

- **Föderale Datenhaltung:** Die Daten können, sofern gewünscht, dezentral beim Dateneigentümer gehalten werden.
- **Datenökonomie:** Daten sind Wirtschaftsgüter und lassen sich in private Datengüter, sogenannte »Club-Güter« (z.B. Daten einer spezifischen Wertschöpfungskette, die mehreren Unternehmen, aber nicht allen, zur Verfügung stehen), und öffentliche Datengüter (z.B. Wetterdaten, Verkehrsinformationen, Geo-Daten) unterteilen.
- **Wertschöpfung:** Der Industrial Data Space befähigt smarte Services sowie datenzentrierte, digitale Geschäftsmodelle.
- **Einfache Datenverknüpfung:** Linked-Data-Konzepte und gemeinsame Vokabulare erleichtern die Integration von Daten zwischen den Teilnehmern am Industrial Data Space.
- **Vertrauensschutz:** Teilnehmer am Industrial Data Space, Datenquellen sowie Datendienste sind zertifiziert gegen gemeinschaftlich festgelegte Regeln.
- **Sichere Data Supply Chain:** Der Austausch der Daten ist entlang der gesamten Datenwertschöpfungskette sicher, also von der Entstehung bzw. Erfassung der Daten bis zu ihrer Nutzung.
- **»Data Governance«:** Die Datenmanagementprozesse zwischen verschiedenen Teilnehmern des Industrial Data Space und damit einhergehenden Rechten und Pflichten legen die Anwender gemeinsam fest

Dank des Integrationsansatzes können jederzeit weitere Datentöpfe hinzugenommen und verknüpft werden. Dies bietet die Grundlage für Analysemöglichkeiten, die sich den jeweiligen Bedarfen anpassen können.

8 Fazit und Ausblick

Dieses Positionspapier präsentiert eine Initiative zur Objektivierung des Tierwohls. Aufbauend auf bisher nur rudimentär vernetzten Daten wird ein Integrations- und Vernetzungskonzept illustriert, mit dem quantitative Evidenzen zwischen lebensbestimmenden Haltungsentscheidungen und ihren Auswirkungen auf Tierwohl und ökonomischer Effizienz abgeleitet werden können. Somit kann *Wissen* über Abhängigkeiten und Kausalitäten in der Tierhaltung objektiviert werden, deren Auswirkungen quantifiziert und damit als Beratungs- und Bewertungsinstrument instrumentalisiert werden.

Diese Initiative bietet die Grundlage für ein breites Spektrum an Anwendungen und zukünftigen Erweiterungen.

- **Weiterführende Analysen:** Die bisherigen Analysen, die sich auf Lungenveränderungen spezialisiert haben, werden auf weitere Krankheiten ausgeweitet. Ziel ist es, die Tiergesundheit als Ganzes zu modellieren und Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Krankheiten zu beschreiben.
- **Indikatorsystem:** Basierend auf empirischen Studien zum Wohlbefinden der Tiere werden Indikatoren und Schwellwerte entwickelt, um kritische Situationen und Behandlungsnotwendigkeiten zu erkennen. Sie sind somit eine aktive Komponente in der Steigerung des Wohlbefindens der Tiere.

- **Entscheidungsunterstützung:** Heuristiken für die Ertragsoptimierung und Erkenntnisse der Datenanalyse werden in Entscheidungsregeln formuliert und mit einem Entscheidungsunterstützungssystem operationalisiert. Ziel ist eine optimierte Assistenz für die Landwirtberatung sowie für den Landwirt selbst.
- **Internet of Things:** Die Datengrundlage kann durch verschiedene Diagnosemethoden und Sensoren – beispielsweise für die Messung der Körpertemperatur – als auch Aktoren – beispielsweise für die Wasserportionierung – erweitert werden. Dies liefert die Möglichkeit, Echtzeit Gefahrenpotentiale zu erkennen und zu lösen.

9 Danksagungen

Diese Arbeiten werden in Teilen durch die b-it Stiftung gefördert².

10 Literaturverzeichnis

- Baltagi, B., Song, S., & Koh, W. (2003). Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of econometrics*, 1, S. 123-150.
- Blaha, T., & Sundrum, A. (2017). Tierärztliche Kompetenz und Zielorientierung erforderlich! *Deutsches Tierärzteblatt*, 65(11), S. 1518-1521.
- Greene, W. (2004). Fixed effects and bias due to the incidental parameters problem in the Tobit model. *Econometric reviews*, 23.2, S. 125-147.
- Hartmann, F. (2018). Jahresbericht IQ-Agrar 2017.
- Henningsen, A. (2010). Estimating censored regression models in R using the censReg Package. (R. p. vignettes, Redakteur)
- Klauke, T., Piñeiro, M., Schulze-Geisthövel, S., Plattes, S., Selhorst, T., & Petersen, B. (2013). Coherence of animal health, welfare and carcass quality in pork production chains. *Meat Science*, 95(3), S. 704-711.
- Otto, B., Auer, S., Cirullies, J., Jürjens, J., Menz, N., Schon, J., & Wenzel, S. (2016). Industrial Data Space-Digitale Souveränität über Daten. (F.-G. z. eV, Hrsg.) München.
- Tobin, J. (1958). Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables. *Econometrica*, 26, p. 24-36.

² <http://www.b-it-center.de>