

# A Abschlussbericht KI PigHealth

„Verbesserung des Tierwohls durch neue Tier-Gesundheits-Indices auf Grundlage automatisierter Schlachtkörperbefunderfassung und Integration landwirtschaftlicher Produktionsmerkmale“

Aktenzeichen: 17-02.12.01-2/19 – EP 150080423-19-001

Datum des Zuwendungsbescheids: 20.12.2019

Projektzeitraum: 20.12.2019 – 19.12.2022

Projektleitung:  
Bio-Security Management GmbH  
Dr. Oliver Bonkamp  
Siemensstr. 42  
59199 Bönen  
Tel.: 02383 919 222  
Email: [bonkamp@bio-security.de](mailto:bonkamp@bio-security.de)

## **I. Ausgangssituation und Bedarf**

Die derzeitige Befunddatenerhebung im Schlachtprozess von Schweinen ist nicht standardisiert und sehr heterogen. Sowohl im Umfang der erfassten Merkmale als auch in der (subjektiven) Bewertung der erfassten pathologischen Abweichungen bestehen zwischen den Schlachtstätten erhebliche Unterschiede. Selbst innerhalb der einzelnen Schlachthöfe besteht eine erhebliche Varianz in der Befundung.

Die Nutzungsmöglichkeiten dieser sehr wertvollen Informationen als verlässlicher Indikator der Tiergesundheit und des Tierwohls eines Tierbestandes sind somit stark eingeschränkt. Darüber hinaus liegen die vorhandenen Informationen für die Erzeuger häufig nur isoliert, ungebündelt und wenig aufbereitet sowie in nichtdigitaler Form vor. Sie dienen somit leider nur selten als verlässliche Managementhilfe zur Verbesserung des Tierwohls und damit einhergehend der Tiergesundheit.

Verfahren, welche die für die Bildung eines KPI (Key Performance Indikator) erhobenen Daten mit produktionstechnischen Kennziffern verknüpfen, um daraus Analysen des betrieblichen Managements zu generieren, sind nicht vorhanden.

Es existiert keine funktionsfähige Kommunikationsplattform, die den an der Produktionskette beteiligten Partnern automatisiert verlässliche Kennziffern zur Tiergesundheit und den Tierwohlbedingungen liefert. Gesellschaftliche Forderungen hinsichtlich der stärkeren Berücksichtigung der Tierschutzaspekte fordern dies jedoch. So besteht beispielsweise im Rahmen des „Aktionsplans Kupierverzicht“ für viele Landwirte akuter Handlungsbedarf. Im Aktionsplan sind z.B. moderne Managementhilfen zur Unterstützung der landwirtschaftlichen Erzeuger formuliert, um zukünftig Schweine mit unversehrten Schwänzen halten zu können.

Das von 2016 bis 2019 vom BMWI geförderte Projekt KUNGFU hat bewiesen, dass eine Automatisierung der Befunderfassung auch im rauen Umfeld des Schlachthofes möglich ist. KUNGFU ist eine kamerabasierte Auswertungssoftware zur automatisierten und objektiven Erkennung von Lungenveränderungen, die auf Lern- und Klassifikationsverfahren der künstlichen Intelligenz (KI) aufbaut. Dieses Projekt hat bereits sowohl zu einer deutlichen Verbesserung der Befundung als auch zu einer Automation des von Dr. Frettlöh entwickelten Tierwohl- und Gesundheitsindex geführt.

## **II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung**

Eine optimale Tiergesundheit in der Schweinemast ist Voraussetzung für eine nachhaltige, ressourcenschonende Fleischerzeugung. Als objektive Indikatoren für die Gesundheit der Schweine dienen Schlachtkörperbefunde sowie betriebliche Produktionskennzahlen (tägliche Zunahmen, Masttage, Tierarztkosten, Therapieindex etc.). Je automatisierter diese Daten erfasst, ausgewertet und dem Landwirt als Entscheidungshilfe zur Verfügung stehen, desto effektiver und schneller kann auch im

Sinne eines präventiven Tiergesundheits- und Tierwohlmanagements gehandelt werden.

Mittels einer digital unterstützten Befunddatenerfassung und intelligenter Algorithmen (KI) zur Ermittlung aussagekräftiger Indices, welche in ein Informationssystem bedarfsgerecht eingespeist werden, können die Entscheidungsfindungsprozesse der Landwirte kompetent und zielorientiert unterstützt werden.

Im Vordergrund dieses Projektes steht eine hochautomatisierte, objektive Datenerfassung im Schlachtprozess und deren intelligente Verknüpfung mit Informationen der Tierhaltungsstandorte sowie eine hohe Gebrauchstauglichkeit der Informationssysteme im Sinne einer aussagefähigen, hochverfügbaren Managementhilfe. Somit werden die in der Erzeugungskette beteiligten Partner in die Lage versetzt, den gesellschaftlichen Ansprüchen an eine nachhaltige Tierhaltung unter Gewährleistung transparenter Tierwohlbedingungen zu entsprechen.

### **III. Mitglieder der OG**

#### **IV. OG 1 Leadpartner: Bio-Security Management GmbH**

#### **V. OG 2: IQ Agrar Service GmbH**

#### **VI. OG 3: Quh-Lab Lebensmittelsicherheit**

#### **VII. OG 4: Reinhard Kamphus**

### **VIII. Projektgebiet**

Nordrhein-Westfalen/ Niedersachsen

### **IX. Projektlaufzeit und -dauer**

20.12.2019 – 19.12.2022 (3 Jahre)

### **X. Budget**

499.899,22€

### **XI. Ablauf des Vorhabens**

#### **Arbeitspaket 1**

IST-Zustand: Auflistung der vorhandenen Daten und Definition der noch benötigten Daten

#### **Arbeitspaket 2**

Installation der Kameratechnik und Software im Schlachthof

<b>Arbeitspaket 3</b> Bereitstellung der technischen Infrastruktur (Datenbank)
<b>Arbeitspaket 4</b> Sammlung von Befunddaten am Schlachthof
<b>Arbeitspaket 5</b> Erarbeitung einer Checkliste für die Betriebsbesuche landwirtschaftlicher Betriebe
<b>Arbeitspaket 6</b> Berechnung der Indices
<b>Arbeitspaket 7</b> Darstellung und Visualisierung der Ergebnisse im IQ-Agrar PORTAL
<b>Arbeitspaket 8</b> Betriebsbesuche anhand der Checkliste
<b>Arbeitspaket 9</b> Vergleichende Analyse der Indices vor und nach dem Betriebsbesuch
<b>Arbeitspaket 10</b> Formulierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Tierwohls
<b>Arbeitspaket 11</b> Trainieren der KI
<b>Arbeitspaket 12</b> Projektmanagement, Projektkoordination und -organisation, Leitung der Operationellen Gruppe

## **XII. Zusammenfassung und Ergebnisse**

### **AP 1**

IST Zustand: Auflistung der vorhandenen Daten und Definition der noch benötigten Daten

Ein Ziel des Projekts KI-PigHealth ist eine Objektivierung und Digitalisierung der Schlachthofbefunddaten. Als Ergänzung zur derzeit üblichen subjektiven Erfassung durch das amtliche Untersuchungspersonal, sollen bestimmte Schlachtkörperbefunde mittels bildgebender Verfahren erfasst, analysiert und ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Bildanalyse werden gemäß einem vorgegebenen Bewertungsschema dokumentiert. Somit wird eine Objektivierung in der Befundung durch den Einsatz von Algorithmik erzielt. Zudem erfolgt eine Verdichtung der Befundung durch einen Tiergesundheitsindex.

Aufbauend auf der algorithmenbasierten Befundung soll Wissen über Auswirkungen von Haltungseinscheidungen abgeleitet und Handlungsempfehlungen automatisiert dargestellt werden. Diese Handlungsempfehlungen basieren im Kern auf analysierte Wirkzusammenhängen zwischen Haltungseinscheidungen und Tiergesundheit. Ziel dieser Analyse ist die Ableitung von Wissen über eine Verbesserung der Tierhaltung. Hierfür sind große Datenmengen der Haltung und Schlachthofbefunddaten zu integrieren, um sie auf Korrelationen und Kausalitäten zu analysieren. Im Kern ist Wissen über Auswirkungen von Haltungsbedingungen zu ermitteln und für eine visuelle Präsentation dem IQ-Agrar PORTAL bereit zu stellen.

Ein wichtiger Aspekt hierbei war es, vorhandene Daten aufzulisten sowie darüber hinaus benötigte Daten zu definieren, die für eine Datenanalyse und Aufbereitung von Schlachthofbefunddaten und Produktionskennzahlen in der Schweinehaltung benötigt werden. Die quantitative Analyse von Haltungs- und Befunddaten, von der Erhebung der Parameter zur Bewertung über die Analyse zur Ableitung von Handlungsempfehlungen bis zur betrieblichen Evaluation für das Projekt, wurden im Rahmen eines Unterauftrages durch das Fraunhofer Institut durchgeführt.

Im Zuge der Ausschreibung und Vergabe des Unterauftrages wurde damit begonnen, die vorhandenen Daten von IQ-Agrar zu sichten und zu bewerten. Dazu zählen in erster Linie die Schlacht- und Befunddaten der Schlachthöfe, mit denen IQ-Agrar bereits zusammenarbeitet.

Zum Abschluss des Unterauftrages sind die Auflistung der vorhandenen Daten sowie die Definition der noch benötigten Daten durch das Fraunhofer Institut abgeschlossen. Hierzu befand sich IQ-Agrar in engem Austausch mit dem Unterauftragnehmer. Daneben wurden Datenzusammenhänge und mögliche Korrelationen besprochen, weitere Themen diskutiert, sowie landwirtschaftliche Fachtermini und deren Bedeutung für die Tiergesundheit und daraus resultierenden Managementempfehlungen erläutert. Parallel hierzu ist eine Konzeption der Implementierung der Daten in die jeweilige Datenbankstruktur erfolgt. Entsprechende Datensatzbeschreibungen, insbesondere der verschiedenen Schlüssel-Parameter, sind abgeschlossen.

In diesem Kontext galt es zu bewerten, welche Daten für die Auswertung zusätzlich herangezogen werden müssen. Somit konnte unter anderem abschließend entschieden werden, welche Daten insbesondere aus dem Bereich der Qualitätssicherung (QS-Auditberichte, Auditindices, Salmonellenmonitoring, Antibiotikamonitoring, Therapieindex) für die Index-Bildung relevant sind.

In einem ersten Schritt erfolgte durch den Unterauftragnehmer eine Aufbereitung der vorliegenden Daten sowie eine deskriptive Analyse der manuell erfassten Befunddaten aus der Fleischuntersuchung. Im weiteren Projektverlauf sollte auf Basis der

deskriptiven Analyse ein Vergleich zwischen den manuell erfassten Befunddaten und den KI-Daten erfolgen.

Aufgrund der Projektverzögerung wurde der Zeitraum des Unterauftrages des Fraunhofer Instituts durch IQ-Agrar um weitere zwei Monate verlängert, um aktuelle Analysen abzuschließen. Durch den Unterauftragnehmer wurde die Bewertung der Daten teilweise abgeschlossen. Da die KI-Befunddaten des Projektes zum Ende der Beauftragung des Fraunhofer Instituts nicht in der gewünschten und benötigten Qualität vorlagen, wurde der Fokus des Unterauftrages auf die Aufbereitung der vorliegenden Daten und die deskriptive Analyse der manuell erfassten Befunddaten aus der Fleischuntersuchung gelegt. Aufgrund dessen war es nicht möglich, eine statistische Vergleichsanalyse zwischen manuell erfassten Befunddaten und KI-Befunddaten durchzuführen. Dennoch konnten mit den vorhandenen Daten verschiedene Indices berechnet und eine Vergleichsanalyse unterschiedlicher Indices durchgeführt werden.

## **AP 2**

### Installation der Kamertechnik und Software im Schlachthof

An diesem Arbeitspaket ist IQ-Agrar nicht beteiligt. Im Projektverlauf wurde allerdings deutlich, dass die IT- und Prozess-Unterstützung gemäß Projektantrag im Verhältnis zu den weiteren Arbeitspaketen wahrscheinlich als zu gering eingestuft wurde. Um die Projektziele „Ermittlung eines Verfahrens zur objektiven Erfassung bestimmter Schlachtkörperbefunde mittels digitaler Bildanalyse und deren Auswertung“ sowie „Verknüpfung der KI-Informationen mit den Managementdaten der Mastbetriebe“ zu erreichen, waren insbesondere im Arbeitspaket 2 mehr Ressourcen notwendig. Aufgrund der weiter anhaltenden Projektverzögerung in diesem Arbeitspaket hat IQ-Agrar dem Projektkonsortium angeboten, prozessual zu unterstützen. Die Aufgaben hierbei gliedern sich in Prozessanalysen und -dokumentationen, Interpretation und Bewertung der aktuellen Prozesse, Identifikation von Maßnahmen, Unterstützung beim Aufbau der technischen Infrastruktur, Kommunikation mit den Projektbeteiligten, Qualitätsbeschreibung und Qualitätssicherung der Annotation im Hinblick auf Bildqualitätsparameter und Datenstruktur sowie der Erstellung von entsprechenden Spezifikationen. Der hierdurch entstehende personelle Mehraufwand im Rahmen des Projektes wurde seitens IQ-Agrar kostenneutral zur Verfügung gestellt.

Darüber hinaus hat IQ-Agrar in diesem Arbeitspaket inhaltlich weiter unterstützt und mit den Beteiligten in einem intensiven Austausch die Prozesse und Prozessanalysen weiter vorangetrieben. Insbesondere die Einstellung und Validierung der Kameras am Schlachthof war ein essentieller Bestandteil. Außerdem wurde zusammen mit den Projektbeteiligten der Fokus auf die Qualitätssicherung der Annotation gelegt.

Sofern notwendig und von den Projektbeteiligten angefordert, hat IQ-Agrar in diesem Arbeitspaket weiter fachlich unterstützt.

### AP 3

#### Bereitstellung der technischen Infrastruktur (Datenbank)

Die Bereitstellung der technischen Infrastruktur ist vollständig abgeschlossen. Resultierend aus dem Arbeitspaket 1 wurden die Datenbank-Tabellen für die Schlacht- und Befunddaten sowie die Daten aus der Qualitätssicherung inklusive der Monitoringdaten fortlaufend aktualisiert und dem Unterauftragnehmer für seine Berechnungen mittels „R-Studio“ per VPN über den Server bereitgestellt. Darüber hinaus wurde eine Schnittstellenbeschreibung erstellt und zur Verfügung gestellt.

Die Schnittstellenbeschreibung ist Bestandteil der Systemdokumentation und stellt allen relevanten Parteien die erforderlichen Informationen zur Anbindung und Nutzung zur Verfügung. Die Dokumentation umfasst folgende Punkte:

- Projektumfeld
- Grundlegende Abläufe
- Grundlegende Technische Struktur
- Erleichterung der Anbindung bzw. Nutzung der Schnittstelle
- Hinweise auf weitere Dokumentationen

Die Schnittstellenbeschreibung behandelt die Übermittlung von Schlachtbefunden, die im Rahmen des Projektes KI-PigHealth von Seiten Schlachthof/Projektpartner an IQ-Agrar übermittelt werden. Über den teilnehmenden Projektschlachthof werden täglich bis zu ca. 6.000 Mastschweine geschlachtet. Im Projekt wurden Schlachtbefunde von den folgenden Organen ermittelt:

- Leber
- Parasitärer Leberbefund 1 (<= 5 Milkspots)
- Parasitärer Leberbefund 2 (> 5 Milkspots)
- Sonstige nichtparasitäre Leberbefunde
- Herz
- Chronische Pericarditis
- Lunge
- Pneumonie 1 (0 bis 10% verändert)
- Pneumonie 2 (10 bis 30% verändert)
- Pneumonie 3 (über 30% verändert)
- Brustfell
- Pleuritis 1 (0 bis 10% verändert)
- Pleuritis 2 (10 bis 30% verändert)
- Pleuritis 3 (über 30% verändert)
- Niere
- Chronische Nierenveränderung

Da auch Negativbefunde (Leber ohne besonderen Befund, etc.) übermittelt werden, ist von einem Datenvolumen von maximal 5 x 6.000 Befunden auszugehen (in Summe 30.000 Befunde). IQ-Agrar erhält bereits im großen Umfang Schlacht- und Befunddaten von Schlachthöfen. Die Schlacht- und Befunddaten werden nach dem ADIS/ADED-Datenformat übermittelt.

Die Art der Befundübermittlung dieser Schnittstelle orientiert sich an der Struktur (nicht am Format) der bereits über Schlachthöfe übermittelten Daten über Schlachtbefunde und Schlachtschweine. Neben den manuell erfassten Daten können die KI-Befundinformationen anschließend durch IQ-Agrar mit den Schlachtdaten verbunden werden oder mit den manuell erhobenen Schlachtbefunden verglichen werden. Die Datenanalyse steht hierbei im Fokus. Insbesondere war eine kontinuierliche Aktualisierung der Daten notwendig, um die Berechnungen der Indizes umfänglich zu ermöglichen. Der Zugriff des Fraunhofer Instituts auf die Daten erfolgte für die gesamte Projektlaufzeit reibungslos.

Eine schematische Darstellung der Schnittstelle wird in Abbildung 1 gezeigt.

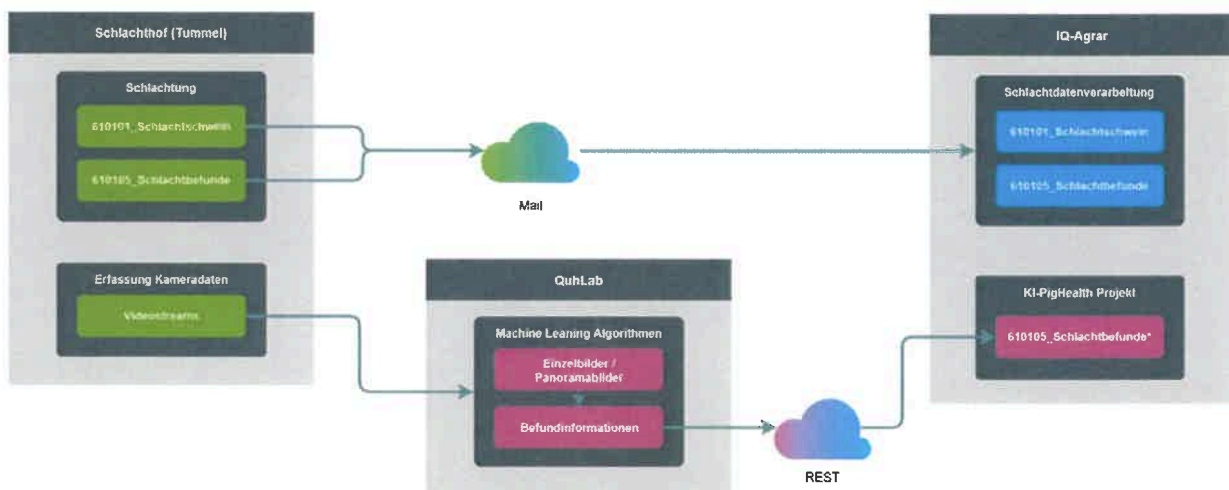


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Schnittstelle bei IQ-Agrar

#### AP 4

##### Sammlung von Befunddaten am Schlachthof

Die Befunddaten der Schlachthöfe, mit denen IQ-Agrar bereits zusammenarbeitet, werden in entsprechenden Datenbanken abgelegt und für künftige Auswertung gespeichert. Dementsprechend wurden in AP 3 technische Vorbereitungen getroffen, damit diese Daten schnell integriert werden können. Die Schlachtdaten, sowie die dazugehörigen Befunddaten, der mit IQ-Agrar zusammenarbeitenden Schlachtbetriebe wurden laufend gespeichert und auf dem Server in „RStudio“ aktualisiert. Somit hatte



der Unterauftragnehmer die Möglichkeit unmittelbar nach Einspielen der KI-Daten mit den Auswertungen auf aktuellsten Daten zu beginnen. Die manuell erfassten Befunddaten aus der amtlichen Fleischuntersuchung liegen für den projektbeteiligten Schlachthof und dementsprechend für den Projektbetrieb innerhalb des Projektzeitraumes vollständig vor. Alle manuell erfassten Befunddaten wurden dem Unterauftragnehmer für eine Datenaufbereitung sowie deskriptive Analyse mittels Schnittstelle übermittelt. Weitere Befunddaten anderer Schlachthöfe wurden als Vergleichs- bzw. Referenzwerte pseudonymisiert für den Unterauftragnehmer über die Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden fortlaufend aktualisiert. Insgesamt liegen Befunddaten von 1,5 Jahren retrospektiv in der Einzeltiererfassung vor.

Aufgrund der Projektverzögerungen sowie den nicht in der benötigten Qualität vorliegenden KI-Daten, wurden zur Sicherstellung und Verifizierung der technischen Infrastruktur für den vorgesehenen und geplanten Datentransfer der KI-Daten, sogenannte „Dummydaten“ verwendet. Somit wurde eine entsprechende Validierung des Datentransfers dennoch ermöglicht. Diese Prüfung und Sicherstellung führten zu einem reibungslosen Transfer der ersten KI-Befunddaten ab September 2022.

Der verzögerte Datentransfer der KI-Daten hatte zur Folge, dass diese Daten in der Analyse sowie im Abschlussbericht des Unterauftragnehmers zeitlich nicht berücksichtigt werden konnten.

## **AP 5**

### **Erarbeitung einer Checkliste für die Betriebsbesuche landwirtschaftlicher Betriebe**

Auf Basis einer konzipierten Anforderungsanalyse sowie umfangreicher Literaturrecherchen, Interviews mit Fachexperten sowie Sichtung verschiedener, bereits vorhandener und etablierter Checklisten für das Tiergesundheitsmanagement Schwein, wurden die erforderlichen Inhalte der Checkliste gebündelt und entsprechend in sinnvolle Kapitel gegliedert. Weitere fachliche Aspekte wurden auf Basis der Ergebnisse des Arbeitspakts 4 bewertet und in die Checkliste integriert.

Die Erarbeitung und Erstellung einer Checkliste für die Betriebsbesuche landwirtschaftlicher Betriebe wurde somit abgeschlossen und in ein passendes Layout eingearbeitet. Neben den Inhalten wurde der Fokus insbesondere auf eine vereinfachte Auswertbarkeit und Datenverarbeitung der Checklisten-Inhalte gelegt. Ebenfalls wurden die technischen Voraussetzungen zur digitalen Implementierung und das zugrundeliegende Rollen-Rechte-Konzept dabei berücksichtigt. Aspekte des Datenschutzes wurden final überprüft. Bezüglich der vorgesehenen Einsatzbreite der Checkliste, wurden Möglichkeiten der digitalen Anwendung und eine entsprechende Tabletfähigkeit der Checkliste berücksichtigt. Zur Vorbereitung der digitalen Erfassung während der geplanten Betriebsbesuche, wurden hierfür geeignete Tablets beschafft

und entsprechend konfiguriert. Mittels der Implementierung eines PDF-Services, wurde eine digitale und geführte Bearbeitung der Checkliste ermöglicht. Hierdurch kann eine gleichbleibende Datenqualität gesichert werden. Darüber hinaus werden die Daten bereits bei der Erfassung digitalisiert, sodass diese Daten in weiterführende Analysen als wichtige Zusatzinformationen zeitnah und effizient einfließen können.

## **AP 6**

### **Berechnung der Indices (FIT)**

Für die Einschätzung des Tierwohls auf landwirtschaftlichen Betrieben wurde in enger Abstimmung mit den Projektpartnern ein Tiergesundheitsindex entwickelt. Hierbei hat sich IQ-Agrar insbesondere mit Praxiserfahrungen, Fachwissen und Knowhow eingebracht. Der Index basiert auf verschiedenen Bewertungsmethoden für Tiergesundheit und Tierwohl und integriert somit verschiedene wissenschaftliche Ansätze. Ziel des Index ist eine Objektivierung sowie Standardisierung der Bewertung von Tiergesundheit und Tierwohl.

Durch Verknüpfung von Befunddaten im Schlachthof und Managementdaten, lässt sich ein Managementtool schaffen, mit dem sich Haltingsprozesse in der Schweinemast optimieren lassen. Der Tiergesundheitsindex ist hier methodisch das Steuerungsinstrument. Somit lassen sich Betriebe mit erfolgreichen Haltingsentscheidungen identifizieren und im Umkehrschluss erfolgreiche Managementmethoden im Produktionsprozess aus diesen Betrieben ableiten. Hierfür ist das Potential der Managementmethoden in einem Beispielbetrieb zu evaluieren.

Neben den KI-Daten sind die Ergebnisse der deskriptiven Analyse aus Arbeitspaket 4 hierfür entscheidend. Es war geplant, auf Basis der Ergebnisse Tiergesundheitsindices für die unterschiedlich generierten Befunddaten zu entwickeln und zu berechnen (manuell erfasste Daten und Daten der KI). Nachfolgend sollte ein Vergleich der Tiergesundheitsindices (AP 9) erfolgen und mögliche Unterschiede bzw. deren Ursachen identifiziert werden. Im Anschluss waren weitere Regressionsanalysen durch den Unterauftragnehmer vorgesehen, um weitere Plausibilitätsprüfungen durchführen zu können.

Durch den fortlaufenden und intensiven Austausch mit dem Unterauftragnehmer konnten insbesondere Verständnisfragen und technische Herausforderungen geklärt werden, sodass dieser mit den Berechnungen beginnen konnte. Vergleichbare Indices aus der Praxis sowie deren wissenschaftliche Entwicklung wurden zur Konstruktion des Tiergesundheitsindex herangezogen und mit den theoretisch verfügbaren KI-Daten abgeglichen. Die vergleichende Analyse sowie die Betrachtung von Referenzwerten zum geplanten Index wurden durch IQ-Agrar intensiv begleitet.

Im Verlaufe des Projektes haben sich Herausforderungen in der Verfügbarkeit der Daten ergeben. Unter anderem aufgrund von Qualitätsproblemen in der Kameratechnik kam es zu deutlichen Verzögerungen in der bildbasierten Erzeugung von Befunddaten.

Da aufgrund dieser Datenlage nicht alle benötigten Indikatoren zur Verfügung stehen, wurde der Index auf die Verfügbarkeit der Daten im Projekt angepasst.

Darüber hinaus musste das Versuchsdesign aufgrund der technisch bedingt fehlenden oder nicht korrekt zugeordneten KI-Daten wiederholt angepasst und dessen Methoden modifiziert werden. Unter anderem erarbeitete hierauf der Unterauftragnehmer in enger Abstimmung mit IQ-Agrar und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein neues Konzept zur Analyse der vorliegenden Tiergesundheitsdaten. Da sich die Bereitstellung der KI-Daten in ausreichender Qualität verzögerte, wurden die durchzuführenden Leistungen hinsichtlich der Regressionsanalyse erneut gekürzt. Ein weiterer Grund ist, dass die Berechnung des Index erst mit Zusendung der KI-Daten begonnen werden kann, um somit ein konsistentes Vorgehen und eine Vergleichbarkeit zwischen den Indizes gewährleisten zu können. Die notwendigen Schritte und Berechnungen der manuell erfassten Daten sind abgeschlossen und für den geplanten Vergleich der Indizes vorbereitet. Hierfür wurden unter anderem zeitliche Merkmale sowie eine Variablenübersicht der Befunde erstellt. Zusätzlich erfolgte ein Mapping der internen BefundCodes zu Befundnamen, analog zu den Indikatoren und Subindizes. Im Rahmen der Datenaufbereitung und -integration wurden darüber hinaus Daten ohne zugehörigen Indikator und fehlerhafte Daten herausgefiltert und die Datensätze entsprechend gesäubert. Die Bestandteile der Indizes sind mit den künftigen Anforderungen der KI-Indizes synchronisiert, so dass Berechnungen und Vergleiche der KI-Daten zu manuell erfassten Daten ermöglicht wird. Zum Zeitpunkt des Abschlussberichtes durch das Fraunhofer Institut lagen keine automatisch erhobenen Befunddaten (KI-Daten) vor. Auf Grund dessen konnten die KI-Daten nicht umfänglich in der Index-Berechnung berücksichtigt werden.

Bezüglich der genannten eingeschränkten Datenverfügbarkeiten wurde das Projektdesign des Unterauftrags wie folgt angepasst und fokussierte sich auf folgende Kernpunkte:

- Die theoretische Entwicklung eines Tiergesundheitsindex für eine objektive Bewertung der Gesundheit von Tieren bei der Schlachtung;
- Deskriptive Analysen der manuell erhobenen Befunddaten;
- Deskriptive Analysen der Befunde des Kammerschlachthofes;
- Case Study eines Tiergesundheitsindizes auf Basis des Kammerschlachthofes ES 198.

Folgende Fragestellungen konnten nicht verfolgt werden:

- Vergleich KI-basierter und manueller Befundung;

- Deskriptive Analyse der KI-basierten Befundungen, um Unterschiede in den Verteilungen der beiden Erhebungsmethoden zu erkunden oder auch vielleicht deutliche Kongruenzen nachweisen zu können;
- Eine Evaluation der Best Practices in Beispielbetrieben war bis zum Zeitpunkt des Berichts nicht möglich, so dass sich die Wirkungseffizienz der Best Practices im Alltagsbetrieb bei den ausgewählten Mastpartnern nicht bewerten lässt.

Tabelle 1 Gewichtung der Indikatoren des Tiergesundheitsindex

Subindex	Indikator	Beschreibung	Gewichtung	
			Indikator	Subindex
Atemweg- und Herzerkrankungen	Lunge	Lungenveränderung >10%	5	
	Brustfell	Brustfellveränderung >10%	5	5
	Herz	Herz verändert	4	
Äußerliche Verletzungen	Arthritis	Gelenkentzündungen	3,5	
	Abzess	Abzess/e	3	
	Ohr	Ohrveränderungen	5	4
	Schwanz	Schwanzveränderungen	5	
	Haut	Haut verändert	4	
Liegebeulen	Liegebeulen/Bursitiden	2,5		
Tiermanagement	Leber	Leberbefund	4,5	
	Treibespuren	Treibespuren	5	4,5
	Darm	Darmveränderungen	1	
	Untauglich	Schlachtkörper untauglich	1,5	
Antibiotikaverabreichung	treatment frequency	Menge/Dosis	-	3,5
Salmonellenerkrankung	Salmonella status	Ergebnis der Probe auf Salmonellen POSITIV	-	2,5

## AP 7

### Darstellung und Visualisierung der Ergebnisse im IQ-Agrar PORTAL

Die Implementierung der Schnittstelle zur automatischen Übernahme der Daten in das IQ-Agrar PORTAL wurde anhand von Test-Daten, sogenannten „Dummydaten“, vorgenommen. Somit ist die Übernahme von KI-Daten abschließend vorbereitet. Somit wurde eine entsprechende Validierung des Datentransfers dennoch ermöglicht. Diese Prüfung und Sicherstellung führten zu einem reibungslosen Transfer der ersten KI-Befunddaten ab September 2022 (vgl. AP 3). Vorgesehen ist, dass die Visualisierung der Ergebnisse aus KI-Daten in dem bestehenden Funktionsbereich der Schlacht- und Befunddaten des IQ-Agrar PORTALS erfolgt. Hier wurde an einer Darstellung

gearbeitet, die eine anschauliche und verständliche Auswertung für die landwirtschaftlichen Betriebe ermöglicht. Diesbezüglich wurde ein Konzept vorbereitet, welches neben der Visualisierung ebenfalls die Darstellung von Subindizes, Indikatoren, Befunde, Lieferpartien sowie Lieferbetriebe vorsieht. Voraussetzung hierfür ist das Vorliegen vollständiger KI-Daten. Darüber hinaus wurde die Methodik der Darstellung konzeptionell um zeitliche Variabilität ergänzt, sodass unter anderem im Sinne des Betriebsmanagements ein interner Vergleich (Benchmarking) inklusive Entwicklungstrends möglich ist. Fortlaufend wurden durch IQ-Agrar die Datenbanken aktualisiert, Variablen der festgelegten Indikatoren sowie Subindizes zugeordnet, Datenbankfelder ergänzt beziehungsweise modifiziert sowie Anpassungen der benötigten SQL-Abfragen durchgeführt. Zur zeitnahen Integration der Indices in das IQ-Agrar PORTAL, sobald diese feststehen, wurde verstärkt an der technischen Übernahme und der Vorbereitung der Backend-Strukturen gearbeitet. Ebenfalls wurde mit der Implementierung einer Schnittstelle begonnen, welche die Datenübernahme automatisiert vornimmt. Aufgrund der Verzögerungen im Projekt konnten die Arbeiten jedoch größtenteils nur mit Test-Daten vorgenommen werden.

Im Rahmen der Überlegung zur Neukonzeptionierung des IQ-Agrar Portals im Hinblick auf die Integration von KI-Befunddaten, wurde zusätzlich ein Interview mit dem Pilotbetrieb zur praktischen Anwendbarkeit im landwirtschaftlichen Betrieb durchgeführt. Hierfür wurde ein Testzugang freigeschaltet und ein angepasster Schulungs-Workshop konzipiert. Der Fokus liegt hierbei auf den statistischen Auswertungen sowie der Visualisierung der KI-Daten. Hierdurch wird die Möglichkeit geboten, betriebsindividuelle Fragestellungen konkret an den eigenen Betriebsdaten aufzuarbeiten und eine auf die jeweiligen Bedürfnisse zugeschnittene Schulung durchzuführen.

Aufgrund der Verzögerungen im Projekt durch die fehlenden KI-Daten, wurde mit diesem Arbeitspaket für einen ersten Schritt zumindest konzeptionell begonnen. Hierzu ist eine erste Sichtung des vorhandenen IQ-Agrar PORTALS inklusive aller Funktionen und Auswertemöglichkeiten erfolgt. Fokus hierbei bilden die aktuellen Darstellungsmöglichkeiten der Befunddaten aus der visuellen Fleischuntersuchung. Die für die Visualisierung zusätzlich benötigten Daten bzw. deren Zusammenhänge und Abhängigkeiten wurden aufgenommen und definiert. Im Rahmen der Projektplanung und –organisation wurden die Aufgaben dieses Arbeitspaketes mit den zuständigen IT-Mitarbeitern abgestimmt.

## **AP 8**

### Betriebsbesuche anhand der Checkliste

Die Bearbeitung sowie Erreichung der Ziele je Arbeitspaket, waren aufgrund der Corona Pandemie vereinzelt nicht umsetzbar, mindestens verzögert. Dementsprechend wurden

betreffende Arbeitspakete den jeweils aktuellen Gegebenheiten in der Corona Pandemie angepasst. Dies betraf ebenfalls das Arbeitspaket 8. An der Zielsetzung des Arbeitspakets war aufgrund dessen keine grundsätzliche Änderung notwendig. Mit fortschreitendem Projektverlauf und Lockerung der Maßnahmen, konnten die notwendigen Betriebsbesuche dennoch geplant werden.

Demnach konnten die die ersten Betriebsbesuche auf dem landwirtschaftlichen Projekt-Betrieb Kamphus umgesetzt und im modifizierten Versuchsdesign zum Ende des Projektes abgeschlossen werden. Hierfür wurden notwendige Vorbereitungen im Hinblick auf den Seuchenschutz und organisatorische Aspekte kontinuierlich besprochen und abgestimmt. Herausfordernd hierbei stellte sich insbesondere die logistische Schlachtung der Pilottiere beziehungsweise deren Datenerfassung und Zuordnung am Schlachthof heraus. Aufgrund dessen konnten die KI-Daten bezüglich der Betriebsbesuche zum jeweiligen Zeitpunkt nicht berücksichtigt und die Checkliste ergänzend angepasst werden. Im Vorfeld wurde durch IQ-Agrar zum einen eine individuelle Betriebsanalyse und zum anderen eine Anforderungsanalyse für den vorgesehenen PDF-Service durchgeführt, um künftig Betriebs- und Produktionsdaten digital und standardisiert erfassen zu können. Darüber hinaus wurden insbesondere die Prävalenzen der Befunddaten des Pilotbetriebes retrospektiv berechnet und analysiert, unter Zuhilfenahme der Parameter des zu berechnenden Index und dessen Subindizes. Aufgrund der derzeit nicht möglichen Berechnungen sowie des Vergleiches zwischen den Indices (manuell erfasste Befunddaten und KI-Befunddaten), konnten die Daten der Betriebsbesuche und der Analyseergebnisse zum jeweiligen Projektzeitpunkt nicht weiterführend verarbeitet und in die Berechnungsmethodik integriert werden. Wegen der genannten Projektverzögerungen war eine Prüfung der Einsatzfähigkeit der Tablets während der Betriebsbesuche ebenfalls nicht möglich. Deshalb wurden die technischen Funktionen separat getestet.

## **AP 9**

### Vergleichende Analyse der Indices vor und nach dem Betriebsbesuch

Dieses Arbeitspaket konnte aufgrund der unvorhersehbaren Verzögerungen im Projekt nicht begonnen und abschließend bearbeitet werden. Aufgrund der technisch bedingt fehlenden oder nicht korrekt zugeordneten KI-Daten, musste wiederholt das Versuchsdesign und dessen Methoden modifiziert werden. Unter anderem erarbeitete hierauf der Unterauftragnehmer in enger Abstimmung mit IQ-Agrar und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein neues Konzept zur Analyse der vorliegenden Tiergesundheitsdaten. Die Lieferung der KI-Daten verzögerte sich im Projektverlauf so weit, dass die durchzuführenden Leistungen durch das Fraunhofer Institut hinsichtlich der Regressionsanalyse erneut gekürzt werden mussten. Darüber hinaus wurde im Projektkonsortium einheitlich beschlossen, auf die notwendigen Leistungen zur Durchführung des Arbeitspakets 9 und 10 zu verzichten, da diese ohne KI-Daten nicht möglich sind und der Unterauftrag zeitlich limitiert war. Ein weiterer

Grund ist, dass die Berechnung des Index erst mit Zusendung der KI-Daten begonnen werden kann, um somit ein konsistentes Vorgehen und eine Vergleichbarkeit zwischen den Indizes gewährleisten zu können. Die notwendigen Schritte und Berechnungen der manuell erfassten Daten sind abgeschlossen und für den geplanten Vergleich der Indizes vorbereitet. Hierfür wurden entsprechende Vorbereitungen in AP 6 getroffen.

## **AP 10**

Formulierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Tierwohls

Aufgrund der erwähnten Projektverzögerungen und den daraus resultierenden, fehlenden Berechnungen und Analysen, konnte dieses Arbeitspaket seitens IQ-Agrar ausschließlich konzeptionell begonnen werden. Diese Vorgehensweise wurde einheitlich im Projektkonsortium und mit dem Unterauftragnehmer abgestimmt. Hierfür wurden Auswertungen und mögliche Nutzungsmöglichkeiten von Tiergesundheitsdaten in der Praxis eruiert, beispielsweise die Validierung von Datenanalysen für landwirtschaftliche Beratungsorganisationen betreffend. Im Rahmen dessen wurden Möglichkeiten zur Optimierung von Datenanalysen und deren Visualisierung im Konzept berücksichtigt und eine Methode für ein Befundcontrolling entwickelt. Ziel hierbei ist es, eine betriebsindividuelle und verständliche Bewertung der Daten und somit eine zielgerichtete Formulierung von Handlungsempfehlungen zu ermöglichen. Kernpunkt soll die kontinuierliche Verbesserung von Tiergesundheit und Tierwohl hinsichtlich eines zielgerichteten Betriebsmanagements sein.

## **AP 11**

Trainieren der KI

Aufgrund der sehr guten Ergebnisse des Ende 2021 neu entwickelten, modularen KI-Modells wurde sich im Verlauf des ersten Halbjahres 2022 auf die weitere Entwicklung und Ausreifung dieses Modells konzentriert.

Es wurde kontinuierlich am AP 11 gearbeitet und so konnten bereits sehr gute Ergebnisse in der automatisierten Befunderhebung erzielt werden. Das KI-System ist modular aufgebaut, um es schneller und effektiver an individuelle Kundenbedürfnisse anpassen zu können. Außerdem können auf diese Weise die organspezifischen Unterschiede in der Detektion berücksichtigt werden, d.h. Detektion von Organen und die entsprechend zu liefernden Befunde können unabhängig voneinander entwickelt werden.

Die KI ist in der Lage, das Geschlinge des Schweins mit den drei Organen: Lunge, Herz und Leber sehr sicher zu detektieren, zu identifizieren und zu klassifizieren. Ebenso wird das Vorhandensein von pathologischen Veränderungen auf den Organen sowie die Art der Veränderungen sicher erkannt. Hier lag der Fokus insbesondere auf der

Präzisierung und Erweiterung des bereits geleisteten Proof-of-Concepts (z.B. quantitative Fläche der pathologischen Veränderungen).

Außerdem wurde mit dem Training der Schweinehälften mit Videos von vier zusätzlichen Kameras begonnen. Der Fokus lag auf der Erkennung von Lungenfell- und Bauchfellentzündungen, da diese am ehesten mit der Lungengesundheit und somit mit den bereits durch die KI erhobenen Organbefunden (Geschlinge) verknüpft werden können. Es werden sowohl die Innen- und Außenseiten in ihrer Gesamtheit als auch individuell Lungenfell, Bauchfell, Haut, Ohren und Schwänze detektiert und identifiziert. Insbesondere werden die linke und rechte Seite des Tierkörpers unterschieden. Die Detektion der pathologischen Auffälligkeiten an diesen wurde erreicht. Allerdings müssen die Ergebnisse besser werden, um die erforderliche Detektionsgenauigkeit der pathologischen Organveränderungen zu erreichen. Dafür wurden die Datensätze deutlich vergrößert und erweitert.

Das Training der KI-Modelle wurde auch in der zweiten Hälfte 2022 intensiv fortgeführt. Hierzu wurden für die Bewertung der einzelnen Modelle zunächst aussagekräftige Schlüsselkennzahlen (Key Performance Indicators - KPI) eingeführt und die Anzahl der Trainings-Datasets erhöht. Zu den KPIs gehören Genauigkeit (Precision), Trefferquote (Recall) und der F1-Score, der die Informationen aus Genauigkeit und Trefferquote in einer einzigen Schlüsselkennzahl abbildet. Diese basieren auf Ergebnissen aus von Quh-Lab entwickelten Validierungsverfahren, die unter anderem KI-Befunddaten mit den Befunddaten der Schlachthofmitarbeiter vergleichen. Insgesamt zeigen sich sehr vielversprechende Ergebnisse zugunsten des KI-Systems. Die F1-Scores der erstellten Modelle konnten durch die Trainingsiterationen und erweiterten Datensätze durchschnittlich erhöht werden.

## **AP 12**

Etliche Projekttreffen und Techniktreffen haben stattgefunden. Informationen zur Projektförderung und -regularien wurden an die Projektpartner kommuniziert. Auf die Publizitätsvorgaben wurde explizit hingewiesen. Arbeitspakete und beinhaltete Arbeiten wurde besprochen, geplant und terminiert. Unterstützung bei sich ändernden Rahmenbedingungen wie auch Personalumplanungen wurde geleistet. Weiterhin wurden weitere Kooperationspartner an das Projektkonsortium herangeführt.



## B Eingehende Darstellung

### I. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn

#### a. Ausgangssituation

##### *Gesetzliche Herleitung*

Durch die Neuordnung und Harmonisierung desjenigen Europäischen Rechtes, welches Art und Umfang der Schlachtier- und Fleischuntersuchung regelt, fand in deutlichem Maße der Gedanke der risikoorientierten Lebensmittelsicherheit Eingang in die Gesetzgebung. Eine weitere wichtige Änderung im Unterschied zu den vorherigen Rechtsbestimmungen ist die Hervorhebung der Verantwortlichkeit des Lebensmittelunternehmers bei der Sicherung der Lebensmittelqualität, aber auch bei der Entscheidungsfindung zur Zweckbestimmung des Fleisches. So wurde eine engere Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen Unternehmer und Untersucher zum Wohle des Verbrauchers und des Tierwohls sowie der Tiergesundheit zur gesetzlichen Intention.

Die Verordnung (EU) 854/2004 in der Fassung vom 29. April 2004 räumt in Anhang I, Abschnitt IV Kapitel IV Buchstabe B Nummer 2 die Möglichkeit ein, bei der Untersuchung von Schlachtschweinen auf Schnitte und Palpation zu verzichten, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. Mit der Änderungsverordnung (EU) 219/2014 vom 7. März 2014 wird die Verordnung (EG) 854/2004 mit Wirkung zum 1. Juni 2014 so geändert, dass die visuelle, also berührungslose Untersuchung zum Standard wird. Allerdings bleibt sowohl die Palpation als auch die Inzision Mittel der Untersuchung, wenn Risikofaktoren für die Gesundheit von Mensch und Tier das erfordern. Die genannte Änderungsverordnung wägt dabei die Risiken, die bei dem Anschneiden und Durchasten durch mikrobiologische Kreuzkontamination entstehen können gegen das mögliche Nichterkennen von Krankheiten durch die rein visuelle Untersuchung ab. Sie fordert daher Hinweise auf Risikofaktoren, die Palpation oder Inzision erfordern. Also die Grundlagen zur Entscheidung, ob das Risiko der mikrobiellen Kreuzkontamination überwiegt und visuell untersucht werden kann oder ob das Risiko der Nichterkennung einer Krankheit schwerer wiegt und erweitert untersucht werden muss. Entscheiden über die Art der Untersuchung soll das amtliche Untersuchungspersonal. Hinweise, die dieser Entscheidung zu Grunde liegen sollen, sind laut der ab 1. Juni 2015 geltenden VO (EG) 854/2004:

#### 1) Hinweise aus der Lebensmittelkette

- a) Relevante Aufzeichnungen aus dem Herkunftsbetrieb müssen geprüft und analysiert, dokumentierte Ergebnisse dieser Prüfung und Analyse müssen berücksichtigt werden.
- b) Erklärungen von zugelassenen Tierärzten von der Primärebene, Bescheinigungen vom amtlichen Untersuchungspersonal müssen berücksichtigt werden.

- c) Zusätzliche Maßnahmen des Lebensmittelunternehmers, wie integrierte Qualitätskontrollsysteme, eigene Qualitätskontrollsysteme, unabhängige Zertifizierungen (HACCP, 1244 aus 2009/ QS) können, sofern sie dokumentiert sind und die betroffenen Tiere eindeutig zu identifizieren sind, berücksichtigt werden.
- 2) Hinweise aus den Befunden der Schlachttieruntersuchung
    - a) Anzeichen eines Zustandes der die Gesundheit von Mensch und Tier beeinträchtigen kann (besonders Zoonosen und Krankheiten der OIE Listen)
    - b) Sofern innerhalb von 3 Tagen vor der Anlieferung der Schweine am Schlachthof eine Schlachttieruntersuchung im Herkunftsbetrieb gem. 854/2004 stattgefunden hat, kann sich die Untersuchung am Schlachthof auf die Überprüfung der Identität und ein Screening beschränken, die auch vom amtlichen Untersuchungspersonal durchgeführt werden kann. Als Nachweis gilt hier eine Gesundheitsbescheinigung.
  - 3) Hinweise aus Tierwohl und Tierschutz
    - a) Hinweise auf Einhaltung der Vorschriften zum Tierwohl und Tierschutz
  - 4) Hinweise aus der Fleischuntersuchung
    - a) Insbesondere Hinweise auf Zoonosen und Krankheiten der Listen A und B des Internationalen Tierseuchenamtes (OIE)
    - b) Die Geschwindigkeit der Schlachttlinie und die Zahl des anwesenden Inspektionspersonals müssen eine ordnungsgemäße Untersuchung erlauben.
  - 5) Hinweise aus epidemiologischen Daten

Diese Hinweise auf Risikofaktoren müssen mindestens so schwer wiegen, dass sie das Risiko von Kreuzkontamination hervorgerufen durch berührende, also gezielt erweiterte Untersuchung überkompensieren.

Somit werden von dem Inspektionspersonal bei der Untersuchung jeder Partie weitreichende Risikoabwägungen abverlangt, die in ihrer Fülle höchstens bei sehr überschaubaren Partien und kleinen Schlachtmengen von einer Person abverlangt werden können. Das Europäische Gesetzeswerk sieht daher ausdrücklich die Verwendung elektronischer Datenverarbeitungssysteme (EDV) zum Management der Risikoabwägung vor.

Die geltende VO (EG) 2017/625 ist diesem Gedanken treu geblieben.

Das System der rSFU ist eine weitgehend automatisierte, risikoorientierte Beschreibung der Schlachtschweine-Partien anhand festgelegter Merkmale auf Grundlage der Befunde der amtlichen Untersuchung, Informationen aus der Lebensmittelkette und Informationen aus dem Eigenkontroll-/HACCP-System des Schlachthofes. Auf diese Weise wird aufwands-neutral ein deutlicher Zugewinn an Informationsfluss, betreffend die Schlachtkohorten, im Vergleich zur konventionellen Untersuchung, erreicht.

Das System der rSFU eröffnet die Möglichkeit, solche Untersuchungen und sonstige Tätigkeiten durchzuführen, die das amtliche Untersuchungspersonal als angemessen erachtet und solche Untersuchungen und sonstige Tätigkeiten nicht mehr durchzuführen, die zur Entscheidungsfindung „Tauglich“ und „Untauglich“ nicht notwendig sind. Also die mit der Änderungsverordnung 219/2014 nun in der VO (EG) 854/2004 fixierten risikoorientierten Entscheidungen des Inspektionspersonals zur rein visuellen, oder gezielt erweiterten Untersuchung zu erleichtern. Die Indexierung der Schlachtkohorten dient dabei als Hilfestellung zur Voreinschätzung der notwendigen Untersuchungen um qualifizierte Entscheidungen treffen zu können.

Dem amtlichen Untersuchungspersonal wird mit diesem Konzept die Grundlage und Hilfestellung für einen erheblich erweiterten Spielraum an Entscheidungsfindungen und Möglichkeiten zur Untersuchung zur Verfügung gestellt.

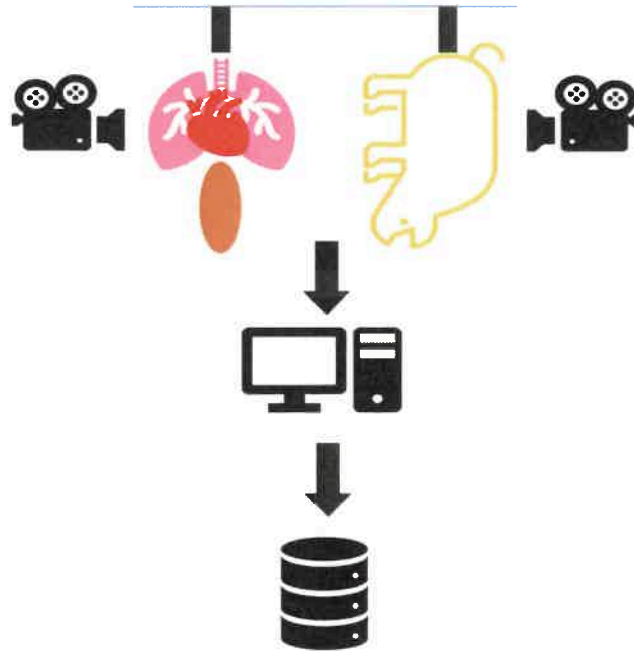
Als Grundlage für die Entscheidungsfindung dienen die in der VO (EG) 219/2014 genannten Informationsgrundlagen:

- Als Aufzeichnungen aus dem Herkunftsbetrieb dienen, die um die Angaben der Mortalitätsrate und die Anzahl der Antibiotikagaben pro Gruppe größer als 10 Tiere erweiterten Informationen zur Lebensmittelkette (LKI), die in immer größerem Maße elektronisch übermittelt werden. Damit werden die Angaben der LKI um gesundheitsrelevante Daten bereichert. Diese Daten sind nicht vom Schlachthof selber zu verifizieren, werden aber durch risikoorientierte, amtliche Kontrollen der Erzeuger verifiziert.
- Sollten tatsächlich Bescheinigungen von Tierärzten aus der Primärebene ankommen, müssen diese in Kombination mit den bereitgestellten Informationen berücksichtigt werden.
- Freiwillige Maßnahmen des Lebensmittelunternehmers wie Zertifizierungen, Teilnahme am QS-System werden rechnerisch vor allem durch die Salmonellenkategorisierung berücksichtigt. Wobei an dieser Stelle noch mal deutlich anzumerken ist, dass eine logistische Schlachtung auf Grundlage der Salmonellenkategorisierung weder fachlich noch rechtlich begründbar ist und auch nie Intention des Standardgebers, der QS-GmbH war.
- Alle erhobenen Befunde aus der Schlachttier- und Fleischuntersuchung die mittels Touchscreens erfasst und dokumentiert werden, werden in einer Datenbank gespeichert.

## *b. Projektaufgabenstellung*

Vorgehensweise Projekt KI PigHealth:

In den teilnehmenden Schlachthöfen in NRW und Bayern wurden Kameras installiert, um die hängenden Organpakete und die Hälften filmen zu können.



*Abbildung 2 Vorgehensweise im Projekt PigHealth*

Die Videos werden durch Tierärzte bewertet und so die künstliche Intelligenz trainiert, die in Folge selbständige Bewertung und Dokumentation von Abweichungen von der physiologischen Beschaffenheit der Schweine durchführen kann. Die Vorgehensweise wird in Abbildung 2 gezeigt.

Eine Darstellung des Hardware-Setups im Schlachthof Tummel ist in Abbildung 4 gezeigt. Mit mehreren Kameras, einem Rechner und einem Power-over-Ethernet Switch wurden ein sicheres Subnetz für die KI aufgebaut. Das Subnetz kommuniziert mit dem Subnetz vom Schlachthof Tummel, damit die Schlachtnummer synchronisiert an das KI-Subnetz ermittelt werden konnten. In Abbildung 3 werden Bilder der aufgehängten Kameras dargestellt. Das System kann mit geringem Aufwand an neue Schlachthöfe angepasst werden.

## Schematische Darstellung der Komponenten

- 7 Kameras für Videoaufnahmen
  - 3 für Organe
  - 4 für Schweinehälften
  - synchronisiert pro Schwein
- KI System nutzt ein eigenes Subnetz
- Integration mit dem Automationssystem (im Schlachthof Subnet) erfolgt nur für Schlachtnummern

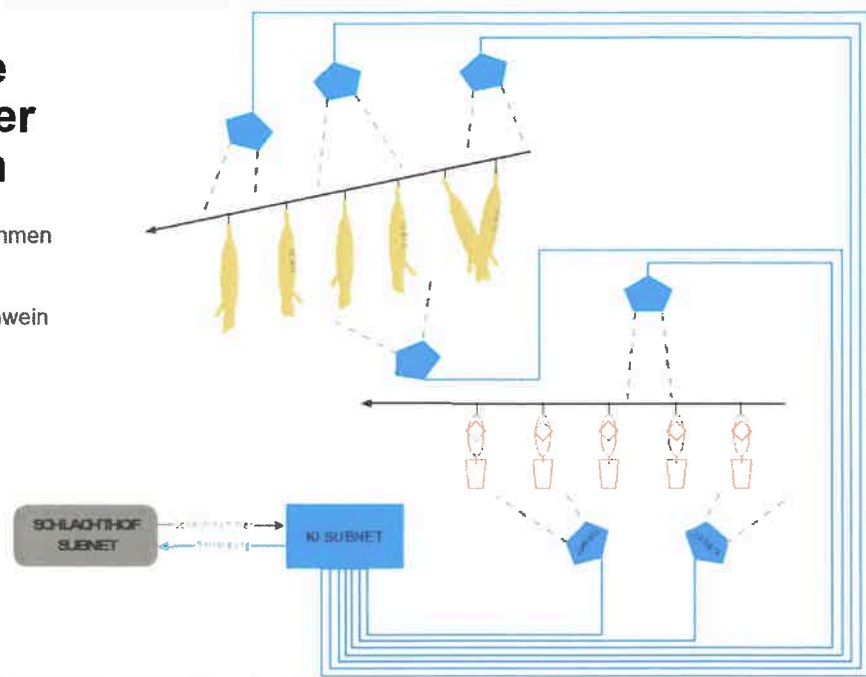


Abbildung 4 Schematische Darstellung des Hardware-Setups für das künstliche Intelligenz System

## Kameras in Betrieb



Abbildung 3 Ein Überblick der verschiedenen installierten Kameras bei Schlachthof Tummel

Innerhalb des Projektes konnte gezeigt werden, dass die Bewertung und Dokumentation von Befunden der menschlichen Eingabe überlegen ist. Einige der von der EFSA identifizierten Eisbergbefunde können mit linear steigender Sicherheit gefunden und dokumentiert werden. Andere Befunde werden mit der gleichen Technik nach und nach trainiert.

## **II. Ergebnisse der OG in Bezug auf**

*a. Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. mit Beispielen, wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?*

Die Zusammenarbeit basierte insbesondere durch die Coronapandemie hervorgerufen auf einem digitalen Austausch, der bereits sehr früh in Form von digitalen Tech-Meetings wöchentlich jeweils am Dienstagmorgen, Zeitrahmen 1 Stunde, erfolgte! In größeren zeitlichen Abständen wurde sich, insoweit es die Pandemielage zuließ, persönlich oder aber auch digital getroffen.

Die wöchentlichen Techmeetings lieferten eine gewisse Struktur, Abrechnungsfragen konnten schnell geklärt werden. Offene Fragestellungen wurden zentral durch die OG Leitung mit dem Projektträger geklärt. Weiterhin wurden die Projektergebnisse mittels vier Augenprinzip bewertet.

*b. Was war der besondere Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts?*

Durch die dokumentierten Tech-Meetings konnten die aktuellen Problemstellungen diskutiert werden, um möglichst schnell Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Meistens gelang dies bereits innerhalb der Meetings durch den direkten Austausch.

Durch die kontinuierlichen OG Meetings erhielt jeder OG einen genauen Überblick über den aktuellen Stand der Arbeiten auch der anderen, eine direkte Abstimmung war möglich.

*c. Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?*

Ja

## **III. Ergebnisse des Innovationsprojektes**

*a. Zielerreichung (wurde eine Innovation im Projekt generiert?)*

*b. Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen*

*c. Projektverlauf (ggf. mit Fotodokumentation)*

*d. Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Zielen*

*e. Nebenergebnisse*

*f. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben*

a) Zielerreichung (wurde eine Innovation im Projekt generiert?)

An der Zielsetzung des Projektes „KI-PigHealth“ ergaben sich im Projektverlauf keine grundsätzlichen Änderungen. Der überwiegende Teil der Arbeitspakete im Projekt

wurde erfolgreich abgeschlossen und es konnten Ergebnisse bzw. Teilergebnisse erzielt werden. Die Zielerreichung wurde nach wie vor durch die Corona-Pandemie verzögert, insbesondere in Bezug auf das Arbeitspaket 8.

Zum Abschluss des Unterauftrages sind die Auflistung der vorhandenen Daten sowie die Definition der noch benötigten Daten im Arbeitspaket 1 durch das Fraunhofer Institut abgeschlossen. Hierzu befand sich IQ-Agrar in engem Austausch mit dem Unterauftragnehmer. Im Rahmen dessen konnte abschließend geklärt und gemeinschaftlich im Projektkonsortium entschieden werden, welche Daten, insbesondere aus der Qualitätssicherung, für die Indexbildung in Arbeitspaket 6 relevant sind. Die Bereitstellung der technischen Infrastruktur ist vollständig abgeschlossen. Resultierend aus dem Arbeitspaket 1 wurden die Datenbank-Tabellen für die Schlacht- und Befunddaten sowie die Daten aus der Qualitätssicherung inklusive der Monitoringdaten fortlaufend aktualisiert und dem Unterauftragnehmer für seine Berechnungen mittels „R-Studio“ per VPN über den Server bereitgestellt. Darüber hinaus wurde eine Schnittstellenbeschreibung erstellt und zur Verfügung gestellt.

Im Zuge der Entwicklung eines geeigneten Tiergesundheitsindex wurden die zur Verfügung stehenden Daten untersucht. Der entwickelte Index basiert auf den gemäß Datensatzbeschreibung zur Verfügung stehenden Daten. Da der Index im späteren Verlauf des Projektes mit den Daten der KI ebenso berechnet und daraufhin verglichen werden sollte, ist es essenziell, dass die KI-Daten die Bestandteile ebenso liefern kann. Hierzu wurden im Gesamtkonsortium mehrere Gespräche zur Synchronisation geführt, um eine Vergleichbarkeit der Befundungsparameter sicher zu stellen. Die Ausnahme hierbei stellen die drei Indikatoren zu Darmveränderungen, Antibiotikaverabreichung sowie den Salmonellenstatus dar, welche die aus der KI stammenden Daten nicht liefern kann. Diese sollen zukünftig durch vorhandene Daten von IQ-Agrar ersetzt werden.

Im folgenden Abschnitt wird die Datenbasis des Projekts eingeführt und deskriptive Statistiken dargestellt. Für die deskriptiven Analysen der Befundung sind zunächst die Daten aufzubereiten, auf Missings zu überprüfen und unbesetzte Datenfelder zu untersuchen. Ausgangspunkt ist ein Katalog der Befundungen wie er zwischen Quh-Lab und IQ-Agrar abgestimmt wurde. Die Daten werden von IQ-Agrar bereitgestellt.

Übersicht über die Datenquellen:

- **Schlachtbefunde:** Enthält die eigentlichen Befunddaten, die für dieses Projekt von Interesse sind. Befunde werden zu Indikatoren zusammengefasst, welche wiederum zu Subindizes aggregiert werden. Die aggregierten und gewichteten Subindizes bilden den Gesamtindex.
- **Schlachtschwein:** Enthält Angaben zum geschlachteten Tier auf Schweineebene. Diese werden mit den Schlachtbefunden verknüpft und bilden die Grundgesamtheit aller geschlachteten Tiere je Lieferbetrieb bzw. Schlachthof.

- **Antibiotika und Salmonellen:** Diverse Datenquellen beinhalten Informationen zum Antibiotika- und Salmonellenstatus.

Für die folgende deskriptive Analyse wurden Daten des Jahres 2021 bis einschließlich 27.06.2022 benutzt. Der Fokus hierbei liegt primär auf dem Jahr 2022. Erst hier lieferte die in den Schlachthöfen installierte Kameratechnik verwertbares Datenmaterial und somit ist keinerlei Vergleichsmaterial aus vorherigen Zeitabschnitten auswertbar gewesen. Seitens IQ-Agrar wurde dem Fraunhofer Institut ein Zugang zu einem R-Server mit den zu untersuchenden Daten zur Verfügung gestellt. Die Analysen sollen ausschließlich über diesen online gelegten Zugang stattfinden. Insgesamt standen dem Fraunhofer Institut verschiedene Datensätze zur Verfügung, die im Folgenden kurz dargestellt werden. Der Zugriff zu den manuell erfassten Befunddaten aus der Fleischuntersuchung wurde im September 2021 zur Verfügung gestellt. Die Schlachtbetriebe wurden durch IQ-Agrar anonymisiert, sodass hieraus keine weiteren Informationen gewonnen werden konnten. Die erste Datentranche endete am 03.07.2021.

Schlachtbefunde:

Dieser Datensatz beinhaltet Informationen über die Schlachtbefunde der einzelnen Schweine, welche über eine laufende, automatisch generierte Nummer (ID) identifiziert werden. Über Befundcodes können die einzelnen Befunde zugeordnet werden. Einzelne Befunde werden binär erfasst (Beispiel: Organ verändert oder nicht verändert). Dies betrifft den Großteil des Befundkatalogs. Veränderungen der Lunge und des Brustfells werden in prozentualen Kategorien als binäre Variable erfasst. Durch diesen Datensatz werden Informationen über Befunde von folgenden Organen zur Verfügung gestellt: Brustfell, Lunge, Herz, Bauchfell, Darm, Gelenke, Schwanz, Leber, Ohr, Haut, Niere, Milz sowie zusätzliche Informationen über den Allgemeinzustand des Schlachtkörpers (Geruch, untauglicher Schlachtkörper, Binneneber, Teilschaden, Treibspuren) und den Salmonellenstatus. Die Datenaufbereitung beinhaltet unter anderem folgende Schritte:

- Erstellung von zeitlichen Merkmalen: Jahr, Monat im Jahr, Tag im Monat, Tag in der Woche
- Erstellung Merkmal zur Anzahl an Befunden je ID (vor Säuberung der Daten)
- Herausfiltern von Variablen ohne ID
- Mapping der internen BefundeCodes zu Befundnamen
- Herausfiltern von Observationen, die als unbekannt, nicht relevant oder doppelt bezeichnet sind
- Mapping der internen Befunde zu Indikatoren
- Erstellung Merkmal zur Anzahl an Befunden je ID (nach Säuberung der Daten)
- Herausfiltern von Daten ohne zugehörigen Indikator
- Mapping der Indikatoren zu Subindizes



Zusätzlich wurde eine ganze Reihe an Tests durchgeführt, um die Plausibilität der Daten sicherzustellen.

**Deskriptive Statistik:**

Im Jahr 2021 wurden 39,35 Mio. Beobachtungen der Schlachthöfe an IQ-Agrar übermittelt. Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Befunde für die vorhandenen Daten aus dem Jahr 2021. Die Befunddaten stellen jedoch nicht die Gesamtzahl an Schweinen dar, welche später aus dem Datensatz Schlachtschwein gewonnen wird.

*Tabelle 2 Verteilung der Befunde in 2021.*

<b>2021</b>		
<b>Observationen je ID</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil</b>
1	6.970.348	42,64%
2	3.421.995	20,94%
3	1.645.627	10,07%
4	2.511.606	15,37%
5	956.003	5,85%
6	445.262	2,72%
7	216.214	1,32%
8	102.986	0,63%
9	45.586	0,28%
10	18.309	0,11%
11	6.951	0,04%
12	2.777	0,02%
13	1.048	0,01%
14	384	0,00%
15	147	0,00%
16	38	0,00%
17	17	0,00%
18	3	0,00%
20	1	0,00%
<b>Insgesamt</b>	<b>16.345.302</b>	<b>100,00%</b>

Für 2022 beträgt die Anzahl der Observationen im Datensatz Schlachtbefunde nach Aufbereitung insgesamt 12,2 Mio. Hierbei ist wieder zu beachten, dass mehrere Observationen zu einer ID zugeordnet werden können. Im Zeitraum Januar 2022 bis Juni 2022 ist dieser Wert konstant geblieben und liegt damit seit August 2021 auf unverändertem Niveau.

Tabelle 3 zeigt die Verteilung der Befunde für die vorhandenen Daten aus dem Jahr 2022. Bei der Betrachtung zeigt sich, dass für rund 52% aller IDs nur eine Observation in den Daten vorhanden ist.

*Tabelle 3 Verteilung der Observationen im Jahr 2022*

<b>2022</b>		
<b>Observationen je ID</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil</b>
1	3.416.707	51,98%
2	1.718.855	26,15%
3	818.267	12,45%
4	363.917	5,54%
5	152.941	2,33%
6	62.088	0,94%
7	24.807	0,38%
8	9.565	0,15%
9	3.676	0,06%
10	1.493	0,02%
11	595	0,01%
12	220	0,00%
13	80	0,00%
14	27	0,00%
15	13	0,00%
16	2	0,00%
17	1	0,00%
<b>Insgesamt</b>	<b>6.573.254</b>	

#### Kameraschlachthof ES 198

Im Jahr 2022 machte der Schlachthof (ES 198, sog. „Kameraschlachthof“<sup>1</sup>), auf dem die Kameratechnik installiert wurde, 4,7% aller Befundbeobachtungen aus. Bezüglich der Observationen je ID zeigt sich außerdem eine starke Heterogenität.

Die Analyse der Befunddaten bezieht sich auf die internen Befundcodes von IQ-Agrar. Hierzu wurden zunächst die internen Codes den Bezeichnungen der Datensatzbeschreibungen zugeordnet. Des Weiteren wurden die Variablen den

<sup>1</sup> Auch als Schlachthof Tummel identifiziert.

folgenden Indikatoren (s. Tabelle 5) sowie Subindizes zugeordnet. Dies geschieht mit Hinblick auf die Berechnung eines Index, welcher aus verschiedenen Subindizes gebildet und gewichtet wird.

Tabelle 5 Variablenübersicht Schlachtbefunde

Code	Bezeichnung (Veränderung)	Kurz	Subindex
<b>Filtervariablen</b>			
-1	unbekannt	n.a.	
0	nicht relevant		
999	IQ_intern(doppelter_Befund)		
<b>Leber</b>			
1	Leberbefund Le-2	Leber L2	
15	Leberbefund Le-1	Leber L1	Tiermanagement
25	Leber ohne besonderen Befund	Leber o.b.B.	
26	Leber verändert Le-V	Leberverä.	
<b>Brustfell</b>			
2	Brustfellentz. PL	Brustfell	
3	Brustfellentz. PL-1 ( $x \leq 10\%$ )	Brustf. PL1	Atemweg- und Herzerkrankungen
4	Brustfellentz. PL-2 ( $10\% < x \leq 30\%$ )	Brustf. PL2	
5	Brustfellentz. PL-3 ( $x > 30\%$ )	Brustf. PL3	
27	Brustfell nicht verändert (0%)	Brustf. o.B.	
<b>Lunge</b>			
6	Lungenentz. PN	Lunge	
7	Lungenentz. PN-1 ( $x \leq 10\%$ )	Lunge PN1	Atemweg- und Herzerkrankungen
8	Lungenentz. PN-2 ( $10\% < x \leq 30\%$ )	Lunge PN2	
9	Lungenentz. PN-3 ( $x \geq 30\%$ )	Lunge PN3	
28	Lunge nicht verändert (0%)	Lunge o.B.	
<b>Herz</b>			
10	Herz verändert He-V	Herzb. Verä.	Atemweg- und Herzerkrankungen
29	Herz nicht verändert	Herzb. o.B.	

Variablen, die als unbekannt, nicht relevant oder doppelt gekennzeichnet werden, wurden für die Analyse nicht betrachtet. Es ergeben sich somit genau 3,66 Mio. Observationen, die in diesem Schritt herausgefiltert werden. Im Folgenden wird nur noch mit den übrigen 8,55 Mio. Observationen weitergearbeitet. Eine Übersicht der herausgefilterten Variablen wird in Tabelle 6 Übersicht Filtervariablen 2022 dargestellt.

Tabelle 6 Übersicht Filtervariablen 2022

<b>Code</b>	<b>Bezeichnung</b>
-1	unbekannt
0	nicht relevant
999	IQ_intern(doppelter_Befund)

Bisher ging es um die Anzahl an Beobachtungen. Im Anschluss geht es um die konkreten Variablen im Datensatz Schlachtbefunde, die Zuordnung zu den Indikatoren und der Zuordnung zu den Subindizes.

Tabelle 7 Variablenübersicht Schlachtbefund (Seite 1 von 2)

Code	Bezeichnung	Kurz	Subindex
<b>Bauchfell</b>			
11	Bauchfellentz. BE	Bauchfell	
<b>Ausschluss</b>			
17	Untauglich	untauglich	
16	Geruchsabweichung	Geruchsabw	Tiermanagement
19	Binneneber BI	Binneneber	
20	Teilschaden TS	Teilschäden	
<b>Darm</b>			
12	Darmveränderungen Da-V	Darmverä.	Tiermanagement
30	Darm nicht verändert	Darm o.B.	
<b>Gelenke</b>			
13	Gelenkentzündungen Gel-V	Gelenkentz.	Äußerliche Veränderungen
37	Gelenke nicht verändert	Gelenke o.B.	
23	Liegebeulen/Bursitiden Lieg-V	Liegeb./Burs	
33	Keine Liegebeulen	Keine Liegeb	
<b>Schwanz</b>			
14	Schwanzveränderungen Schw-V	Schwanzverä.	Äußerliche Veränderungen
32	Schwanz nicht verändert	Schwanz o.B.	
<b>Salmonellen</b>			
18	Salmonellenprobe	Salmo	Salmo
<b>Ohr</b>			
21	Ohrveränderungen Ohr-V	Ohrveränd.	Äußerliche Veränderungen
31	Ohr intakt	Ohr intakt	
<b>Haut</b>			
22	Haut verändert Ha-V	Hautveränd.	
38	Haut nicht verändert	Haut o.B.	Äußerliche Veränderungen
<b>Abszesse</b>			
24	Abszess/e Absz-V	Abszess/e	Äußerliche Veränderungen
36	Keine Abszesse	Keine Absz.	
<b>Treibespuren</b>			
34	Treibespuren Tsp-V	Treibespuren	Äußerliche Veränderungen
35	Keine Treibespuren	Keine Treibe	

Tabelle 8 Variablenübersicht Schlachtbefund (Seite 2 von 2)

Code	Bezeichnung	Kurz	Subindex
<b>Niere</b>			
39	Niere unverändert	Niere o.B.	
40	Niere verändert Nie-V	Niere veränd	
<b>Milz</b>			
41	Milz unverändert Milz-0	Milz o.B.	
42	Milz verändert Milz-V	Milz veränd.	

Des Weiteren wurden Indikatoren herausgefiltert, die später nicht in die Subindikatoren einfließen (Bauchfell, Niere und Milz). Der nächste Schritt in der Aufbereitung fasst die Indikatoren zu einem neuen Merkmal gemäß der Subindizes zusammen (s. Tabelle 9).

Tabelle 9 Übersicht Anzahl der Beobachtungen nach Indikator und Subindex

Subindex	Indikator	Anzahl	Insgesamt
Atemweg- und Herzerkrankungen	Lunge	2.785.645	
	Brustfell	1.105.436	4.501.577
	Herz	610.496	
Äußerliche Veränderungen	Gelenke	398.256	
	Abszesse	212.934	
	Schwanz	137.627	929.077
	Haut	111.912	
	Ohr	66.285	
	Treibespuren	2.063	
Salmonellen	Salmonellen	161.166	161.166
Tiermanagement	Leber	2.511.628	
	Darm	127.035	
	Ausschluss	86.743	2.725.406
<b>Insgesamt</b>			<b>8.317.226</b>

Hierbei ist zudem zu beachten, dass der Salmonellen-Index nur anzeigt, dass eine Salmonellenprobe vorliegt. Für ein Ergebnis muss diese Variable mit der entsprechenden Datenbank verknüpft werden.

Tabelle 10 Anzahl an Observationen nach Subindex, Indikator und Befund

Subindex	Indikator	Befund	Anzahl
Atemweg- und Herzerkrankungen	Lunge	Lungenentz. PN-1	935.617
		Lungenentz. PN-2	729.767
		Lunge nicht verändert	692.456
	Herz	Herz verändert He-V	610.496
		Brustfell	Brustfellentz. PL-2
	Lunge	Lungenentz. PN-3	427.805
	Brustfell	Brustfellentz. PL-3	323.266
	Brustfell	Brustfellentz. PL-1	259.785
	Brustfell	Brustfellentz. PL	1
Äußerliche Veränderungen	Gelenke	Liegebeulen/Bursitiden Lieg-V	314.889
	Abszesse	Abszess/e Absz-V	212.934
	Schwanz	Schwanzveränderungen Schw-V	137.627
	Haut	Haut verändert Ha-V	111.912
	Gelenke	Gelenkentzündungen Gel-V	83.367
	Ohr	Ohrveränderungen Ohr-V	66.285
	Treibespuren	Treibespuren Tsp-V	2.063
Salmonellen	Salmonellen	Salmonellenprobe	161.166
Tiermanagement	Leber	Leberbefund Le-2	1.198.171
		Leber ohne besonderen Befund	1.038.726
		Leberbefund Le-1	213.001
	Darm	Darmveränderungen Da-V	127.035
	Leber	Leber verändert Le-V	61.730
	Ausschluss	Teilschaden TS	47.237
		Untauglich	18.815
		Geruchsabweichung	17.481
		Binneneber BI	3.210
<b>Insgesamt</b>			<b>8.317.226</b>

Case Study: Indexergebnisse der manuell erfassten Befunddaten am Beispiel des Kamaschlachthofes (ES 198) für das Jahr 2022.

Für eine erste Case Study eines möglichen Tiergesundheitsindex durch den Unterauftragnehmer wurden die Datenquellen Schlachtbefunde und Schlachtschwein miteinander verknüpft. Aufgrund von Datenprobleme mit Antibiotika- bzw. Salmonellendaten (Anzahl gezogener Proben; keine Ergebnisse), wurde diese hier nicht weiter betrachtet. Der erarbeitete Index beinhaltet bis hierhin somit die Subindizes Atemweg- und Herzerkrankungen, Äußerliche Verletzungen und Tiermanagement.

Tabelle 11 Angepasste Gewichtung KI-PigHealth Index

Subindex	Indikator	Beschreibung	Gewichtung Subindizes (P)	Gewichtung Subindizes (P)
Atemweg- und Herzerkrankungen (AH)	Lunge	Lungenveränderung >10%	5	
	Brustfell	Brustfellveränderung >10%	5	5
	Herz	Herz verändert	4	
Äußerliche Verletzungen (ÄV)	Arthritis	Gelenkentzündungen	3,5	
	Abszess	Abszess/e	3	4
	Ohr	Ohrveränderungen	5	
	Schwanz	Schwanzveränderungen	5	
	Haut	Haut verändert	4	
	Liegebeulen	Liegebeulen/Bursitiden	2,5	
Tiermanagement (TM)	Leber	Leberbefund	4,5	
	Treibespuren	Treibespuren	5	4,5
	Darm	Darmveränderungen	1	
	Untauglich	Schlachtkörper untauglich	1,5	

Der Schlachthof stellt somit die Untersuchungseinheit des Index dar. Zur Beurteilung der Landwirte, insbesondere in der Variabilität der Tiergesundheit zwischen den Landwirten und den Landwirten über die Zeit, sollten jedoch grundsätzlich die Lieferbetriebe bzw. Schlachtpartien als Untersuchungseinheit ausgewählt werden. Der Kammerschlachthof wurde im Datenzeitraum von insgesamt 1.938 verschiedenen Lieferbetrieben beliefert. Diese sind anonymisiert in der Datenbank hinterlegt. Beispielsweise ist der größte Lieferant der Lieferbetrieb 533652293025736, welcher im Zeitraum 5222 Schweine an den Kammerschlachthof geliefert hat. Eine Berechnung der Tiergesundheitsindizes könnte somit auf Basis der Lieferbetriebe erfolgen, um Rückschlüsse auf die Tiergesundheit bei den verschiedenen Lieferbetrieben zu ziehen. Mit der hier vorgestellten Methodik können bei vollständigen Daten Subindizes, Indikatoren und Befunde von Schlachthöfen, Lieferbetrieben und Lieferpartie (Kombination aus Lieferbetrieb und Datum) untersucht werden. Des Weiteren können diese mit Hinblick auf zeitliche Variabilität (Jahr, Monat, Tag im Monat, Tag in der Woche, Saisonalität, etc.) und später auch im Vergleich zur KI-generierten Befundung betrachtet werden. Der zugrundeliegende Programmcode muss hierfür nur geringfügig an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden. Von einem Vergleich zwischen den verschiedenen Schlachthöfen wird abgeraten, da sich die Befundung zwischen Schlachthöfen stark unterscheidet. Mögliche Weiterentwicklungen des Index im Hinblick auf Verwendung der Daten, Plausibilisierung, Gewichtung und Validierung mit Referenz auf Betriebskennzahlen erscheinen möglich und wünschenswert. Zunächst werden die Datenquellen auf den Kammerschlachthof zugeschnitten und verknüpft. Zur Berechnung des Index wird mittels des Datensatzes Schlachtschwein die Gesamtzahl der Schweine



im Betrachtungszeitraum ermittelt und ins Verhältnis zu der Anzahl der Befunde je Indikator gesetzt und mit 100 multipliziert. Hierdurch wird zunächst ein Indikatorwert ermittelt für die vier Indikatoren für die Daten zur Verfügung stehen. Daraufhin wird ein Wert des Subindex ermittelt, welcher ein gewichteter Durchschnitt der einzelnen Indikatoren darstellt. Zuletzt werden die Subindizes aggregiert, sodass ein Gesamtwert entsteht. Zuletzt werden die Subindizes aggregiert, sodass ein Gesamtwert entsteht, welcher für den Projektschlachthof bei 10,18 liegt. Der Tiergesundheitsindex dient als Basiswert für alle weiteren Betrachtungen. Es können also weitere Merkmale hinzugezogen werden um beispielsweise dynamische Vergleiche über die Zeit, Lieferbetriebe oder Schlachtpartien ziehen zu können. Der Tiergesundheitsindex kann somit ein wertvolles Messinstrument darstellen. Basierend auf dem hier beschriebenen Vorgehen lässt sich die Tiergesundheit von Schweinen effizient und schnell vergleichen. Hierbei kann als Untersuchungseinheit auch ein Lieferbetrieb genutzt werden, welcher über die Zeit betrachtet oder im Vergleich mit anderen Betrieben gegenübergestellt wird. Die Betrachtung des Kammerschlachthofes dient hierbei der Veranschaulichung. Von besonderem Interesse erscheint es im weiteren Vorgehen vergleichende Analysen mittels des Index durchzuführen. Hierbei sollten nicht nur Schlachthöfe, sondern bestimmte Lieferbetriebe mittels des Index verglichen werden. Die Tiergesundheit von Lieferbetrieben kann somit über die Zeit oder auch über Schlachtpartien mit sich selbst und anderen Betrieben verglichen werden. Sobald die Daten der KI zur Verfügung stehen, kann der Index genutzt werden, um diese grundlegenden Erkenntnisse zwischen den verschiedenen Befundarten zu ziehen.

Vorgesehen ist, dass die Visualisierung der Ergebnisse des Index aus KI-Daten in dem bestehenden Funktionsbereich der Schlacht- und Befunddaten des IQ-Agrar PORTALS erfolgt. Hier wurde an einer Darstellung gearbeitet, die eine anschauliche und verständliche Auswertung für die landwirtschaftlichen Betriebe ermöglicht. Diesbezüglich wurde ein Konzept vorbereitet, welches neben der Visualisierung ebenfalls die Darstellung von Subindizes, Indikatoren, Befunde, Lieferpartien sowie Lieferbetriebe vorsieht.

Die Bearbeitung sowie Erreichung der Ziele je Arbeitspaket, waren aufgrund der Corona Pandemie vereinzelt nicht umsetzbar, mindestens verzögert. Dementsprechend wurden betreffende Arbeitspakete den jeweils aktuellen Gegebenheiten in der Corona Pandemie angepasst. Dies betraf, wie o.g., ebenfalls das Arbeitspaket 8. An der Zielsetzung des Arbeitspakets war aufgrund dessen keine grundsätzliche Änderung notwendig. Mit fortschreitenden Projektverlauf und Lockerung der Maßnahmen, konnten die notwendigen Betriebsbesuche dennoch geplant werden. Demnach konnten die Betriebsbesuche auf dem landwirtschaftlichen Projekt-Betrieb Kamphus umgesetzt und im modifizierten Versuchsdesign zum Ende des Projektes abgeschlossen werden.

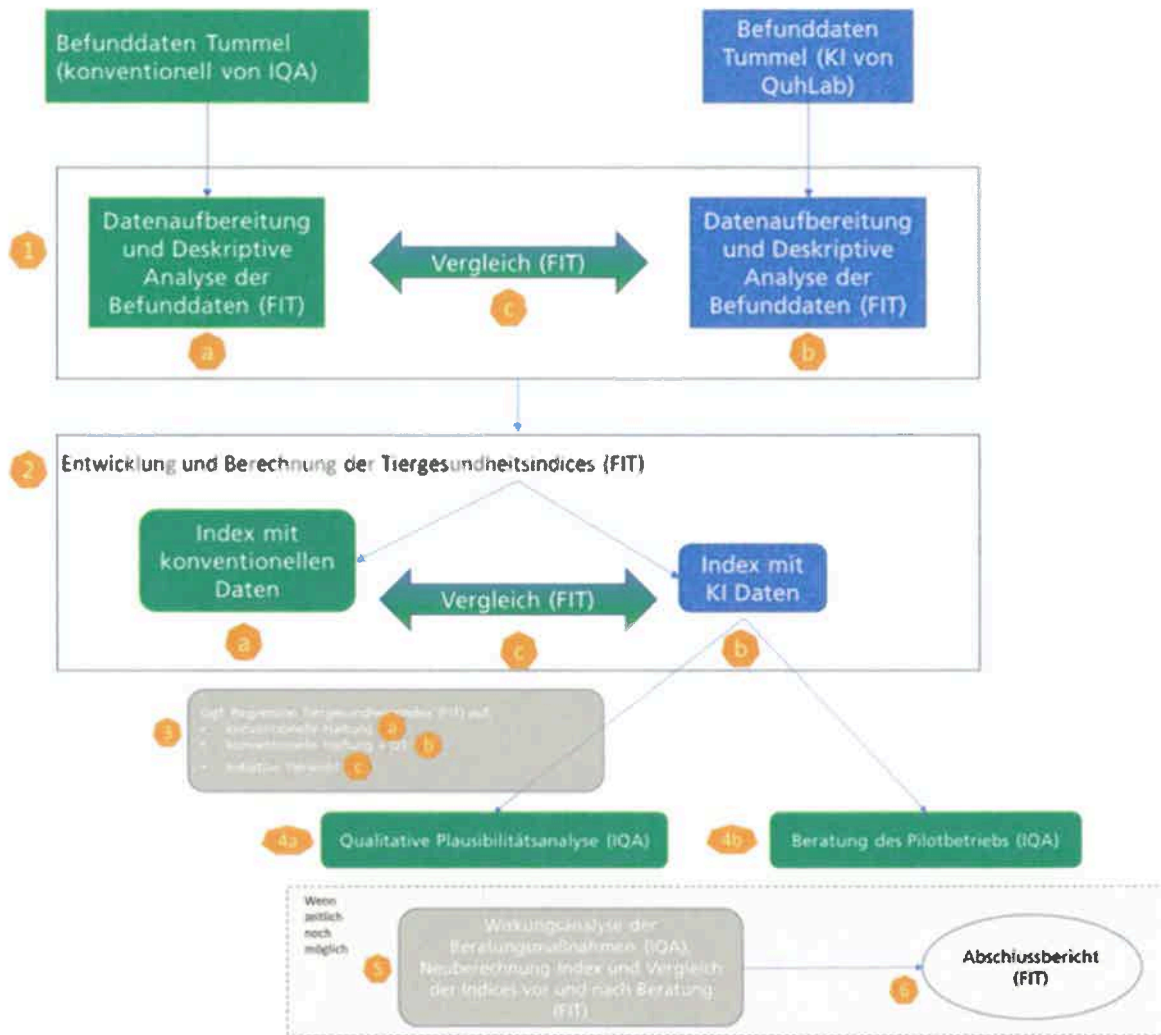


Abbildung 5 Geänderte Leistungsbeschreibung

Es wurde von Quh-Lab in Zusammenarbeit mit dem Unterauftragnehmer FX Data eine innovative Vorgehensweise mit Videostreams umgesetzt. Diese Lösung wurde erst begonnen, nachdem eine Panoramabild-basierte Vorgehensweise versucht wurde (s. Teil f). Die Innovation liegt sowohl in der Analyse von Videostreams im laufenden Schlachtbetrieb als auch im gleichzeitig entwickelten **Synchronisation-Aggregation-Logik** und **Reporting Algorithmus (SAL-RA)**.

Während der Proof-of-Concept-Phase wurde die Detektion bei Verwendung von Videostreams durch ein einziges KI-Modell realisiert. Später wurden daraus organspezifische KI-Modelle entwickelt. Der aktuelle Ansatz beinhaltet mehrere KI-Modelle, die gleichzeitig angewendet werden. Bei der neuen Vorgehensweise werden alle Streams der installierten Videokameras kontinuierlich aufgezeichnet. Damit könnte man nach Ende eines 12-stündigen Schlachttages pro Kamera ca. 860.000 Bilder für die Auswertung zur Verfügung. Die Synchronisation der Kameras untereinander kann durch die vollständige Datenbasis auch nachträglich – in Zukunft auch in Realtime – durchgeführt werden.

Mit diesem Ansatz wurde die Befundung der Organpakete automatisiert und signifikant verbessert. Auch bei gut fokussierten Kameras wird es in den Videostreams aufgrund der Eigenbewegung und der Bewegung durch das Förderband immer einen Anteil unscharfer Bilder geben. Solch unscharfe Bilder werden nicht berücksichtigt bzw. von den KI-Modellen ignoriert. Dabei wurden noch nicht alle Optimierungsmöglichkeiten der KI ausgeschöpft, d.h. hier besteht das Potential einer weiteren Verbesserung und einer deutlich schnelleren Befundung.

Der Erfolg des Systems in einem laufenden Betrieb darf nicht unterschätzt werden.

Das entwickelte KI-basierte System (einschließlich der KI-Modelle und des SAL-RAs) wurde erfolgreich im laufenden Schlachtbetrieb angewendet. Günstige Kameras wurden in einfachen Schutzkästen installiert und die Detektion erfolgte in einer realen Umgebung. Die hier angewendete Technologie ist für diesen Einsatzzweck konzipiert worden. Stattdessen werden in akademischen Veröffentlichungen vorgestellte Technologien aus rein medizinischer Sicht entwickelt. Auch wenn Bilder aus Schlachthöfen dafür verwendet werden, werden sie in kontrollierten bzw. mit optimierten Bedingungen aufgenommen. Diese oft in hoher Auflösung genommenen Bilder entsprechen nicht der realen Sicht am Förderband. Zusätzlich können nicht zuverlässig Bilder für jedes geschlachtete Tier in der für die Technologie erforderlichen Qualität gemacht werden und unscharfe Bilder werden nicht behandelt.

Diese Technologien können nicht direkt in einem üblichen Schlachthaus oder von „normalen“ Kameras angewendet werden. Und soweit wir wissen, nutzt keine Technologie eine statistische Analyse pro identifiziertes Schwein. Soweit wir wissen, wurden bisher auch keine Technologien entwickelt, die eine Detektion im Videoverfahren verwenden.

Damit ein System für den Schlachtbetrieb nützlich ist, muss es im Schlachthof in das vorhandene Automationssystem integriert sein, stabil laufen (den laufenden Betrieb nicht beeinflussen) und zuverlässige Ergebnisse liefern. Technologien, die ausschließlich eine gute Detektion oder eine Klassifizierung anbieten, sind nur schwer und oft unmöglich in einem laufenden Schlachtbetrieb anzuwenden. Das hier entwickelte System besteht aus günstigen Kameras und einem unabhängigen Subnetz, das mit dem Automationssystem kommuniziert, um die Kameras und Daten zu synchronisieren.

#### b) Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen

Die Coronapandemie führte zu deutlichen Verzögerungen im zeitlichen Ablauf des Projekts, die sich dann auch auf die geplanten Ziele auswirken. Durch die Pandemie konnten viele angesetzte Termine aufgrund der geltenden Kontaktbeschränkungen

nicht durchgeführt werden. Außerdem war der Zugang zum Schlachtbetrieb über Monate nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Dies verzögerte die Entwicklung und Installation der technischen Infrastruktur vor Ort stark und verschob ebenfalls die davon abhängigen Aufgaben des Projektes – insbesondere die Erstellung der KI-Modelle und die Erstellung der geplanten Indices.

So haben die bereits angesprochenen Einschränkungen der Corona-Pandemie sowie Probleme in der Datenverfügbarkeit zu einer deutlichen Modifikation des Unterauftrags geführt. Das geänderte Vorgehensmodell für die Analysen setzt sich zunächst aus zwei parallelen Pfaden zusammen: die Aufbereitung der konventionellen und bildbasierten Befunddaten samt deskriptiven Analysen und Berechnung des Tiergesundheitsindex sowie eine Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse. Im Anschluss sollten die Daten für einen Betriebsbesuch genutzt werden. Aufgrund der Projektverzögerungen konnten die Arbeitspakete 9 und 10 im Rahmen des zeitlich limitierten Unterauftrages nicht begonnen bzw. realisiert werden.

#### c) Projektverlauf (ggf. mit Fotodokumentation)

Bei allen Projektpartnern war über die gesamte Projektlaufzeit eine hohe Motivation festzustellen.

Zu Beginn des Projekts wurden in wenigen Meetings mit allen Projektpartnern die anzustrebenden Ziele definiert und dokumentiert. In regelmäßigen, meist wöchentlichen, Meetings (durch die Coronapandemie bedingt überwiegend digital) wurden alle Projektpartner über die Fortschritte im Projekt informiert. Die Meetings wurden ebenso als Diskussionsforum zum Finden von Lösungsansätzen genutzt. Die stattgefundenen Coronapandemie hat zu großen Verzögerungen im Projektablauf geführt. Viele angesetzte Termine konnten nicht durchgeführt werden aufgrund der geltenden Kontaktbeschränkungen und der Zugang zum Schlachtbetrieb war über Monate nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich, welches eine weitere Entwicklung der technischen Infrastruktur vor Ort stark verzögerte.

#### IQ Agrar

In Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer Fraunhofer wurde das Feinkonzept erstellt und in einem weiteren Schritt die Umsetzung ausgearbeitet. Insbesondere die inhaltliche Ausarbeitung und die Absprache der Details bezüglich des Designs und landwirtschaftlichen Termini, erforderten einen sehr großen zeitlichen Aufwand.

Durch den fortlaufenden und intensiven Austausch mit dem Unterauftragnehmer konnten insbesondere Verständnisfragen und technische Herausforderungen geklärt werden, sodass dieser mit den Berechnungen beginnen konnte. Die vergleichende Analyse sowie die Betrachtung von Referenzwerten zum geplanten Index wurden durch

IQ-Agrar intensiv begleitet. Im Verlaufe des Projektes haben sich Herausforderungen in der Verfügbarkeit der Daten ergeben. Unter anderem aufgrund von Qualitätsproblemen in der Kameratechnik kam es zu deutlichen Verzögerungen in der bildbasierten Erzeugung von Befunddaten. Da aufgrund dieser Datenlage nicht alle benötigten Indikatoren zur Verfügung stehen, wurde der Index auf die Verfügbarkeit der Daten im Projekt angepasst. Darüber hinaus musste das Versuchsdesign aufgrund der technisch bedingt fehlenden oder nicht korrekt zugeordneten KI-Daten wiederholt angepasst und dessen Methoden modifiziert werden. Unter anderem erarbeitete hierauf der Unterauftragnehmer in enger Abstimmung mit IQ-Agrar und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein neues Konzept zur Analyse der vorliegenden Tiergesundheitsdaten. Da sich die Bereitstellung der KI-Daten in ausreichender Qualität verzögerte, wurden die durchzuführenden Leistungen hinsichtlich der Regressionsanalyse erneut gekürzt. Ein weiterer Grund ist, dass die Berechnung des Index erst mit Zusendung der KI-Daten begonnen werden kann, um somit ein konsistentes Vorgehen und eine Vergleichbarkeit zwischen den Indizes gewährleisten zu können. Die notwendigen Schritte und Berechnungen der manuell erfassten Daten sind abgeschlossen und für den geplanten Vergleich der Indizes vorbereitet. Um ein hohes inhaltliches Niveau und einen inhaltlichen Mehrwert gewährleisten zu können, wurde in Absprache mit den Projektpartnern eine zeitliche Verlängerung dieses Arbeitspaketes für 2 Monate beschlossen. Der Mehraufwand und die Verzögerung wurden zur Erreichung des Ziels als sinnvoll und nötig erachtet.

Im Projektverlauf wurde darüber allerdings deutlich, dass die IT- und Prozess-Unterstützung für das Arbeitspaket 2 gemäß Projektantrag im Verhältnis zu den weiteren Arbeitspaketen wahrscheinlich als zu gering eingestuft wurde. Um die Projektziele „Ermittlung eines Verfahrens zur objektiven Erfassung bestimmter Schlachtkörperbefunde mittels digitaler Bildanalyse und deren Auswertung“ sowie „Verknüpfung der KI-Informationen mit den Managementdaten der Mastbetriebe“ zu erreichen, waren insbesondere im Arbeitspaket 2 mehr Ressourcen notwendig. Aufgrund der weiter anhaltenden Projektverzögerung in diesem Arbeitspaket hat IQ-Agrar dem Projektkonsortium angeboten, prozessual zu unterstützen. Die Aufgaben hierbei gliedern sich in Prozessanalysen und -dokumentationen, Interpretation und Bewertung der aktuellen Prozesse, Identifikation von Maßnahmen, Unterstützung beim Aufbau der technischen Infrastruktur, Kommunikation mit den Projektbeteiligten, Qualitätsbeschreibung und Qualitätssicherung der Annotation im Hinblick auf Bildqualitätsparameter und Datenstruktur sowie der Erstellung von entsprechenden Spezifikationen. Der hierdurch entstehende personelle Mehraufwand im Rahmen des Projektes wurde seitens IQ-Agrar kostenneutral zur Verfügung gestellt.

Darüber hinaus waren nach wie vor Auswirkungen der Corona-Pandemie bei der Umsetzung des Projektes spürbar. So fiel es beispielsweise schwer Präsenzveranstaltungen, wie die Betriebsbesuche, zu planen und umzusetzen, da die Einschränkungen dies nicht zuließen. In Kombination mit den o.g. Datenproblemen,

verzögerten sich die Arbeitspakete rund um den Betriebsbesuch. Diesbezügliche Analysen konnten nicht durchgeführt werden. Inhaltlich und konzeptionell wurden diese Bereiche jedoch umfänglich ausgearbeitet und konzeptioniert.

## Quh-Lab

Die Firma Quh-Lab konzentrierte sich in der ersten Projekthälfte auf ein Panorama-Bild basiertes KI-Modell. Dieses Verfahren hat einige Schwierigkeiten in der Entwicklung gezeigt und ist deshalb durch ein videobasiertes, modular aufgebautes Modell ausgewechselt worden. Dieses videobasierte, modular aufgebaute Modell wurde in den letzten 12 Monaten intensiv vorangebracht.

Im Rahmen des Projektes wurden unterschiedliche KI-Modelle für Organe und Schweinehälften entwickelt. Derzeit können damit folgende Teile der Schweinehälften und der Organe an den Organpaketen erkannt werden:

Schweinehälften	Organpakete
Haut	Herz
Schwänze	Leber
Ohren	Lunge
Pleura	
Peritoneum	

### Schweinehälften:

Die Detektion von Teilen der Schweinehälften wurde in der Projektzeit durchgeführt. Der Fokus lag auf der Erkennung von Lungenfell- und Bauchfellentzündungen, da diese am ehesten mit der Lungengesundheit und somit mit den durch die KI erhobenen Organbefunden (Geschlinge) verknüpft werden können. Es können sowohl die Innen- und Außenseiten in ihrer Gesamtheit als auch speziell Lungenfell (Pleura), Bauchfell (Peritoneum), Haut, Ohren und Schwänze detektiert und identifiziert werden. Bei den Schwänzen wurde deren Länge berechnet. Außerdem werden die linke und die rechte Seite des Tierkörpers unterschieden. Wenn mehrere Tierkörperhälften gleichzeitig dargestellt werden, werden die zu einem Tier gehörigen Hälften einander zugeordnet. Die Modelle für die Detektion der pathologischen Auffälligkeiten der Schweinehälften wurden trainiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Klassifizierung der Schweinehälften mit den Kameras und Modellen möglich ist. Allerdings gab es im letzten Projektjahr nicht ausreichende Ressourcen, um die Detektion von Pathologien bei den Schweinehälften durch Training zu verbessern. Es wurde bereits damit begonnen, die entsprechenden Datensätze deutlich zu vergrößern und zu erweitern. Dies wird allerdings erst nach Projektende und ggf. bei einem Anschlussprojekt abgeschlossen. Ein Training mit größeren Datensätzen wird eine verbesserte Detektion und Klassifizierung der Pathologien ermöglichen. Die Ergebnisse der Tierhälften werden anschließend mit den Organbefunden desselben Tiers verknüpft.

### Organpakete/Geschlinge:

Aufgrund der begrenzten Zeit und Ressourcen im letzten Projektjahr wurde die Entscheidung getroffen, sich auf die Detektion und Befundung der Organpakete zu konzentrieren.

Die dafür entwickelten Modelle erkennen folgende Organveränderungen:

- Herzbeutelentzündungen (Perikarditis),
- MilkSpots auf den Lebern,
- pathologischen Veränderungen der Lungenoberflächen wie Pneumonien und Pleuritiden

Darüber hinaus ist das KI-Modell für Lungen in der Lage die Befunde der Lungen weiter zu differenzieren und zu klassifizieren. Es werden nicht nur Pneumonien erkannt, sondern auch Pleuritis und durch die Lokalisation und die Erscheinung werden die Veränderungen entsprechend gekennzeichnet. Die Bezeichnungen entsprechen den aktuellen Normen der wissenschaftlichen Literatur (z.B. EP-like Lesion), sind aber nicht als medizinische Diagnose zu verstehen. Entzündliche Prozesse der Lungen werden auch detektiert und klassifiziert.

#### Integration:

Die Integration mit dem KI-System am Schlachthof muss erfolgen, damit die Hälften und Organe zuverlässig mit Schlachtnummern synchronisiert und verknüpft werden können. Dies stellte eine große Herausforderung für den Schlachtbetrieb dar. Der Schlachtbetrieb Tummel hat im 3. Projektjahr intensiv mit Quh-Lab an der Integration gearbeitet. Dafür musste sowohl die Grundautomatisierung am Schlachthof (SPSS) als auch der Datenfluss und die Datenautomation (betrieben durch die Firma SLA) am Schlachthof geändert und erweitert werden. Weitere Taktgeber und Terminals wurden im Schlachtbetrieb installiert, um dieses Ziel zu erreichen. Durch Krankmeldungen und Corona im Schlachthof wurde die Installation stark behindert. Die Integration des KI-Systems ist eine maßgebende Voraussetzung für den Erfolg der praktischen Anwendung im laufenden Betrieb. Das KI-System wurde im letzten Projektjahr in Schlachthof erfolgreich integriert, ohne dass das KI-System den Betrieb beeinflusst oder unterbricht. Allerdings wurden die Schlachtnummern bis zum Projektende noch nicht im korrekten Zeitfenster an das Subnetz des KI-Systems übermittelt, was eine automatische und zuverlässige Aufzählung und Synchronisierung der Schweine mit den Schlachtnummern erheblich erschwert hat. Schlachthof Tummel ist vom KI-System überzeugt und plant nach Projektende diese Integration abzuschließen, um eine vollständige Implementierung des KI-Systems einschließlich automatischer Ermittlung und Verknüpfung der Schlachtnummer zu erreichen.

#### Synchronisation-Aggregation-Logik Reporting Algorithmus (SAL-RA):

Aussagekräftige Ergebnisse des KI-Systems konnten durch den von Quh-Lab entwickelten Synchronisation-Aggregation-Logik und Reporting Algorithmus (SAL-RA) ermittelt werden. Die Synchronisation bezieht sich auf die Synchronisation der Daten

aus verschiedenen Kameras als auch aus verschiedenen KI-Modellen pro Organ. Die Synchronisation ermöglicht, dass die richtigen Daten einander zugeordnet werden und unterbindet, dass Daten von unterschiedlichen Tieren vermischt werden. Bei der Aggregation werden die Daten von einzelnen Schweinen (von allen Kameras und KI-Modellen) gesammelt und durch die über das Automationssystem übermittelte Schlachtnummer mit den Daten der einzelnen Schweine verknüpft.

Die Logik und das Reporting sind Teile des Algorithmus, die für die Ermittlung der Ergebnisse erforderlich sind. Da das korrekte Timing zur Übermittlung der Schlachtnummer noch nicht erreicht bzw. optimiert wurde, hat Quh-Lab die Liste der Schlachtnummern manuell mit den KI-Ergebnissen verknüpft. Dies war zwar zeitintensiv, aber für die Analyse der Schweine aus dem Pilotbetrieb war dies erforderlich.

#### Schlüsselkennzahlen / Key Performance Indikatoren (KPIs) und Validierung / Vergleich der Ergebnisse:

Als Untersuchungs- und Performanceparameter der verschiedene KI-Modelle und KI-Komponenten wurden sowohl in der Trainingsphase als auch in der Praxis Schlüsselkennzahlen (Key Performance Indikatoren = KPIs) bestimmt. Die Daten dafür werden durch den Vergleich der KI-Ergebnisse mit den als korrekt angenommen Ergebnissen erzeugt.

In der Trainingsphase und bei der allgemeinen Validierung werden Bilder der Videostreams mit Umrissen und Klassifizierungen der Organe annotiert. Diese Annotationen und Klassifizierungen werden oft als *GroundTruth* bezeichnet. In der Trainingsphase wird ein Teil der annotierten Bilder nicht für das Anlernen der Modelle, sondern nach dem Training zur Validierung der Ergebnisse des bereits angelernten Modells verwendet. Dabei werden die annotierten Bilder durch das Modell analysiert und die KI-Ergebnisse werden anschließend Bild für Bild mit den ursprünglichen Annotationen und Klassifizierungen verglichen<sup>2</sup>. Dadurch ergeben sich *richtige*, *falsch positive* und *falsch negative* Detektions- und Klassifizierungsergebnisse, wobei die vorannotierten Bilder als *GroundTruth* verwendet werden. Die Verteilung der *richtigen*, *falsch positiven* und *falsch negativen* Ergebnisse wird in einer Confusion-Matrix gesammelt dargestellt. Diese Matrix zeigt visuell wie gut die Performance des Modells ist, ohne einen Score zu berechnen. Je mehr Ergebnisse sich auf der Diagonalen befinden, desto besser ist das zugehörige Modell.

Die Anzahl der *richtigen*, *falsch positiven* und *falsch negativen* Ergebnisse wird außerdem zur Berechnung der KPIs verwendet. Im Laufe des Projekts wurde sich auf Genauigkeit, Trefferquote und den F1-Score geeinigt.

---

<sup>2</sup> In der Validierung des Modells wird SAL-RA nicht angewendet. Eine Klassifizierung gilt für ein einziges Bild. Die Bilder sind voneinander unabhängig.



Genauigkeit wird auch „positiver prädiktiver Wert“ genannt. Auf Englisch wird dies mit „Precision“ bezeichnet. Die Trefferquote wird auch „Richtig-positiv-Rate“ und auf Englisch Recall genannt. Die Definition des F1-Scores wird oft als „Balanced F-Score“ oder „F-Maß“ bezeichnet. Er ist das harmonische Mittel aus Genauigkeit und Trefferquote; bei F1 sind die Genauigkeit und die Trefferquote gleich gewichtet und sowohl die Anzahl der falsch positiven als auch die der falsch negativen Ergebnisse wird berücksichtigt. Die KPIs werden, wie in den folgenden Gleichungen dargestellt, berechnet:

$$\text{Genauigkeit} = \frac{re}{re + fp}$$

$$\text{Trefferquote} = \frac{re}{re + fn}$$

$$F_1 = \frac{2 * re}{2 * re + fp + fn}$$

in denen  $re$  die Anzahl von richtigen Ergebnissen,  $rp$  die Anzahl von richtig positiven Ergebnissen,  $fp$  die Anzahl von falsch positiven Ergebnissen und  $fn$  die Anzahl von falsch negativen Ergebnissen darstellen. Je näher die KPI-Werte an 1,00 liegen, desto besser ist die Performance der Befundungsmethode.

Um die Ergebnisse des gesamten KI-Systems (i.e., außerhalb des Trainings und einschließlich des SAL-RAs) zu validieren, wurden von den Tierärzten der Quh-Lab GroundTruth Datensätze erstellt. Hierfür haben die Tierärzte die Organpakete vor Ort im Schlachthof überprüft. Die GroundTruth-Datensätze wurden für die Validierung der KI-System-Ergebnisse bzw. zur Berechnung des F1-Scores der verschiedenen Modelle + SAL-RA verwendet. Zusätzlich konnten die Ergebnisse des amtlichen Untersuchungspersonals mit dem GroundTruth verglichen werden, um den F1-Score des amtlichen Untersuchungspersonals abzuschätzen. Auf diese Weise kann man die Performance des KI-Systems mit der Performance des amtlichen Untersuchungspersonals vergleichen. Ein direkter Vergleich des KI-Systems und des amtlichen Untersuchungspersonals ist nicht aussagekräftig. Es werden jedoch viel mehr Validierungsdaten (GroundTruth) benötigt, um statistisch aussagekräftige Schlussfolgerungen der Vergleiche zu bestimmen. Wegen der begrenzten Zeit im Projekt und dem Bedarf an viel mehr Daten, konnte diese Methode der Validierung auch nicht verifiziert werden. Die Methode wird nach Projektende bzw. im Anschlussprojekt erweitert und weiterentwickelt.

Insgesamt wurde mithilfe der KPIs das Training iterativ angepasst und verbessert. Zusätzlich wurden die KPIs der trainierten Modelle und des KI-Systems ständig verglichen, um durch weiteres Training und Optimierung des SAL-RAs die Performance des Modells mit dem KI-System zu erreichen. Die Verteilungen der Befunde wurden

auch vorbereitet, um einen qualitativen Vergleich der verschiedenen Befunde zu ermöglichen.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der entwickelten Modelle wurden während des dritten Projektjahrs mit den Partnern im Rahmen der TechMeetings vorgestellt. Einige Ergebnisse wurden auf der Agrar Konferenz am 1.9.2022 präsentiert. Befunddaten wurden in der zweiten Hälfte des 3. Projektjahres über die dafür zur Verfügung gestellten Schnittstelle an IQ-Agrar übermittelt. In den letzten 5 Wochen des Projekts wurde das KI-System (einschließlich der Modelle und SAL-RA) im Praxisalltag getestet, indem stichprobenartig 3 Lieferungen des am Projekt beteiligten Zuchtbetriebs (Kamphus) durch das amtlichen Untersuchungspersonal, von Tierärzten der Quh-Lab und durch das KI-System inspiziert wurden. Schweine vom Kamphus wurden an den folgenden Tagen geschlachtet:

- 15.11.2022: 266 Schweine
- 23.11.2022: 271 Schweine
- 09.12.2022: 156 Schweine,

d.h. es wurden insgesamt 694 Schweine für Projekt PigHealth untersucht.

Am 23.11.2022 und am 9.12.2022 haben Tierärzte der Quh-Lab die Organpakete am Band persönlich untersucht, um die Ergebnisse des KI-Systems zu validieren und um mithilfe KPIs einen Vergleich zwischen den Ergebnissen des KI-Systems und den Befunden des amtlichen Untersuchungspersonals zu ermöglichen. Die Verteilung der Befunde wurden auch ermittelt, um einen qualitativen zu ermöglichen.

Für die Analyse der Kamphus Schweine wurden zwei Kameras verwendet, um die Organe aus zwei Winkeln zu untersuchen<sup>3</sup>. Jedes Organ wurde von 2 Kameras aufgezeichnet. Jede Kamera lieferte jeweils KI-Signale pro Model mit 20 Ergebnissen pro Sekunde. Die daraus resultierenden KI-System-Ergebnisse entsprechen einem Befund pro Organ pro Schwein. Erst mit den von der SAL-RA generierten Ergebnissen des KI-Systems konnten die Verteilungen der Befunde und KPIs des KI-Systems pro Organkomponente zuverlässig bestimmt werden.

Die folgenden Ergebnisse werden gezeigt:

- KPIs
- Verteilungen
- Visuelle Ergebnisse (Roh-KI-Daten)

---

<sup>3</sup> Bei Tummel konnte die dritte Kamera in den letzten 4 Monaten des Projekts aus Arbeitsschutzgründen nicht geöffnet bzw. nicht verwendet werden.

### KPIs und Verteilung der Befundungen

Ein direkter Vergleich der KI-System-Ergebnissen mit den Befundungen durch das amtliche Untersuchungspersonal im Schlachthof ist nicht aussagekräftig. Um dennoch Vergleiche und die Berechnung der KPIs für die verschiedenen Befundungsmethoden zu ermöglichen, wurden stattdessen folgende Vergleiche durchgeführt bzw. Ergebnisse mit den GroundTruth-Daten verglichen:

#### **KPIs des KI-Systems:**

- Befunde vom KI-System mit den Befunden von Quh-Lab Tierärzten vor Ort
- Befunde vom KI-System mit den Befunden von der entsprechenden Videoinspektion durch Quh-Lab Tierärzte

#### **KPIs des amtlichen Untersuchungspersonals vor Ort:**

- Befunde des amtlichen Untersuchungspersonals am Band mit den Befunden von Quh-Lab Tierärzten vor Ort

Da die Quh-Lab Veterinäre nur die Schlachtungen der Kamphus Schweine am 23.11.2022 und am 09.12.2022 begutachten konnten und daher nur für diese Tage GroundTruth Daten zur Verfügung stehen, werden nur diese Tage in den Vergleichsergebnissen berücksichtigt.

In Tabelle 12 sind alle berechneten KPIs pro Organbefundung dargestellt. Insgesamt haben sowohl das KI-System als auch das amtliche Untersuchungspersonal die Herzen am besten erkannt. Die schlechtesten KPIs wurden für die Lungenbegutachtungen berechnet. Beim amtlichen Untersuchungspersonal und deren Begutachtungen von Herzen und Lebern erkennt man einen Trend, der die Trefferquote niedriger als die Genauigkeit ausfällt (bei den Lungen ist es umgekehrt). Dies liegt an einer größeren Anzahl an falsch negativen Ergebnissen<sup>4</sup> bei den Begutachtungen von Herzen und Lebern am Förderband.

Über das ganze Projektjahr wurde die Performance des KI-Systems mit dem GroundTruth aus der Videoinspektion gemessen. Da das Training in Abhängigkeit von den ermittelten KPIs angepasst und weiterentwickelt wurde, war es zu erwarten, dass Genauigkeit und Trefferquote bei dem KI-System ähnlich oder besser sind, wenn die Ergebnisse mit denen aus der Videoinspektion verglichen werden.

Erst bei den Stichproben mit den Kamphus Schweinen wurden Befundungen durch das KI-System mit Befundungen durch Quh-Lab Tierärzte vor Ort verglichen. Die Ergebnisse der Leber- und Herzkomponenten fallen bei Befundung im Vergleich zur Videoinspektion oder zu den persönlichen Begutachtungen ähnlich aus. Die Lungenkomponente muss verbessert werden. Auch wenn das amtliche

---

<sup>4</sup> Ein falsch negatives Ergebnis beim Herz ist eine Befundung als „gesund“ oder „unauffällig“, obwohl das Herz an Perikarditis erkrankt ist. Ein falsch negatives Ergebnis bei der Leber ist eine Befundung „gesund“ oder „unauffällig“, wenn auf der Leber MilkSpots vorhanden sind.

Untersuchungspersonal die meisten Befundungen für die Lungen ermittelt hat, wurde die Performance ihrer Befundungen mit deutlich niedrigeren KPIs ermittelt.

Tabelle 12 Performance durch den KPI F1-Score der verschiedenen Befundungsmethoden pro untersuchtes Organ. Berücksichtigt wurden Daten von den Schlachttagen 23.11.2022 und 09.12.2022.

Organ Komponente	Befundungsmethode	Anzahl der Befunde N (%) <sup>5</sup>	Genauigkeit	Trefferquote	F1
Herz	KI-System (vs QL TÄ)	427(100)	0,99	0,91	0,95
	KI-System (vs Video-QL-TÄ)	427(100)	0,99	0,91	0,95
	Amtliches Untersuchungspersonal (vs QL TÄ)	298(69,8)	1,00	0,69	0,82
Leber	KI-System (vs QL TÄ)	427(100)	0,89	0,91	0,90
	KI-System (vs Video-QL-TÄ)	427(100)	0,87	0,89	0,88
	Amtliches Untersuchungspersonal (vs QL TÄ)	304(71,2)	0,85	0,64	0,73
Lunge	KI-System (vs QL TÄ)	427(100)	0,40	0,35	0,34
	KI-System (vs Video-QL-TÄ)	427(100)	0,57	0,55	0,54
	Amtliches Untersuchungspersonal (vs QL TÄ)	419(98,1)	0,28	0,38	0,32

Die Verteilung der Befundungen des KI-Systems, von den Quh-Lab Tierärzten und vom amtlichen Untersuchungspersonal.

Abbildung 6 zeigt den Anteil der verschiedenen Befundungen für alle Befundungsmethoden pro Organ: KI-System (Blau), Quh-Lab Tierärzte vor Ort (Orange), und amtliches Untersuchungspersonal (Grün). Die Gesamtanzahl der untersuchten Schweine betrug 427 (geschlachtet am 23.11.2022 und 09.12.2022). Das amtliche Untersuchungspersonal hat ein Anteil der Schweine bzw. Organe nicht befundet; es fehlen 30% beim Herz, 29% bei den Lebern und 2% bei den Lungen.

Das KI-System liefert manchmal nicht vergleichbare Ergebnisse, z.B. „Herz nur teilweise sichtbar“ oder „Herz uneindeutig“, was auf die unzureichende Abdeckung durch die verwendeten Kameras zurückzuführen ist.

Obwohl am Terminal die Befundung „Perikarditis“ eingegeben werden kann, wurde vom amtlichen Untersuchungspersonal nur „Herz verworfen“ verwendet. Dies ist zwar

<sup>5</sup> Die Anzahl der Befunde variiert aufgrund von fehlenden Befundungen vom amtlichen Untersuchungspersonal am Förderband. Für jede Komponente werden nur Befunde, die von allen Befundungsmethoden ermittelt wurden, als vergleichbar erkannt, z.B. wenn für ein Schwein kein Befund für das Herz vom amtlichen Untersuchungspersonal ermittelt wurde aber von dem Quh-Lab Tierarzt ein Ergebnis vorliegt, wird dieser Datensatz nicht für die Berechnung des KPIs der Organkomponente verwendet.

inkonsistent, verfälscht aber die Ergebnisse nicht. Das KI-System hat viele falsch positive Perikarditis Befundungen ermittelt, mit einem Anteil von ca. 8% statt 0,2%, wie von Quh-Lab Tierärzten vor Ort und vom amtlichen Untersuchungspersonal (angenommen „Herz verworfen“ ist gleich „Perikarditis“).

Bei den Lebern hat das KI-System (4,2%) mehr richtige Ergebnisse bei den Lebern mit MilkSpots als das amtliche Untersuchungspersonal (1,2%) ermittelt, wobei der richtige Anteil bei 7% (GroundTruth sind Befundungen durch Quh-Lab Tierärzte vor Ort) lag.

Das KI-System und das amtliche Untersuchungspersonal folgen bei den Lungenbefundungen dem gleichen Trend, der die meisten Befundungen als PN 0 und die wenigsten als PN 2 erkennt, allerdings mit unterschiedlicher Verteilung. Die GroundTruth-Befundungen zeigen eine erhöhte Anzahl an PN 1 Befundungen. Unter den PN 2 Befundungen, die als GroundTruth von den Quh-Lab Tierärzten mit ca. 37% Anteil erkannt wird, gibt es einen deutlichen Unterschied der Befundungen vom amtlichen Untersuchungspersonal (ca. 1%). Das KI-System nähert sich stärker dem GroundTruth an (8,8%), ist aber noch auffällig. Diese Werte passen zu den KPIs in Tabelle 12 für die Lungenbefundungen.

### Visuelle Ergebnisse<sup>6</sup>

Auf den nächsten Seiten sind Ergebnisse (Bilder) der Roh-KI-Daten pro Organmodelle aufgeführt.

Die hier dargestellten Bilder zeigen visuell die Ergebnisse der Klassifizierungen<sup>7</sup> und der identifizierten Umriss der detektierten Organe. Sie stellen nicht das Ergebnis des KI-Systems für das ganze Organpaket dar. Die visuellen Ergebnisse sind pro Organmodell aufgeführt. Die darin gezeigten Klassifizierungsergebnisse sind vorläufig (sie werden noch mit dem SAL-RA analysiert) und sind weder mit den endgültigen Ergebnissen des KI-Systems noch mit den KPIs zu vergleichen.

---

<sup>6</sup> Die Klassifizierungen in den Bildern sind vorläufige Roh-KI Ergebnisse und dürfen nicht als final interpretiert werden.

<sup>7</sup> Das Team der Quh-Lab war international und daher wurde das System mit Englischen Begriffen und Klassennamen entwickelt. Die in den Bildern zu sehenden Klassifizierungen sind daher auf Englisch. Ergebnisse werden an Schlachthof Tummel und IQ-Agrar in dem im Schlachthof üblichen Format und auf Deutsch ermittelt.

## **Herz**

Das Herzmodell detektiert, ob das Herz von der Kamera erfasst wird (das Herz ist nicht immer im Sichtfeld der zwei zur Verfügung stehenden Kameras) oder ob das Herz vollständig oder in Teilen (KI-Klasse „Heart“, z.B. wenn die Kameransicht nicht das gesamte Herz sieht) beobachtet wird. Vollständig beobachtete und detektierte Herzen werden als gesund (KI-Klasse „Heart\_noPericarditis“) oder pathologisch bzw. Perikarditis erkrankt (KI-Klasse „Heart\_withPericarditis“) klassifiziert. In Abbildung 7 wird die Detektion eines teilweise sichtbaren Herzes gezeigt. Der detektierte Umriss ist sehr genau und überlappt sich nicht mit der Lunge oder anderen Geweben.

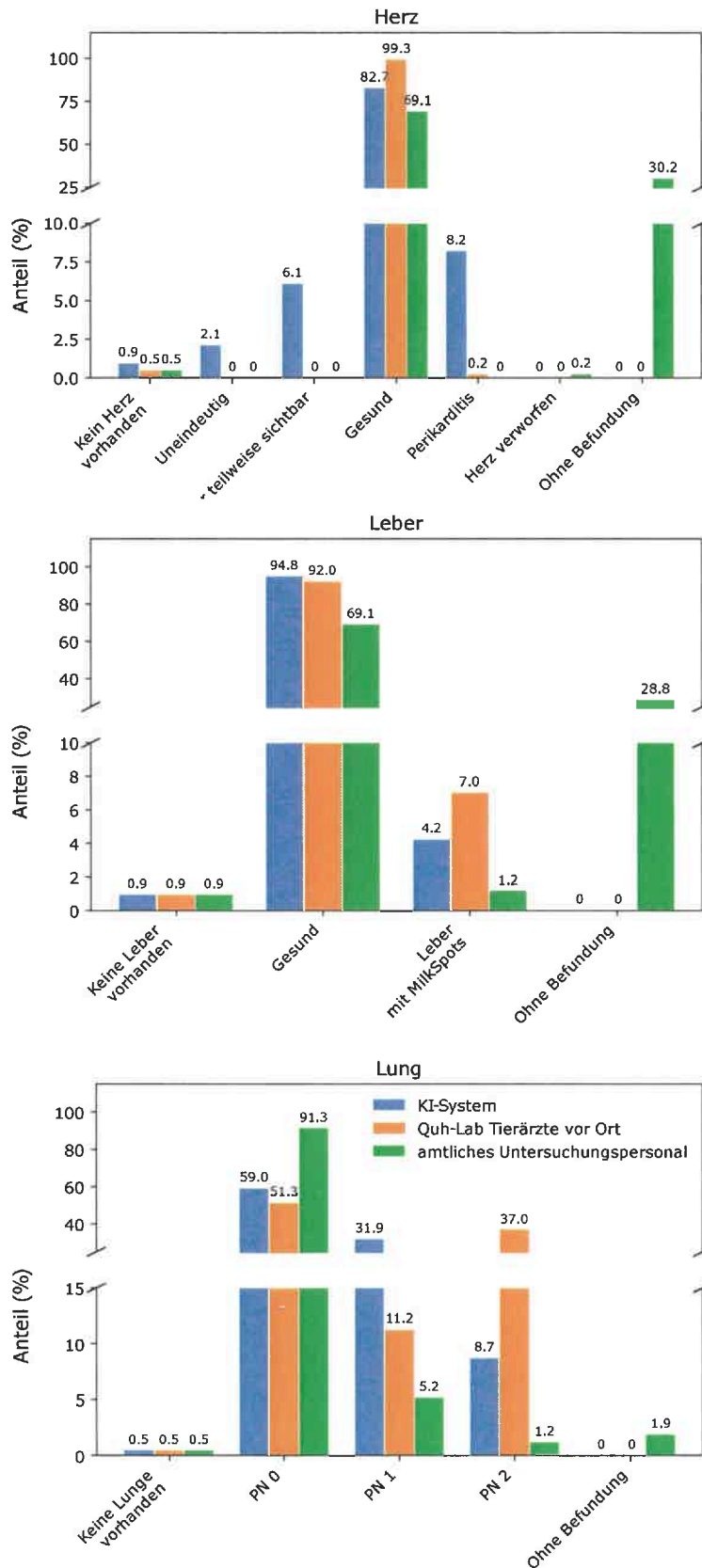


Abbildung 6 Balkendiagramme pro Organbefundungstyp vergleichen die Befundungsergebnisse der verschiedenen Befundungsmethoden: KI-System (Blau), Quh-Lab Tierärzte vor Ort (Orange), amtliches Untersuchungspersonal (Grün). Die Gesamtzahl bei allen Befundungsmethoden liegt bei 427 Befundungen pro Organ pro Schweine und berücksichtigt nur Kamphus Schweinen, die am 23.11.2022 und 09.12.2022 geschachtet wurden.

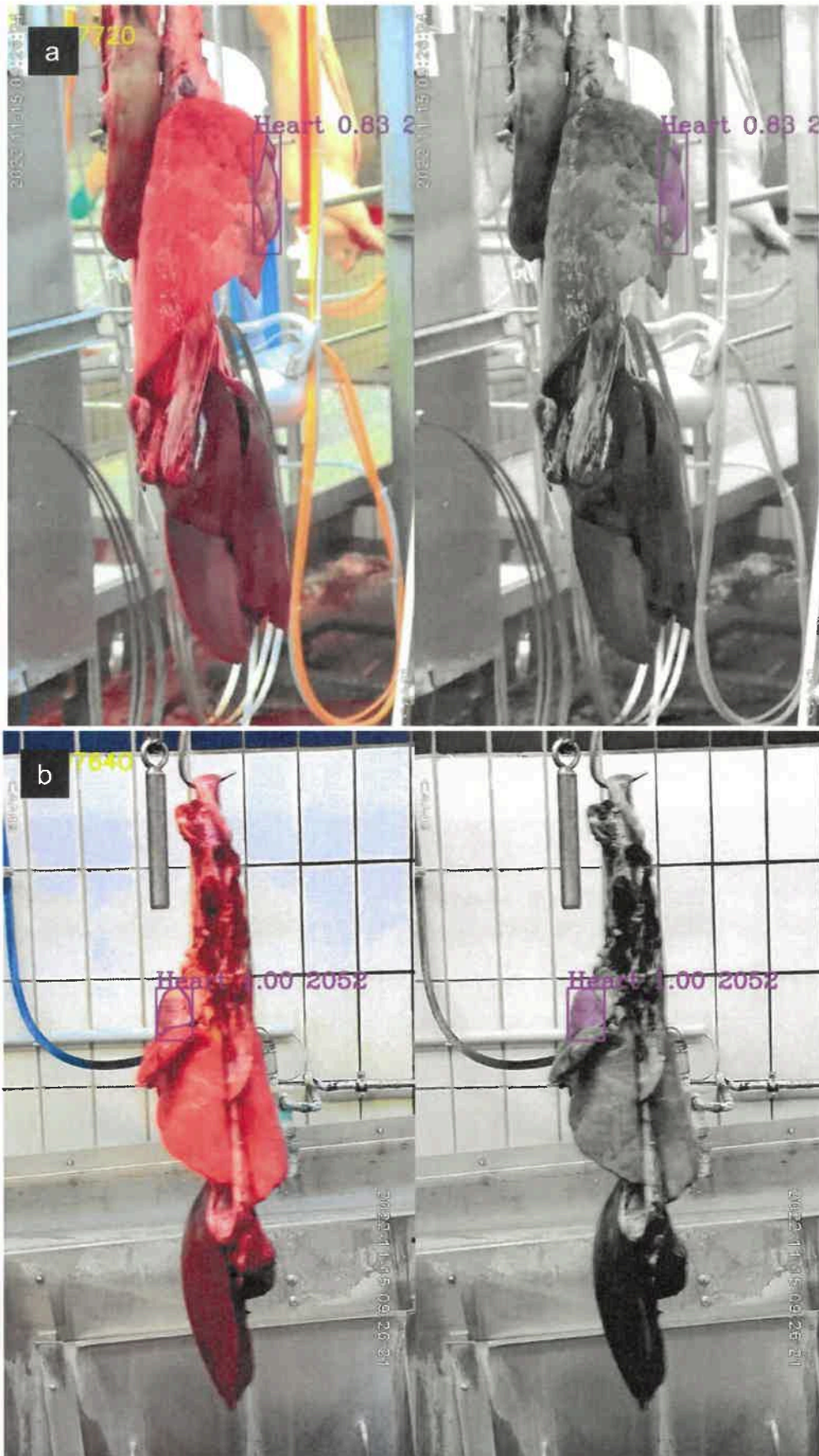


Abbildung 7 Detektion eines teilweise sichtbaren Herzes vom Schlachttag: 15.11.2022 (Kamphus - Schlachtnummer: 202802). Das Herz des Geschlinges ist nur teilweise in Kamera 1 (a) und Kamera 2 (b) sichtbar.



In Abbildung 8 wird die Detektion eines gesunden Herzens (ohne Perikarditis) gezeigt.

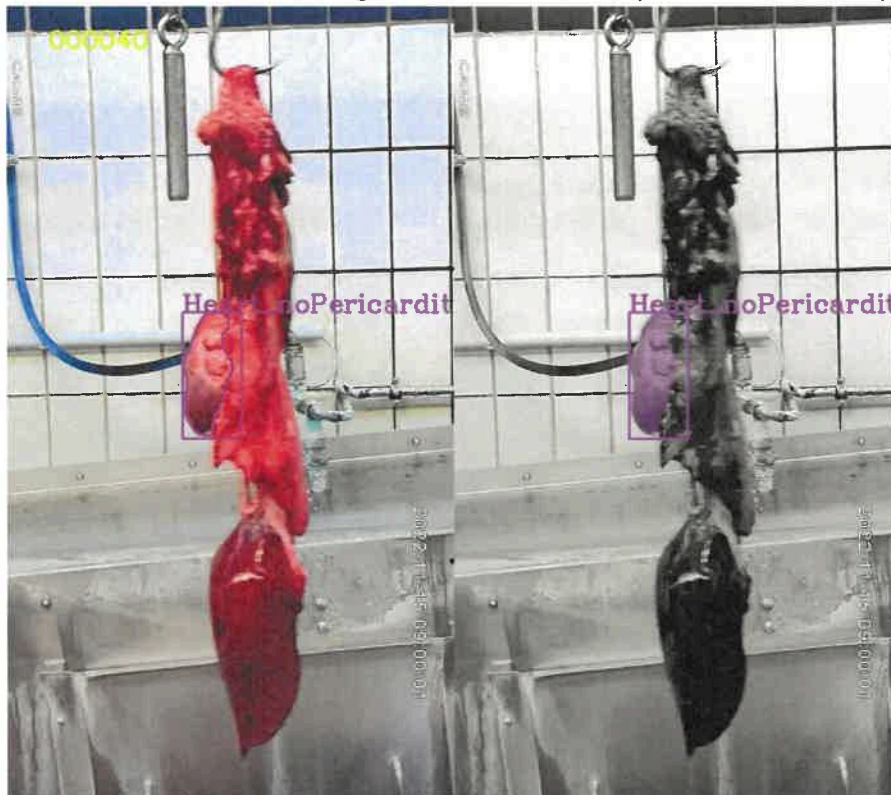


Abbildung 8 Detektion eines gesunden Herzens bzw. ein Herz ohne Perikarditis vom Schlachttag: 15.11.2022 (Kamphus - Schlachtnummer: 202587). Hier ist das Herz ausreichend sichtbar, um eine gesunde Klassifizierung zu erreichen.

Abbildung 9 stellt die Detektion eines mit Perikarditis erkrankten Herzens dar.



Abbildung 9 Detektion eines mit Perikarditis erkrankten Herzens vom Schlachttag: 15.11.2022 (Kamphus - Schlachtnummer: 202629).

## Leber

Das Lebermodell detektiert, ob die Leber vorhanden ist (die Leber ist in beiden Kameras sichtbar) und falls eine Leber detektiert wird, erfolgt eine Klassifizierung als gesund (KI-Klasse „Liver\_noMilkSpots“) oder pathologisch bzw. mit MilkSpots erkrankt (KI-Klasse „Liver\_noMilkSpots“). In Abbildung 10 wird die Detektion einer gesunden Leber gezeigt. Der Umriss liegt nah an der Organkante und schließt kein anderes Gewebe ein. Das Modell ist in der Lage, Reflektionen und Verunreinigungen auf der Leberoberfläche von MilkSpots zu unterscheiden.



Abbildung 10 Detektion einer gesunden Leber vom Schlachttag: 15.11.2022 (Kamphus - Schlachtnummer: 202588).

Die Detektion einer Leber mit MilkSpots ist in Abbildung 11 gezeigt.

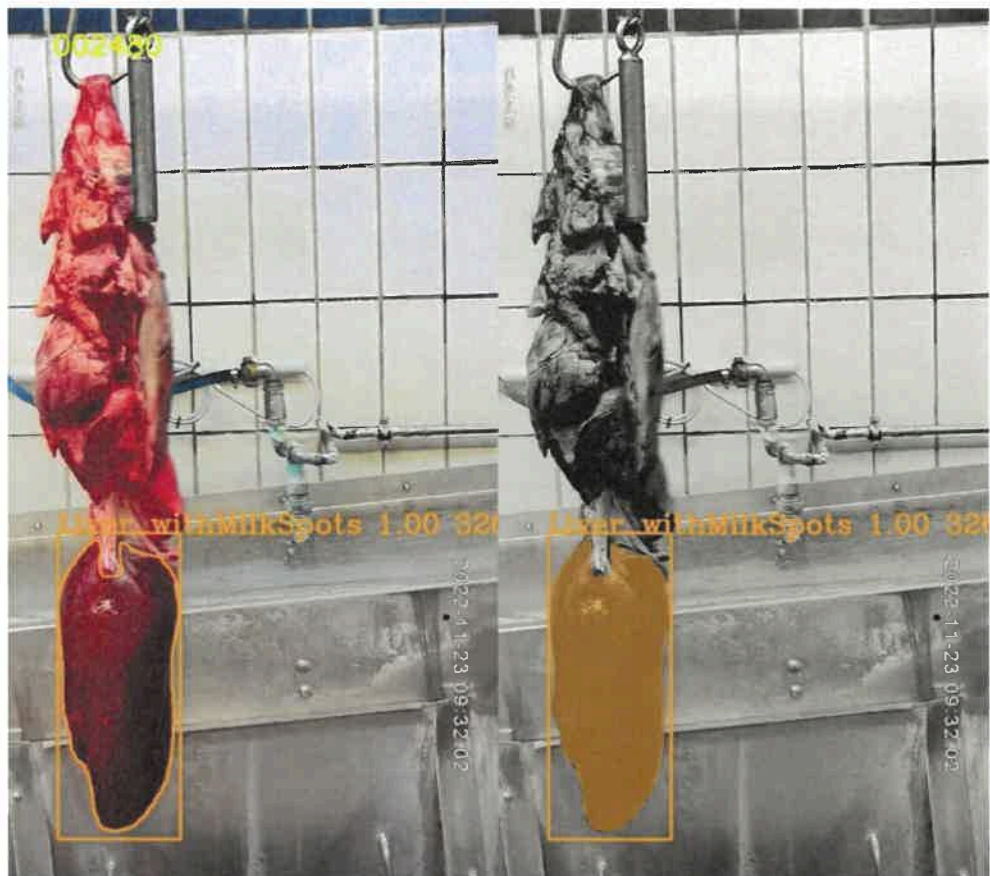


Abbildung 11 Detektion einer Leber mit MilkSpots, die nur aus pathologischen Gründen erscheinen, vom Schlachttag: 23.11.2022 (Schlachtnummer: 303050).

Falls keine Leber im Geschlinge vorhanden ist, wird keine Leber von den Kameras erkannt und die Roh-KI-Ergebnisse zeigen dies eindeutig. Als Beispiel ist in Abbildung 12 die Stärke der Roh-KI-Signale pro Frame pro Kamera gezeigt. Die Schlachtnummern sind in Rot über den Signalen aufgeführt (obere Zahl). Eine positive Detektion eines Organs (hier einer Leber) ist aufgrund der Stärke (zwischen 0 bis ca. 1) des Signals im entsprechenden Modell klar zu erkennen. In diesem Fall (Schlachtnummer 202819) sieht man in Teil b (entspricht der Sicht von Kamera 2) der Abbildung eine Stärke von Null für das Lebersignal (Magenta). In Teil a der Abbildung (entspricht der Sicht von Kamera 1) ist das Lebersignal ebenfalls Null. Abbildung 13 enthält Bilder (jeweils ein Bild pro Kamera) aus dem Videostream des zugehörigen Organpaketes und zeigt, dass keine Leber vorhanden war.

In Abbildung 12 kann man anhand der Leber- (Magenta) und Herz- (Lila) Signale auch erkennen, dass bei Schlachtnummer 202819 nur die Lunge und das Herz von Kamera 1 detektiert wurden und nur die Lunge von Kamera 2 detektiert wurde. Dies wird durch die Bilder aus den Videostreams der beiden Kameras bestätigt (Abbildung 13).

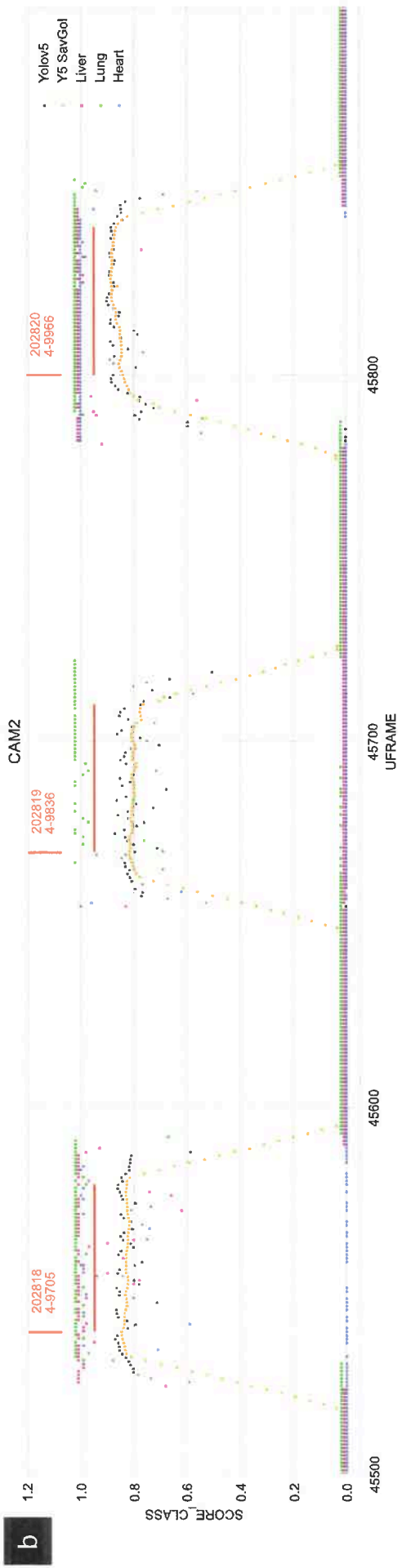
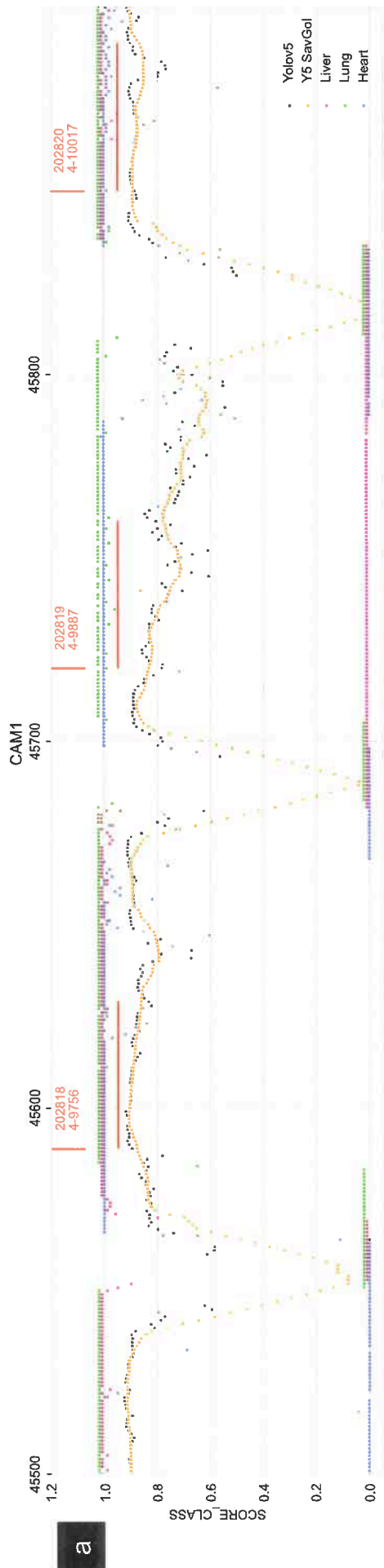


Abbildung 12 Roh-KI-Signale aller Modelle (Lunge: grün; Herz: Lila; Leber: Magenta) für einen Ausschnitt der Frames der Videos vom Schlachttag 2022-11-15 (Kamphus - Schlachtnummer: 202819). KI-Signale von Kamera 1 sind oben und die von Kamera 2 sind unten angeordnet.



Abbildung 14 Beispiel von einem Geschlinge ohne Leber vom Schlachttag: 15.11.2022  
(Schlachtnummer 202819).

## Lungen

Das Lungenmodell zusammen mit dem SAL-RA wurden so konzipiert, dass das KI-System zum Schluss die im Schlachthof übliche PN-Bewertung der Lunge berichtet. Das Lungenmodell wurde auch trainiert, um individuelle pathologische Veränderungen zu detektieren und zu klassifizieren und deren Größe zu messen. Gleichzeitig wurde eine Bewertung der Lunge als mild (KI-Klasse „mild“), moderat (KI-Klasse „moderate“) oder stark (KI-Klasse „severe“) verändert trainiert.

Die Detektion einer gesunden Lunge vom 23.11.2022 wird in Abbildung 15 gezeigt. In Abbildung 16 ist eine Detektion und Klassifizierung einer moderat veränderten Lunge dargestellt. Hier ist auch eine pathologische Veränderung auf dem kranialen Flügel zu erkennen. Die Detektion und Klassifizierung einer Lunge als stark pathologisch verändert (severe) und mit einer akuten Entzündung wird in Abbildung 17 gezeigt.

Durch den SAL-RA werden die Größen der detektierten Veränderung verwendet, um die prozentuale Veränderung der Lungen zu berechnen. Die Lungen werden dann als PN 0 (0 bis 10% Veränderungen), PN 1 (11-30% Veränderung) oder PN 2 (>30% Veränderung) bezeichnet.<sup>8</sup>



Abbildung 15 Detektion einer gesunden Lunge vom Schlachttag: 23.11.2022 (Schlachtnummer: 302962).

<sup>8</sup> Die Klassifizierungen von mild, moderat und stark verändert entsprechen nur bedingt den PN-Werten.

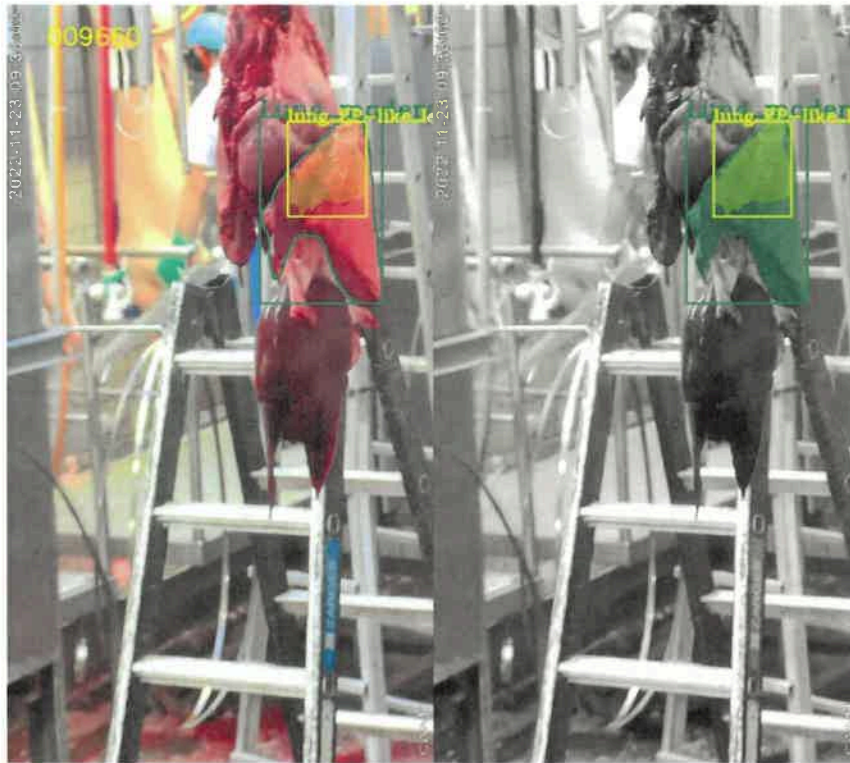


Abbildung 16 Detektion und Klassifizierung einer moderat veränderten Lunge. Hier ist auch eine pathologische Veränderung auf dem kranialen Flügel erkennbar. Schlachttag: 23.11.2022 (Schlachtnummer: 303084).

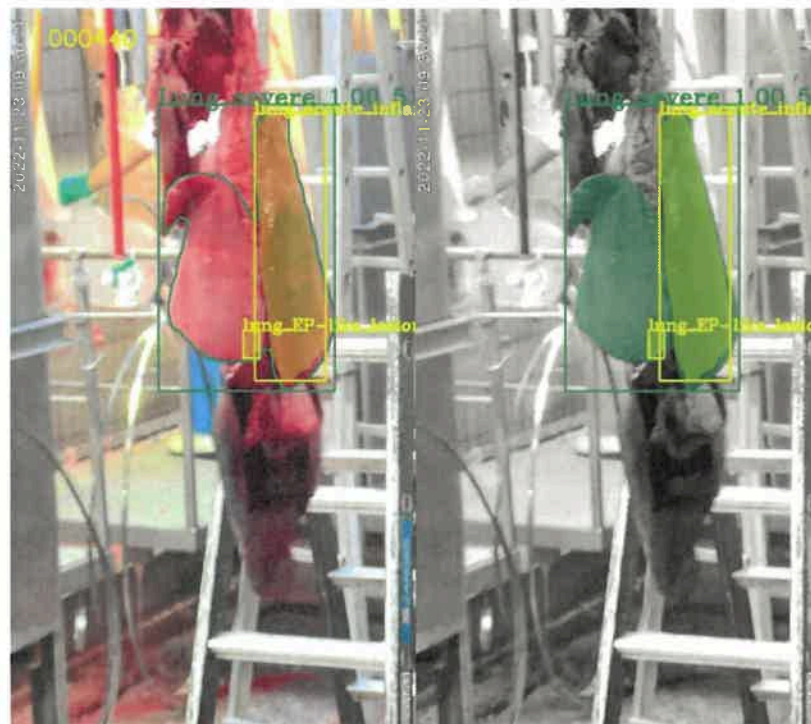


Abbildung 17 Detektion und Klassifizierung einer Lunge als stark pathologisch verändert (severe) und mit akuter Entzündung, Schlachttag: 23.11.2022 (Schlachtnummer: 302966). Es ist auch eine falsch positive Detektion einer Veränderung (EP-like lesion) vorhanden. Diese wird durch den SAL-RA ausgefiltert.



## Hälften

Das Schweinehälften-Modell detektiert, ob eine Schweinehälfte vorhanden ist und falls eine Hälfte detektiert wurde, erfolgen sämtliche Klassifizierungen. Bei allen Klassifizierungen werden die linken und rechten Hälften identifiziert. Im Vergleich zum Status der Detektion der Organe im Geschlinge, konnte bis zum Projektschluss Pathologien auf den Schweinehälften noch nicht zuverlässig erkannt werden, obwohl das Training dafür begonnen hat. Dies lag an der begrenzten Zeit. Die folgenden Teile der Schweinehälften werden schon jetzt zuverlässig erkannt:

- Haut (KI-Klassen: „pig\_half\_outside\_right“, „pig\_half\_outside\_left“)
- Regionen, die nicht mit Haut bedeckt sind (KI-Klassen „pig\_half\_inside\_right“, „pig\_half\_inside\_left“)
- Brustfell (KI-Klassen: „Pleura\_right“, „Pleura\_left“)
- Bauchfell (KI-Klassen: „Peritoneum\_right“, „Peritoneum\_left“)
- Schwänze und deren geschätzten Länge (KI-Klassen: „Tail\_right“, „Tail\_left“)
- Ohren (KI-Klassen: „Ear\_right“, „Ear\_left“)

Auch werden zwei korrespondierende Schweinehälften zusammengefasst.

In Abbildung 18 wird ein Beispiel gezeigt, in dem verschiedene Teile von Schweinehälften zu sehen sind.



Abbildung 18 Detektion und Klassifizierung zwei Schweinehälfte. Die linke und rechte Hälfte wird bei jeder Detektion unterschieden: das Brustfell (Grün) und das Bauchfell (Orange) werden detektiert; die Schwänze werden detektiert und die Schwanzlänge wird geschätzt; die Haut (grüner Umriss) und die nicht mit Haut bedeckte Seite werden detektiert (blauer Umriss).

d) Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Zielen

Ziel von EIP -Agri ist es, **die landwirtschaftliche Produktion bei geringerem Ressourcenverbrauch zu steigern und dadurch nachhaltiger zu machen.** Landwirtschaft und Forschung sollen durch EIP besser verzahnt werden, um Innovationen schneller in die Praxis zu bringen.

Diesen Zielen ist man durch das Projekt nähergekommen.

Eine optimale Tiergesundheit in der Schweinemast ist Voraussetzung für eine nachhaltige, ressourcenschonende Fleischerzeugung. Als objektive Indikatoren für die Gesundheit der Schweine dienen Schlachtkörperbefunde sowie betriebliche Produktionskennzahlen (tägliche Zunahmen, Masttage, Tierarztkosten, Therapieindex etc.). Je automatisierter diese Daten erfasst, ausgewertet und dem Landwirt als Entscheidungshilfe zur Verfügung stehen, desto effektiver und schneller kann auch im Sinne eines präventiven Tiergesundheits- und Tierwohlmanagements gehandelt werden.

Mittels einer digital unterstützten Befunddatenerfassung und intelligenter Algorithmen (künstliche Intelligenz (KI)) zur Ermittlung aussagekräftiger Indices, welche in ein Informationssystem bedarfsgerecht eingespeist werden, können die Entscheidungsfindungsprozesse der Landwirte kompetent und zielorientiert unterstützt werden.

Im Vordergrund dieses Projektes steht eine hochautomatisierte, objektive Datenerfassung im Schlachtprozess und deren intelligente Verknüpfung mit Informationen der Tierhaltungsstandorte sowie eine hohe Gebrauchstauglichkeit der Informationssysteme im Sinne einer aussagefähigen, hochverfügbaren Managementhilfe. Somit werden die in der Erzeugungskette beteiligten Partner in die Lage versetzt, den gesellschaftlichen Ansprüchen an eine nachhaltige Tierhaltung unter Gewährleistung transparenter Tierwohlbedingungen zu entsprechen.

e) Nebenergebnisse?

Keine

f) Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Basierend aus den Erkenntnissen und Ergebnissen aus dem Vorgängerprojekt KUNGFU wurde zuerst ein Ansatz verfolgt, bei dem zunächst einzelne Bilder von den unterschiedlichen Videokameras aufgenommen und zu einem einzigen Bild (sogenannte Panoramabilder) zusammengefügt wurden. Erst basierend aus dem resultierenden Bild wurden KI-Modelle zur Befundung erstellt. Dieses Verfahren lieferte

erste positive Resultate unter bestimmten Betriebsbedingungen, blieb jedoch bei realer bzw. praktischer Anwendung im Schlachthof hinter den gestellten Erwartungen zurück. Gründe hierfür waren unter anderem:

Unzureichende statistische Relevanz, da nur wenige Bilder ausgewertet wurden.

Schwierigkeiten bei der Synchronisation der Kameras zur Panoramabild-erstellung. Die Vorgehensweise folgte einer Strategie „erst synchronisieren, dann detektieren“. Wenn nur einzelne Bilder aufgenommen werden und diese nicht synchron von allen Kameras aufgenommen werden, müssen alle Detektionsergebnisse verworfen werden, da die Organpakete nicht korrekt zusammengesetzt bzw. keiner Schlachtnummer zugeordnet werden können.

Durch die Eigenbewegungen der Organe und der Schlachtkörper waren die einzelnen Bilder der Kameras zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht immer gleichzeitig im Fokus. Dies führte zu einer Verschiebung in der Auswertung. Das Modell benötigte zeitgleich scharfe Bilder von jeder Kamera für eine erfolgreiche Detektion, was häufig nicht umsetzbar war. Somit konnten die Organe nicht zuverlässig von allen Kameraperspektiven beurteilt werden, auch wenn die Organe in den einzelnen Kameras sichtbar waren.

Das Modell basierte auf 3 einzelnen Detektionen pro Panoramabild. Allerdings wurden die Kameraansichten nicht einer festen Position im Panoramabild zugeordnet, was die Behandlung des Hintergrundes verkompliziert hat und eine große Herausforderung für das Trainieren der KI-Modelle darstellte.

Außerdem wurde es nicht geschafft, alle Organpakete immer an der exakt gleichen Position im Panoramabild zu fotografieren. Wenn die Organpakete nicht zentriert (z.B. durch Eigenbewegung und unpassend getimter Bildaufnahme) waren und an die Umrandung zwischen zwei zusammenfügten Bildern heranreichte, war es nicht mehr möglich, die Organpakete in den Bildern sauber voneinander zu trennen. Die Situation hat dazu geführt, dass Leber und Lunge verschiedene Formen hatten, die nicht der Realität entsprechen. Zur Unterscheidung hätten auch diese Fälle gezielt und mit großem Zeitaufwand trainiert werden müssen.

Es wurde sehr viel Zeit und Geld in dieses Modell investiert und dennoch zeigte es keine vielversprechenden Ergebnisse, die dazu führten, dieses Modell einzustellen.

#### **IV. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis**

d.h. sind nutzbare/verwertbare Empfehlungen, Produkte, Verfahren, oder Technologien entstanden?

Die im Projektergebnis neuen kombinierten Auswertung der Kennzahlen wurden in die Neukonzeption des IQ-Agrar PORTALS integriert und bieten somit Landwirten und Beratern langfristig eine neue Grundlage für betriebliche Managemententscheidungen und zur Förderung von Tiergesundheit. Mit der Umsetzung innerhalb des IQ-Agrar PORTALS erhalten Landwirte somit Zugang zu effizienteren Befunddatenanalysen, die auf Basis automatisierter Datenübertragung sowie neuen Datenanalysen eine sehr hohe Verlässlichkeit und Informationsgeschwindigkeit aufweisen.

## V. (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Die implementierte Befund-Schnittstelle zwischen IQ-Agrar und dem Projektschlachthof erbringt einen großen Mehrwert hinsichtlich der Datenübertragung und könnte den bisherigen Datentransfer via Mail langfristig ablösen. Aufgrund der Digitalisierung und Automatisierung, reduziert sich der Fehlerschlupf durch manuelle Datenübertragung. Dieser neuartige Informationsaustausch leistet einen direkten Beitrag, die Effektivität und Anforderungen bezüglich betrieblicher Tiergesundheitsdaten zu optimieren. Eine fortführende Aggregation dieser Daten bietet Landwirten neue Instrumente zur Optimierung des Betriebs- und Tiergesundheitsmanagements.

## VI. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Gibt es weitergehende (wissenschaftliche) Fragestellungen aus den Projektergebnissen, die zukünftig zu bearbeiten sind?

### IQ Agrar

Die Verfügbarkeit von technischen Hilfsmitteln und Entscheidungshilfen (Managementhilfen) auf der Grundlage der in der Prozesskette „Schlachtschwein“ erhobenen vielfältigen Informationen ist für eine betriebswirtschaftlich erfolgreiche Schweinemast und die Erfüllung der wachsenden gesellschaftlichen Anforderungen an die Nutztierhaltung unverzichtbar. Neben den Erzeugern selbst, stützen sich auch zunehmend die in der Unternehmensberatung tätigen Organisationen auf diese Auswertungstools. Mit einer Integration der Projektergebnisse in das IQ-Agrar PORTAL ist aufgrund der großen Verbreitung dieser führenden Managementhilfe eine flächendeckende Erreichbarkeit für die Schweinhalter und Beratungsorganisationen sowie eine hohe Akzeptanz durch diese im nord-westdeutschen Raum und insbesondere im Bundesland Nordrhein-Westfalen gewährleistet. Kritisch hierbei ist allerdings die aktuelle Marktlage der Schweinepreise zu betrachten, sodass eine Finanzierung dieser neuen Systeme bzw. betriebliche Investitionen diesbezüglich derzeit fraglich ist. Mit Stabilisierung des Schweinepreismarktes in Deutschland ließen sich die gesteckten Projektziele konsequent und gewinnbringend umsetzen.

### Quh-Lab

Es gibt mehreren Ansatzpunkten, um aktuellen Fragestellungen zu untersuchen und das KI-System und die zugehörige Infrastruktur auf ganztägige, real-time Analyse zu erweitern.

**Optimierung der KI einschließlich Training:** In diesem Projekt wurden noch nicht alle Optimierungsmöglichkeiten der KI ausgeschöpft, d.h. hier besteht das Potential einer weiteren, deutlichen Beschleunigung der Befundung. Zukünftig sollen dafür andere Detektionsgrundlagen und entsprechende Modelle ausprobiert werden.

Bis jetzt wurden im Projekt ausschließlich günstige Überwachungskameras eingesetzt, die für den Außenbereich und für die Beobachtung aus der Ferne geeignet sind. Die Modelle wurden so trainiert und entwickelt, dass die Detektion und Klassifizierung mit der gegebenen Bildqualität funktioniert.

Eine weitere Entwicklung wäre die Nutzung einer Mischung aus den vorhandenen Kameras, die gut für die Beobachtung der Tierhälften geeignet sind, und Kameras mit höheren Bildwiederholfrequenz und höherer Auflösung, die für die Erkennung der Organe und Feinheiten von Veränderungen besser geeignet wären. Bei der Detektion mancher Veränderungen (wie z.B. auf den Lungen) wäre es sinnvoll, den Fokus einer Kamera auf ein Organ (Lungen) auszuprobieren, damit die Modelle die Feinheiten der Veränderungen besser detektieren und unterscheiden können. Auch andere Ansätze von Detektion sollen in Zukunft ausprobiert werden.

Das Ungleichgewicht der Datensätze, die bis zum Ende des Projekts erstellt wurden, ist nicht zu vernachlässigen. Der Grund dafür lag in der verzögerten Zustellung von korrekt getimten Signalen aus dem Automationssystem am Schlachthof. Nur mit einer zuverlässigen Integration am Schlachthof kann man seltene Pathologien (wie z.B. Herz mit Perikarditis) in einer dazu benötigten Anzahl in das Training integrieren und damit einen ausgewogenen Datensatz für alle zu untersuchenden Pathologien erstellen. Die Verteilung der zu detektierenden Klassen in einem Datensatz entspricht dabei nicht der Verteilung der auftretenden Pathologien in der Wirklichkeit.

**Geschwindigkeit der Detektion und Vermittlung der Ergebnisse:** Im Projekt konnten 30 bis 50 Min. am Tag analysiert werden. Die Modelle müssen schneller werden und die Infrastruktur muss so modifiziert werden, dass für bis zu 13 Stunden am Tag Daten aus mehreren Quellen akquiriert und mit dem KI-System analysiert werden können.

**Schwester-Modelle und Algorithmen:** In diesem Projekt wurden einige zusätzliche Programme entwickelt, um das Projekt zu unterstützen – vom Training bis zur Verarbeitung und Analyse der Roh-KI Ergebnisse. Hierzu zählt die automatische Erstellung von Datensätzen durch ein eigens dafür entwickeltes KI-Modell, die Integrations-Programme für die Verknüpfung mit dem laufenden Automationssystem im Schlachthof und der komplexe Algorithmus, der schließlich für das Berichten der Ergebnisse erforderlich ist. Zukünftig müssen auch die einzelnen Veränderungen nicht nur detektiert, sondern auch identifiziert und getrackt werden, damit gleichzeitig erscheinende Veränderungen unterschieden werden können. Dies spielt eine wichtige Rolle bei der zuverlässigen Zählung von MilkSpots auf Lebern und bei der Unterscheidung von Veränderungen auf den Lungen und der Pleura.

**KPIs und Validierung des Systems:** Es sollen nicht die KPIs jeder Komponente verbessert werden. Wichtig bei der Ermittlung von Status/Performance des Systems ist wie die Performance Indikatoren ausgewählt waren und ob die Gegebenheiten und

Information zur Verfügung steht, um aussagekräftige KPIs zu berechnen. In diesem Projekt wurde zu Beginn eine Vorgehensweise mit KPIs entwickelt, die folgendes pro geschlachtetes Schwein ermöglicht:

- die Qualität des Trainings zu erörtern
- die Performance des Modells bzw. der Komponenten bei praktischer Anwendung zu messen
- die Performance des amtlichen Untersuchungspersonals am Band zu quantifizieren
- die Performance des KI-Systems mit der Performance des amtlichen Untersuchungspersonals indirekt zu vergleichen

Diese Vorgehensweise benötigt viel mehr Validierungsdaten im Schlachthof, insbesondere für einen Vergleich zwischen dem KI-System und dem amtlichen Untersuchungspersonal, bevor man die verwendete Vorgehensweise bestätigen und nutzen darf. In diesem Projekt wurden nur Quh-Lab Tierärzte mit der Validierung der Daten beauftragt. Da teilweise dieselben Tierärzte mit dem Training vertraut waren, sollte in Zukunft die Validierung auch von unabhängigen Tierärzten durchgeführt werden, um Bias zu minimieren.

Es werden viele, über längeren Zeitraum erhobene Daten für die Validierung gebraucht, damit der Markt die Methode akzeptiert. Im Zeitraum des Projektes wurde ein Proof of Concept gezeigt und die Methode für die Ermittlung von Qualität und Performance angewendet. In Zukunft muss aus der Vorgehensweise eine standardisierte Methode entwickelt werden, um die KI-Komponenten besser zu vergleichen und die Performance unabhängig von einem Schlachthof ermitteln zu können.

**SAL-RA erweitern:** Hier wurden nur Stichproben nach der Performance des Systems (pro Komponente) untersucht. Aufgrund des Bedarfs an statistischer Analyse der hohen Datenmenge an rohe KI-Ergebnisse muss der hier entwickelte **Synchronisation-Aggregation-Logik** und **Reporting Algorithmus** weiterentwickelt werden und auch systematisch mit viel größeren Datensätzen validiert werden.

**Detektion und Klassifizierung von Veränderungen:** Die Ergebnisse zeigen, dass das hier entwickelte KI-System mehr Information liefern kann als zurzeit für das QM benötigt werden. Obwohl verschiedene Erscheinungen von Pathologien detektiert und unterschieden werden konnten, muss die Methoden wissenschaftlich und mit viel mehr Daten untersucht und bestätigt werden, um dieses Verfahren in Berichten zu vermitteln oder zu berücksichtigen. Hierzu zählen die mögliche Unterscheidung von Pathologien und Änderungen auf demselben Organ (z.B. Lungen). Da verschiedene Pathologien oft ähnliche visuelle Präsentationen haben ist es auch nötig, die Beobachtung durch andere Kameras und ggf. aus anderen Winkeln weiter zu optimieren. Die detektierten Pathologien könnten auch in einem systematischen Experiment mit den mikrobiologischen Untersuchungen/Proben verglichen und ggf. bestätigt werden.

**Artefakte und verbesserte Beobachtung:** Einige beobachtete Veränderungen können als Artefakte vom Schlachten (z.B. Blutinhalation), durch die Umgebung (Spiegelungen auf blutigen oder nassen Organen) oder Unreinheiten an der Kamera eingestuft werden. In Zukunft sollen diese so weit wie möglich mit unterschiedlichen Ansätzen beseitigt werden. Die Unterscheidung von Artefakten durch das Schlachten können vermutlich durch enge persönliche Validierung und kurze Sprühverfahren verbessert werden. Die Einflüsse der Umgebung könnten durch Kameras mit höherer Framerate und Auflösung minimiert werden. Unreinheiten an den Kameras wurden in diesem Projekt bereits durch KI detektiert. In Zukunft soll ein System entwickelt werden, in dem Personal vor Ort über den Status der Kameras informiert wird, damit zeitnah eine Reinigung durchgeführt werden kann. Die Beobachtungen könnten auch mit anderer Wellenlänge untersucht werden, um Artefakte von Pathologien zu unterscheiden und unterschiedliche Pathologien zu differenzieren.

## **VII. Kommunikations- und Disseminationskonzept**

Darstellung, in welcher Weise die Ergebnisse kommuniziert oder verbreitet wurden, ggf. mit Verweis auf Veröffentlichungen und Angaben der Quellen.

Grundsätzliche Schlussfolgerungen (ggf. Fazit zur Eignung von EIP-Förderung zur Generierung von Innovation und Schließung von Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft) und eventuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP AGRI.

Auf das Projekt wurde auf der Website der OG-Leitung hingewiesen. Zudem wurden diverse Fachveranstaltungen besucht, die dazu dienten, sowohl weitere Kooperationspartner zu gewinnen, allerdings auch die bereits erreichten Ergebnisse Fachexperten gegenüber zu kommunizieren. Hierzu wurden u.a. die Angebote des Landwirtschaftsministeriums wahrgenommen (z.B. 1. September 2022 Agrarforschungstag NRW), um die erreichten Projektergebnisse bekannt zu machen. Weiterhin wurden die Projektergebnisse auch Ministerien und Projektpartner in anderen Bundesländern präsentiert (u.a. Landwirtschaftsministerium Niedersachsen und Brandenburg).