Sachbericht Teil I: Kurze Darstellung

1. **Ursprüngliche Aufgabenstellung, sowie wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde**

Ziel des Vorhabens war die optische Qualitätserkennung von Produkten der Lebensmittelindustrie mithilfe von künstlicher Intelligenz. Hierbei sollte mit unterschiedlichen Erkennungssystemen ein Hard- und Softwareprototyp realisiert werden, welcher ein generalisiertes System zur Qualitätserkennung für die Ernährungsindustrie erreichen soll. Dessen Funktionalität sollte anhand von vier Use-Cases erprobt und validiert werden. Darüber hinaus sollten auch wirtschaftliche Gesichtspunkte, die Nutzbarkeit im Rahmen der Lebensmittelverarbeitung und der Ergebnistransfer berücksichtigt werden. Dies führte zu den folgend formulierten Vorhabenszielen:

- Einbringung von Know-How für die Anwendungsfälle Putenkeule und -schnitzel
- Durchführung von Anwendertest in der Lebensmittelproduktion (Fleisch)
- Klassifizierung der Proben nach den Gesichtspunkten des momentanen Qualitätsstandards

Die Notwendigkeit der Entwicklung ergab sich dadurch, dass viele Unternehmen der Lebensmittelproduktion immer noch auf eine optische Kontrolle durch Mitarbeiter zurückgreifen müssen, um eine adäquate Produktqualität zu gewährleisten. Vereinzelt werden automatische Erkennungssysteme eingesetzt, die jedoch Insellösungen für spezifische Produkte darstellen und somit keine generalisierte Anwendung für die Ernährungsindustrie ermöglichen.

2. **Ablauf des Vorhabens**

Das Forschungsprojekt gliederte sich in 4 Arbeitspakete, wobei das vierte Arbeitspaket auf den Wissens- und Ergebnistransfer ausgerichtet war. Die anderen drei Arbeitspakete beschäftigten sich mit der Konfiguration, der Validierung sowie der Demonstration des Hard- und Softwareprototypen.

Der zeitliche Verlauf des Projektes ist im folgenden Diagramm dargestellt. In der zweiten Hälfte des Vorhabens ergaben sich Lieferengpässe einzelner Komponenten, wodurch sich die Realisierung des Hardwareaufbaus verzögerte. Dies machte eine Verlängerung der Projektlaufzeit erforderlich. Die rot gekennzeichneten Monate entsprechen dabei der aktualisierten Projektplanung im Vergleich zur ursprünglichen Planung (grau).

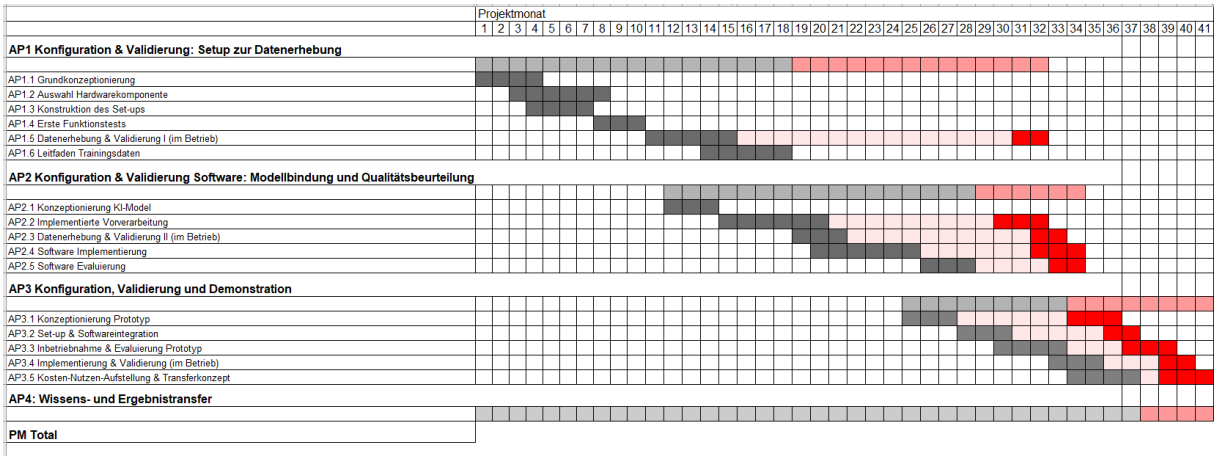

Abbildung 01: Darstellung Arbeitspakete des Forschungsprojektes

Grundsätzlich konnte das Projekt wie geplant durchgeführt werden. Es war möglich die einzelnen Arbeiten anhand der vorgegebenen Struktur abzuarbeiten, so dass alle Arbeitspakete des Vorhabens umgesetzt werden konnten.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Es konnte im Vorhaben ein generalisiertes System zur Erzeugung von Trainingsdaten zur optischen Qualitätskontrolle erstellt werden, wodurch in Verbindung mit einer einheitlichen Datenpipeline ein Demonstrator geschaffen wurde, der leicht auf unterschiedliche Anwendungsfälle der Lebensmittelproduktion überführt und hieran eine generelle Machbarkeit aufgezeigt werden kann. Anhand der Use-Cases Kartoffeln (geschält und ungeschält) sowie Putenprodukte (Keulen und Schnitzel) konnte der Aufbau im industriellen Lebensmittelumfeld validiert, die Eignung zur Qualitätskontrolle bewiesen, sowie die Überführbarkeit auf unterschiedliche Produkte und Prozesse dargestellt werden. Ferner konnte die Relevanz der eingesetzten Erkennungssysteme für die jeweiligen Produkte bzw. dessen Fehlerfälle bewertet werden, so dass Ableitungen zur Nutzung unterschiedlicher optischer Erkennungssysteme auf andere Produkte möglich werden. Dies reduziert den Aufwand für die Konzeptionierung entsprechender Umsetzungen.

Für die Use-Cases konnten industrierelevante Klassifizierungsgüten von 84,5% bei den Putenkeulen und 89% bei den Putenschnitzeln erreicht werden, so dass technische Umsetzungen möglich werden. Des Weiteren konnte das Erkennungssystem erweitert werden, wodurch die Eignung für z.B. automatisierte Sortierprozesse aufgezeigt wurde.

Die Zusammenarbeit im Projekt gestaltete sich größtenteils produktiv und ergebnisorientiert. Durch Ausscheiden eines Projektpartner ergab sich im Laufe des Vorhabens jedoch eine leichte Umstrukturierung des Konsortiums. Weiterhin gestaltete sich die Abstimmung zur mechanischen Umsetzung teilweise kompliziert, was ebenfalls zu Verzögerungen des Gesamtablaufs führte und ein erhöhtes Maß an Kommunikation erforderlich machte.

Sachbericht Teil II: Eingehende Darstellung

1. Im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Arbeiten

Die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Arbeiten von Heidemark, sowie die resultierenden Ergebnisse werden anhand des Arbeitsplans und den jeweiligen Arbeitspaketen dargestellt.

Arbeitspaket 1: Konfiguration & Validierung: Setup zur Datenerhebung

Das Arbeitspaket 1 gliederte sich in sechs Unterarbeitspakete und fokussierte die Umsetzung und Validierung einer Systematik zur einheitlichen Erzeugung von Daten zur optischen Qualitätskontrolle. Die Heidemark Mästerkreis GmbH & Co.KG war lediglich in Teilbereichen des APs beteiligt, so dass lediglich diese definiert beschrieben wurden.

Im Zuge von AP 1.1 wurden in einigen Workshops die wesentlichen Parameter der Putenprodukte und des Verarbeitungsprozesses diskutiert. Diese fortlaufende Unterstützung durch Produktwissen war die Grundlage für die Bewertungen der Putenprodukte in den folgenden Arbeitsschritten.

In AP 1.4 wurden Bildaufnahmen von den Putenprodukten als Testbilder aufgenommen. Hierfür wurden Testwaren mit spezifischen Fehlern identifiziert, aus der laufenden Produktion herausgenommen und dem DIL in definierten Chargen mit Zuordnung der Fehlerfälle zur Verfügung gestellt. Im Bereich der Putenkeulen lassen sich die Waren intern in die Kategorien in Ordnung, nicht in Ordnung (z.B. Federkiele, zu wenig Haut, Bluteinschlüsse) und amtlich gesperrt (z.B. durch Hämatome, grüne Stellen, gebrochene Knochen) einteilen.

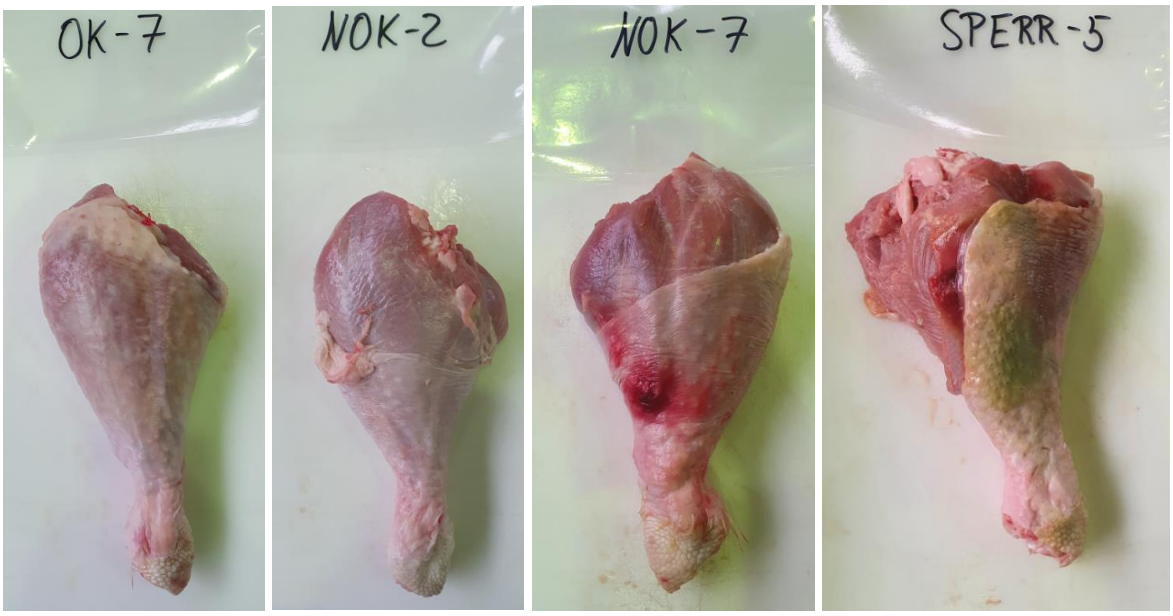

Abbildung 02: Putenkeulen unterschiedlicher Einordnung: in Ordnung (links); nicht in Ordnung (Mitte); amtlich gesperrt (rechts)

Bei den Schnitzeln lassen sich Klassen für die jeweiligen relevanten Fehler (Sehne, Blut, Fett, zerrissen) und in Ordnung bestimmen.

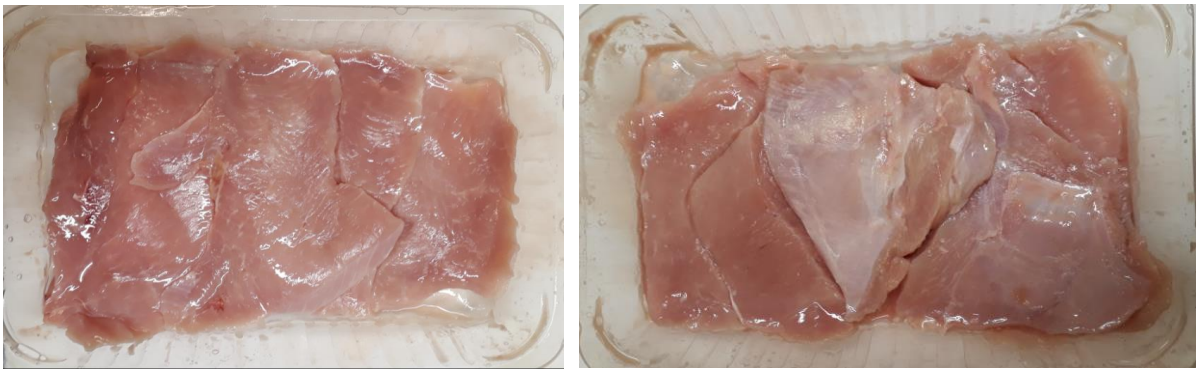

Abbildung 03: Beispielhafte Fehlerfälle bei Putenschnitzeln: Bluteinschlüsse (links) und Sehne/Fett (rechts)

Vorbereitend wurden daraufhin weitere Unternehmensbesichtigungen vorgenommen, um die Schnittstellen im Betrieb zu definieren. So wurden räumliche Möglichkeiten für die Platzierung des Demonstrators bestimmt, sowie mechanische und elektrische Anschlüsse definiert. Der Demonstrator wurde hierbei in einem Bypass-System in direkter Nähe der eigentlichen Produktionslinie platziert, um die logistischen Abläufe möglichst kurz zu halten. Dies ist notwendig, um durch Einhaltung der Kühlkette und möglichst geringe Handhabung eine anschließende Weiterverwertung der eigesetzten Produkte zu gewährleisten und einen nachhaltigen Versuchsablauf zu erreichen.

In AP 1.5 wurden nun die Datenerhebungen für Putenschnitzel in Trays und Putenkeulen vorgenommen. Auf Grund der vorgelagerten Verzögerungen wurden erneut Schnittstellen definiert und Positionen für die Stellfläche bestimmt. Der Anlagenort wurde in direkter Nähe der Produktion gewählt, um identische Bedingungen hinsichtlich der Temperatur zu erreichen und kurze Wege zu realisieren. Des Weiteren konnte die Zuführung der Waren in Kisten erfolgen und die Stromversorgung war gewährleistet. Auch wurde unnötiger Lebensmittelausschuss verhindert, da die Produkte nach der Datenaufnahme direkt weiterverarbeitet werden konnten.

Abbildung 04: Platzierung des Aufbaus mit Vermessung der Schnitzel in Trays

Heidemark koordinierte hier die fortlaufende Bereitstellung von frischen Produkten und die Zuordnung zu den definierten Klassen. Hierzu wurden neben guten Produkten gezielt schadhafte Produkte identifiziert und der Datenerhebung zugeführt. In der laufenden Produktion ergeben sich allerdings geringe Mengen fehlerhafter Produkte, so dass für die Datenerhebung gezielt Fehlprodukte erzeugt wurden. Hierzu wurden Schnitzel umgelagert oder umgedreht. Hierdurch wurden ca. 2500 Datensätze erhoben.

Arbeitspaket 2: Konfiguration & Validierung Software: Modellbindung und Qualitätsbeurteilung

Das Arbeitspaket 2 gliederte sich in fünf Unterarbeitspakete. Fokus dieses APs war die Umsetzung des Softwareprototyps mit anschließender Validierung. Durch die Umstrukturierung des Arbeitsplans im Zuge des Ausscheidens von SolaBonum war die Heidemark Mästerkreis GmbH & Co.KG in diesem AP lediglich begleitend durch Projekttreffen beteiligt.

Arbeitspaket 3: Konfiguration, Validierung und Demonstration

Das Arbeitspaket 3 gliederte sich in fünf Unterarbeitspakete. Kernziel war hierbei die Erweiterung des in den vorherigen APs entwickelten Demonstrators um Robotik, so dass ein gesamtheitlicher automatisierter Ablauf einer Lebensmittelverarbeitung anhand der Qualitätserkennung der Produkte aufgezeigt und eine Validierung für die Putenprodukt-Use-Cases erreicht werden konnte. Die Heidemark Mästerkreis GmbH & Co.KG ist hier im Kern in AP 3.4 beteiligt.

Zur Validierung eines automatisierten Klassifizier- und Sortiervorgangs mussten im Vorfeld zunächst Datensätze für den Anwendungsfall Putenkeule erhoben werden. Diese Erhebungen fanden erneut in der Produktionsstätte von Heidemark statt. Heidemark koordinierte die Zuführung der Produkte sowie die Versuche im eigenen Produktionsbetrieb. Auch hier wurden ca. 2500 Daten für die Klassen in Ordnung, Keulen mit Blutergüssen, Keulen mit Hautfehlern, sowie amtlich gesperrte Keulen erhoben.

Abbildung 05: Datenerhebung von Putenkeulen

In der Folge war nun auch die Validierung des gesamtheitlichen Prototyps direkt in der Produktionsstätte geplant. Durch Verzögerungen bei der mechanischen Fertigstellung des Gesamtaufbaus und den vorgelagerten Versuchen des Aufbaus konnten dies Versuche nicht mehr im zeitlichen Rahmen des Vorhabens bei Heidemark durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde die finale Validierung des Systems am DIL vorgenommen. Hierzu wurden durch Heidemark ausreichende Mengen frischer Ware unterschiedlicher Qualität im Produktionsprozess identifiziert und der Produktionslinie entnommen. Anschließend wurden die gekühlten Proben direkt zum DIL gebracht, so dass diese dort im frischen Zustand zur Validierung des Prototyps herangezogen werden konnten. Insgesamt wurden für Putenkeulen 484 (150 OK, 99 Hämatom, 100 Hautfehler, 135 amtlich gesperrt) und für Putenschnitzel 218 (70 OK, 48 Fett, 50 Blut, 50 unförmig) Proben zur Verfügung gestellt. Heidemark begleitete die Validierung und bewertete die Ergebnisse. Folgend werden die Ergebnisse der Validierung der Use-Cases Putenschnitzel und Putenkeule dargestellt.

Tabelle 1: Validierung Use-Case "Putenkeule"

Putenkeulen	Gesperrt	Hämatom	Hautfehler	OK
Gesperrt	80,74%	13,13%	1,00%	2,00%
Hämatom	14,81%	48,48%	0,00%	6,67%
Hautfehler	3,70%	6,06%	98,00%	16,67%
OK	0,74%	32,32%	1,00%	74,67%
Summe	135	99	100	150

Tabelle 2: Validierung Use-Case "Putenschnitzel"

Putenschnitzel	Blutig	Fett	OK	Unförmig
Blutig	88,00%	4,17%	0,00%	0,00%
Fett	4,00%	47,92%	4,29%	2,00%
OK	6,00%	31,25%	88,57%	6,00%
Unförmig	2,00%	16,67%	7,14%	92,00%
Summe	50	48	70	50

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass jeweils 3 Klassen der entsprechenden Systeme eine hohe Klassifizierungsgüte aufweisen und jeweils eine Klasse eine deutlich geringere Güte aufweist.

Bei Putenkeulen ist die Erkennung der Hämatome am schlechtesten. Dies ergibt sich, da viele der amtlich gesperrten Proben ebenfalls ein Hämatom aufweisen, wodurch diese Proben im Trainingsprozess in beide Klassen einsortiert wurden. Ein Hämatom ist ein zentrales Merkmal für den Veterinär anhand dessen er bestimmt, ob ein Schlachtkörper aussortiert werden muss. Folglich war in diesem Bereich eine gewisse Unsicherheit in der Bestimmung zu erwarten. Weiterhin ergibt sich in der Betrachtung von kleineren Hämatomen ein Toleranzbereich in dem entsprechende Proben nicht klar in die Klassen „OK“ oder „Hämatom“ einsortiert werden können. Dies ergibt sich auch im manuellen Prozess der Qualitätskontrolle, so dass in diesem Bereich unklare Klassifizierung zu erwarten waren. Insgesamt ist das Ergebnis der Validierung aber als gut zu bewerten, da nur sehr geringe Prozentsätze der falsch einsortierten Proben als problematisch betrachtet werden müssen.

Die Modelle der Klassifizierung gaben im Entscheidungsprozess neben der finalen Klasse auch die Wahrscheinlichkeiten zur Einordnung in die jeweiligen Klassen an. Bei Betrachtung einiger falsch eingeordneter Proben ist die Unsicherheit der Modelle durch die prozentuale Einordnung in die jeweilige Klasse deutlich ersichtlich. Oft liegen die Proben nämlich bei 40 bis 60% Übereinstimmung mit der ausgewählten Klasse, aber auch bei 30 bis 40% Übereinstimmung mit der zweiplatzierten Klasse. Das symbolisiert die Überschneidungen zwischen den Klassen. Folgend sind einige Klassifizierungsergebnisse beispielhaft dargestellt.

Abbildung 06: Putenkeule, eingeordnet als „Hämatom“, aber in Vorauswahl „amtlich gesperrt“

Abbildung 06 zeigt eine Keule, die von der KI in die Klasse Hämatom eingeordnet wurde, obwohl die Keule durch einen Schnitt als Klasse „amtlich gesperrt“ definiert wurde. Das klar zu erkennende Hämatom ist in diesem Fall jedoch der Grund für die amtliche Sperrung. Beispielhaft wurde diese Keule mit 63% in die Klasse Hämatom und 35% in die Klasse amtlich gesperrt einsortiert. Somit ist die Klassifizierung der Probe nicht als gänzlich falsch einzustufen.

Abbildung 07: Putenkeule, eingeordnet als „amtlich gesperrt“, aber in Vorauswahl „Hämatom“

Im Gegensatz hierzu ist in Abbildung 07 eine Keule dargestellt, die lediglich ein Hämatom aufweist, welche aber von der KI in die Kategorie „amtlich gesperrt“ eingeordnet wurde. Das erkennbare Hämatom ist jedoch nicht so ausgeprägt, dass eine amtliche Sperrung die Folge wäre. Hierdurch wäre diese Klassifizierung als fehlerhaft zu bewerten. Durch den Trainingsprozess in dem viele Keulen der Klasse „amtlich gesperrt“ ebenfalls in die Klasse „Hämatom“ eingruppiert wurden, ergibt sich hier ein Überschneidungsbereich, der durch größere Datenmengen zunehmen vermindert werden sollte.

Abbildung 08: Putenkeule, eingeordnet als „gut“, aber in Vorauswahl „Hämatom“

Abbildung 8 zeigt eine Keule mit Hämatom, die von der KI als gut klassifiziert wurde. Hier lässt sich erkennen, dass für die KI die blutunterlaufene Stelle am dünnsten Teil der Keule nicht groß genug ist, um die Entscheidung der KI adäquat zu beeinflussen. In der Produktion stellen solche Hämatome einen Toleranzbereich dar und werden durchaus als „OK“ bewertet. Dies ergab sich ebenso in den Trainingsdaten. Somit ist die Entscheidung der Klassifizierung in diesem Fall nicht als fehlerhaft einzustufen.

Bei Betrachtung aller Proben und einer nachträglichen Bewertung bzw. neu Einsortierung der Einzelfälle, wo die KI eine vermeintlich falsche Klassifizierung vorgenommen hat, ergibt sich eine Erhöhung der Klassifizierungsgüte auf 84,5%.

Tabelle 3: Validierung Use-Case "Putenkeule" mit Berücksichtigung von Toleranzbereichen

Putenkeulen	Gesperrt	Hämatom	Hautfehler	OK	
Gesperrt	80,74%	13,13%	1,00%	2,00%	
Hämatom	14,81%	48,48%	0,00%	6,67%	
Hautfehler	3,70%	6,06%	98,00%	16,67%	
OK	0,74%	32,32%	1,00%	74,67%	Summe
Summe	135	99	100	150	484
KI-Fehler	17	28	2	28	75
KI-Toleranzbereich	9	23	0	10	
Quote	87,41%	71,72%	98,00%	81,33%	84,50%

Bei der Validierung der Putenschnitzel konnte erkannt werden, dass eine Unsicherheit bei der Klassifizierung der fettigen Proben bestand. Die blutigen, unförmigen und guten Proben konnten mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit von mehr als 88% richtig eingeordnet werden, wohingegen bei den fettigen Proben nur etwa jede zweite Probe richtig einsortiert wurde. Hier kann man auch erkennen, dass die falsch klassifizieren fettigen Proben vor allem in die Klasse der guten Proben, aber auch der unförmigen Proben einsortiert wurden. In der Folge wurden diese Proben noch einmal manuell analysiert und hinsichtlich der

Entscheidungsmerkmale bewertet. Denn auch im Fall der Schnitzel ergibt sich ein Toleranzbereich in der Bewertung der Proben. So ist eine kleine Menge Fett an den Schnitzeln noch tolerierbar, was zu einer unklaren Grenze zwischen den Klassen führt. Entsprechende Beispiele der manuellen Analyse im Nachgang der Klassifizierung durch den Demonstrator sind folgend dargestellt.

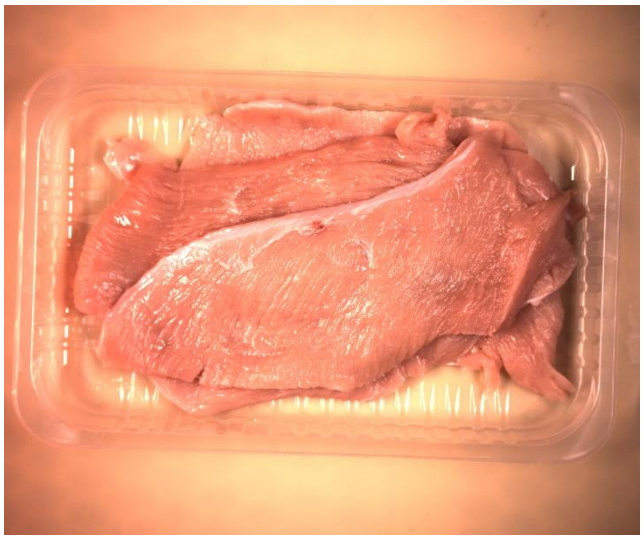

Abbildung 09: Putenschnitzel eingeordnet als „gut“, aber in Vorauswahl „fettig“

Abbildung 9 stellt eine Tray mit Schnitzeln dar, welche von der KI als „OK“ klassifiziert, im Vorfeld durch die Mitarbeiter jedoch als „fettig“ einsortiert wurde. Durch die lange Sehne im Außenbereich des obersten Schnitzels würde diese Probe auch in der industriellen Produktion eher ausgesondert werden, da dieses Fehlerbild bei der Verarbeitung, z.B. dem Panieren mit anschließendem Braten, durch den Sehnenbereich zu einem negativen Mundgefühl im Verzehr kommen kann. Somit wäre diese Klassifizierung eher als Fehler der KI einzustufen.

Abbildung 10: Putenschnitzel eingeordnet als „fettig“, aber in Vorauswahl „gut“

In Abbildung 10 ist hingegen lediglich ein kleiner Bereich an Fettrückständen auf der Probe zu sehen. Dieses Fehlerbild ist im Vergleich zu Abbildung 11 zu tolerieren, da lediglich ein kleiner oberflächlicher Bereich Fettanteile aufweist und somit keine negativen Eigenschaften für das gesamte Schnitzel erzeugt. Hierdurch wäre diese Probe nicht als klare Fehlentscheidung des Systems zu bewerten.

Abbildung 11: Putenschnitzel eingeordnet als „fettig“, aber in Vorauswahl „blutig“

In Abbildung 11 ist eine Probe dargestellt, welche als „Fett“ durch den Demonstrator klassifiziert wurde, im Vorfeld durch die manuelle Sichtung jedoch als „Blutig“ eingruppiert wurde. Hierbei ist ersichtlich, dass tatsächlich beide Fehlerfälle vorhanden sind. Es ist vergleichbar zu Abbildung 9 eine lange Sehne am obersten Schnitzel zu erkennen, die eindeutig zu einer Einsortierung in die Klasse „Fett“ führen würde. Gleichzeitig sind jedoch auch blutige Bereich zu erkennen, welche eine Klassifizierung als „Blutig“ zulassen würde. Somit ist das Ergebnis des KI-Modells für diese Probe nicht als falsch zu bewerten. Im industriellen Umfeld würden beide Fehlerfälle zu einer Ausschleusung mit anschließender Nacharbeit (Entfernen der Fehlerfälle) führen.

Werden nun alle nachträglichen Bewertungen der Proben in die Gesamtbetrachtung der Funktonalität der Klassifizierung einbezogen und lediglich klare Fehler berücksichtigt, so ergibt sich eine Erhöhung der Klassifizierungsgüte auf ca. 89%.

Tabelle 4: Validierung Use-Case "Putenschnitzel" mit Berücksichtigung von Toleranzbereichen

Putenschnitzel	Blutig	Fett	OK	Unförmig	
Blutig	88,00%	4,17%	0,00%	0,00%	
Fett	4,00%	47,92%	4,29%	2,00%	
OK	6,00%	31,25%	88,57%	6,00%	
Unförmig	2,00%	16,67%	7,14%	92,00%	Summe
Summe	50	48	70	50	218
KI-Fehler	5	13	4	2	24
KI-Toleranzbereich	1	12	4	2	
Quote	90,00%	72,92%	94,29%	96,00%	88,99%

Insgesamt kann die Klassifizierungsgüte für beide Anwendungsfälle als sehr gut bewertet werden. Diese würde bereits einen deutlichen Mehrwert für den Produktionsbetrieb zulassen. Eine Validierung mit einer größeren Stichprobe müsste die Ergebnisse jedoch noch einmal bestätigen. Eine Erweiterung der Trainingsdatenmenge sollte zusätzlich vorgenommen werden, um die Güten der Modelle weiter zu erhöhen und klare Fehler zu minimieren. Auch die Sortierung über Robotiksysteme stellt eine hohe Relevanz dar. Für den industriellen Einsatz müsste eine Steigerung der Taktgeschwindigkeiten perspektivisch durch Weiterentwicklungen erreicht werden, um dies in einem Automatisierungsprozess zu überführen.

Arbeitspaket 4: Wissens- und Ergebnistransfer

Im Berichtszeitraum wurde der Ergebnis- und Technologietransfer über unterschiedliche Wege vorgenommen. Dies in Abschnitt 6 näher dargestellt.

Hierbei ist zu erwähnen, dass der wesentliche Anteil des Wissenstransfers durch die Konsortialpartner durchgeführt wurde. Die Firma Heidemark hat die Maßnahmen in diesem Bereich des Vorhabens jedoch fortlaufend unterstützt.

2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Kosten des Vorhabens können im Wesentlichen in die Positionen Personalkosten, Materialkosten (Produktproben), sowie Reisekosten unterteilt werden. Durch eine Förderquote von 50% ergab sich ein entsprechender Eigenanteil der Firma Heidemark.

Kostenart	**Beträge**
Personalkosten	22.961,26 €
Gegenstände unter 800 € (Materialkosten)	1.661,40 €
Reisekosten	111,00 €
Eigenmittel des Antragsstellers	12.366,83 €
Gesamt	**24.733,65 €**

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Die durchgeführten Forschungsarbeiten in dem Forschungsprojekt Movi-Q und die dafür angewandten Ressourcen von Heidemark waren angemessen und notwendig. Die im Arbeitsplan aufgeführten Arbeitspakete konnten komplett und erfolgreich bearbeitet werden. Die eingesetzten Materialkosten zur Einbringung der Produktproben waren ebenso notwendig, um ausreichend Daten zu erheben und die dargestellten Projektergebnisse zu erzielen.

4. Voraussichtlicher Nutzen bzw. Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Erkenntnisse des Vorhabens lassen sich auf unterschiedlichste Weise im Umfeld des Unternehmens nutzen. Die Systematik kann neben den Anwendungen „Putenkeulen“ und „Putenschnitzel“ auf unterschiedliche weitere Produkte, Prozesse und Use-Cases abgebildet werden. Insgesamt stellt sich der Nutzen immer in der Steigerung der Güte der Qualitätserkennung und der möglichen Steigerung des Automatisierungsgrades z.B. durch nachgelagerte Sortierprozesse dar. Hier bieten die Erkenntnisse des Vorhabens enorme Möglichkeiten und der Entwicklungsansatz einer generalisierten Datenplattform ermöglicht generell Einsatzmöglichkeiten in der gesamten Lebensmittelproduktion. Speziell in der Produktion von Heidemark wurden bereits mehrere Stellen identifiziert, an denen die Technologie ebenfalls eingesetzt werden kann, denn durch den flexiblen Aufbau des Demonstrators kann das verwendete Schema ohne große Mehraufwände auf andere Produkte ausgeweitet werden. Ferner lassen die erprobten Use-Case bei Heidemark einen perspektivischen Einsatz für die Qualitätskontrolle von Schnitzeln und Keulen zu. Die Projektergebnisse haben eine industriell relevante Güte der Klassifizierungen aufgezeigt, so dass der Nutzen für die Produktion dargestellt werden konnte. Optimierungen und Weiterentwicklungen im Bereich der Taktgeschwindigkeit, der gleichzeitigen Bewertung von mehreren Produkten im Bildbereich, sowie der hygienegerechten Gestaltung der Gesamtanlage stellen eine direkte Verwertbarkeit der Ergebnisse bei der Firma Heidemark in Aussicht. Dies kann zum einen im Bereich der fortlaufenden Qualitätskontrolle erfolgen, so dass über die erstellte Systematik im laufenden Prozess bspw. Rückschlüsse über Lieferchargen und Bewertungen von Lieferanten erfolgen können, um so eine kontinuierliche Optimierung der Produktqualität und somit eine Minimierung der Ausschüsse zu erreichen. Dies stellt sowohl wirtschaftlich als auch hinsichtlich der Nachhaltigkeit eine deutliche Steigerung der Produktionsabläufe dar. Ferner lassen sich die Ergebnisse durch maschinenbauliche Erweiterungen für Automatisierungsprozesse in der Produktion einsetzen.

5. **Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Es sind keine essenziellen Entwicklungen durch andere Stellen bekannt, welche vergleichbare Ziele wie das Vorhaben „Movi-Q“ adressiert haben.

6. **Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse**

In der folgenden Tabelle sind die Veröffentlichungen zum Thema des Forschungsprojektes für das Gesamtkonsortium aufgelistet, die zum Teil durch die Firma Heidemark unterstützt wurden:

Titel der Veröffentlichung	**Art der Veröffentlichung**	**Ort der Veröffentlichung**	**Datum der Veröffentlichung**
Projekt Movi-Q startet am DIL	Onlineartikel - Pressemitteilung	DIL-Homepage	Mai 2021
Bonner Ernährungstage 2022 in Bonn	Präsentation und Poster	Präsentation T. Lameyer	31.08.-01.09.22
KI in der Landwirtschaft: Kurzfilm Movi-Q	Film	BMEL	November 2022
Projekttreffen und Datenerhebung bei Heidemark	Social Media Post	LinkedIN Post	Dezember 2023
DIL Technology Days 2024 in Quakenbrück	Präsentation	Präsentation J. Schröder	11. + 12.06.2024
Anwenderworkshop	Social Media Post	LinkedIN Post	August 2024