

Entwurf und Implementierung eines RFID-Temperaturkennzeichnungssystems für die Rückverfolgbarkeit von Agrarprodukten in der Kühlkette am Beispiel der Fleischprodukte in der Stadt Essen

Dr.-Ing. Alexander Goudz, M.Sc. Xinyue Liu

Abstract— Die Nachfrage nach temperaturgeführten Waren hat im Zusammenhang mit der weltweiten Coronapandemie allmählich zugenommen. Probleme mit der Lebensmittelsicherheit treten häufig in der Kühlkette für frische Lebensmittel auf. Um das Problem der Unterbrechung der Kühlkette und der unvollkommenen Temperaturüberwachung während des Transports landwirtschaftlicher Produkte zu lösen, werden in dieser Arbeit unter den landwirtschaftlichen Produkten die Fleischprodukte als Beispiel ausgewählt und ein System zur Verfolgung und Überwachung der Temperatur in der Kühlkette anhand von Basisdaten von 13 Marken von Fleischprodukten in der Stadt Essen und im Fleischverein Rhein-Ruhr sowie durch Fallstudien, quantitative Analysen und Umfragen entwickelt. In dieser Arbeit wird ein System für die Rückverfolgbarkeit von Fleischprodukten unter Verwendung aktiver RFID-Temperatur-Tags in der Kühlkettenlogistik in Essen, entworfen und der gesamte Implementierungsprozess des Systems beschrieben. Neben der Anzeige allgemeiner RFID-Tag-Informationen über Herkunft und Produktionsdatum des Fleisches enthält das System auch GPRS-Technologie und eine Webplattform, um Logistikunternehmen und Fleischproduzenten während des Logistikprozesses Temperaturinformationen in Echtzeit zu liefern. Dadurch können die internen Umweltüberwachungs- und Verfolgungsfunktionen der Kühlkettenlogistik weiter verbessert, die Gesamtqualität des Produkttransports in der Kühlkettenlogistik erhöht und Unterbrechungen der Kühlkette vermieden werden. Darüber hinaus wird die Nutzwertanalyse eingesetzt, um die Rationalität und die wirtschaftliche Eignung des entwickelten Systems zu bewerten.

Index Terms— RFID-Technologie, Kühlkette für Fleischprodukte, Rückverfolgbarkeit, Nutzwertanalyse

I. INTRODUCTION

Probleme mit der Lebensmittelsicherheit treten häufig in der Kühlkette für frische Lebensmittel auf. So rief beispielsweise Zimbo, eine deutsche Wurstmarke, im Februar 2021 ein in den Supermärkten von Kaufland verkauftes Wurstprodukt zurück.[1] Deutschland treten jedes Jahr viele ähnliche Kühlkettenprobleme auf. Daher ist es notwendig, ein System zu entwickeln, mit dem die Temperatur in der Kühlkette verfolgt und überwacht werden kann. Aus diesen Gründen ist es notwendig, moderne Technologien zur Sicherung der Lieferkette in Betracht zu ziehen. In der Logistik 4.0 wird auch vorgeschlagen, dass die verschiedenen Glieder der Lieferkette durch Informations- und Kommunikationstechnologien

miteinander verbunden werden. Durch Echtzeitinformationen können bei Abweichungen frühzeitig Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Wenn z. B. die Kühlkette von Lebensmitteln unterbrochen wird, ist deren Verkauf nicht möglich. [2] In der vorliegenden Arbeit wird ein System zur Rückverfolgbarkeit (RV) von Fleischprodukten in der Kühlkettenlogistik in Essen, Deutschland, behandelt, bei dem ein aktives RFID-Temperaturtag verwendet wird. Das System ermöglicht die Anzeige allgemeiner RFID-Tag-Informationen über die Herkunft, die Tierart, das Produktionsdatum und den Ort des Logistikflusses von Fleisch.

Der Begriff ‚Kühlkette‘ beschreibt eine Reihe voneinander abhängiger Ausrüstungen und Prozesse, die eingesetzt werden, um die Temperaturkonservierung verderblicher Waren und anderer temperaturkontrollierter Produkte von der Produktion bis zum Verbrauch in einem sicheren, gesunden und qualitativ hochwertigen Zustand zu gewährleisten. [3] Die Lebensmittelindustrie nutzt Kühl- und Gefrierprozesse als Mittel zur Konservierung von Lebensmitteln. Deren Kühlung wird während des Transports, der Verteilung im Einzelhandel und der Lagerung zu Hause fortgesetzt, um die Lebensmittel auf der gewünschten Temperatur zu halten. Dies sind wesentliche Schritte zur Aufrechterhaltung der Sicherheit, Qualität und Haltbarkeit von Lebensmitteln für den Verbraucher. Die Prozesse von der ersten Kühlung bis zur Lagerung im Haushalt bilden die ‚Kühlkette‘.[4] Die Kühlkettenlogistik für frische landwirtschaftliche Produkte ist auf die Logistikkette der Lebensmittellieferung bezogen, die Kühltechnik einsetzt, um kontinuierlich eine geeignete Temperatur- und Feuchtigkeitsumgebung für verderbliche Produkte wie Obst, Gemüse, Milchprodukte, Fleisch und Fisch aufrechtzuerhalten.[5] Im Durchschnitt besteht der Warenkorb der europäischen Verbraucher zu mehr als 60 % aus gekühlten und gefrorenen Lebensmitteln sowie aus Lebensmitteln, die ohne Wärmebehandlung verzehrt werden können. Außerdem nimmt die Bedeutung der Kühlkette durch die Globalisierung der Lebensmittelversorgung, der Lagerung, des Vertriebs und der Verarbeitung zu.[6]

Zu den grundlegenden Rechtsvorschriften der EU zur Lebensmittelsicherheit gehören das Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit und Verordnung (EG) Nr.178/2002 sowie die deutsche Lebensmittelhygiene-Verordnung (LMHV), die auf EU-Richtlinien basiert und die Grundprinzipien der Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelhygienevorschriften umfasst.[7] Weiterhin fordert

die Verordnung (EG) 178/2002 Art. 18, dass die Lebens- und Futtermittelunternehmer „Systeme und Verfahren einrichten, mit denen diese Informationen den zuständigen Behörden auf Aufforderung mitgeteilt werden können“. Für die Unternehmen der Lebensmittelbranche, die Administration und die Politik gibt es somit maßgebliche Gründe zur Einführung eines Rückverfolgbarkeitssystem. Hierzu zählen der Verbraucherschutz, die Schadensbegrenzung und die Vertrauensbildung. [8] Qualitätssicherung und RV sind inzwischen ein integraler Bestandteil der landwirtschaftlichen Struktur, da sie in Bezug auf Verbrauchervertrauen von entscheidender Bedeutung sind. Der Nutzen von RV-Systemen liegt für Verbraucher darin, dass durch die Existenz eines solchen System ist sichergestellt, dass die Informationen in der gesamten Kette verfügbar sind. Das relativ geringe Interesse der Verbraucher an der Abfrage der bereitgestellten Informationen lässt darauf schließen, dass bereits die Möglichkeit, diese Informationen im Bedarfsfall unkompliziert nachfragen zu können, ausreichend Sicherheit bietet.[9] Probleme der RV von Lebensmitteln entstehen besonders häufig an den Schnittstellen innerhalb der Wertschöpfungskette, beispielsweise denen zwischen Zulieferern und Landwirten, Schlachthöfen und Großhändlern sowie Handel und Konsumenten.[10]

Der Begriff RFID bedeutet übersetzt ‚Identifizierung durch Radiowellen‘. Diese Funktechnologie ermöglicht die berührungslose Übertragung von Informationen.[11] Im Bereich Logistik gibt es Forschungsarbeiten zur Optimierung von Abläufen mithilfe einer verteilten Simulationsplattform, durch die fortschrittliche RFID-basierte Güterverkehrssysteme entworfen werden sollen. Dies wird es dem Fahrzeugmanagement in der Logistik ermöglichen, mit globalen Positionierungssystemen (GPS) und geografischen Informationssystemen (GIS) zusammenzuarbeiten.[12] Es ist möglich, die Funktionalität in der Logistik durch den gleichzeitigen Einsatz von RFID und Barcodes zu erweitern oder das wissensbasierte Logistikmanagementsystem so zu gestalten, dass es Dienstleister bei kontextbezogenen Entscheidungen unterstützt.[13] Die RV liefert Informationen über den Ereignisverlauf, die Standorte oder die Anwendung der gekennzeichneten Elemente in der Lieferkette, einschließlich Ursprung und Ziel. Auf RFID basierende RV-Systeme werden derzeit untersucht, um die Kosten zu senken sowie den Kundenservice und die Entscheidungsfindung zu verbessern. Durch RFID werden verschiedene Anwendungen ermöglicht wie die RV in Lebensmittelversorgungsketten, z. B. RV-Systeme mit 2D-Strichcodes und RFID für Weizenmühlen. [14]

II. KÜHLKETTE FÜR AGRARPRODUKTE IN DEUTSCHLAND

Nach Angaben des VDKL (Verband Deutscher Kühllhäuser und Kühlllogistikunternehmen e.V.) lag die durchschnittliche Gesamtauslastung aller VDKL-Kühllhäuser für das Jahr 2021 bei 80,7 %. Zu den Mitgliedern gehören Logistikdienstleister, Industrie- und Handelsunternehmen sowie Zulieferer (z. B. DHL, Eurofresh und andere bekannte Logistikunternehmen). Im Bereich der gewerblichen Kühllhäuser deckt der Verband mit seinen Mitgliedern mehr als 80 % des gesamten deutschen

Marktes ab. Daher wird eine allgemeine Analyse der grundlegenden Situation der Kühllkette in Deutschland unter Verwendung von Daten zur Kühllkette des VDKL vorgenommen.

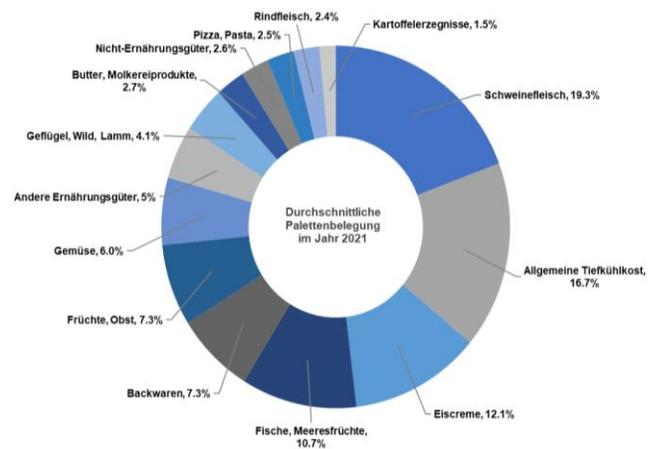


Fig.1 Durchschnittliche Kühllhauspalettenbelegung von VDKL im Jahr 2021. (Eigene Darstellung)

Fig. 1 zeigt die durchschnittliche Belegung der Kühllhauspaletten beim VDKL für jede Warengruppe im Jahr 2021. Mit 19,3 % war Schweinefleisch die Kategorie mit dem höchsten Anteil. Zu den Kategorien für Fleischprodukte gehören: Schweinefleisch (19,3%), Geflügel, Wild, Lamm (4,1%) und Rindfleisch (2,4%). Mit 25,8 % aller Warenkategorien waren Fleischprodukte ein bedeutender Bestandteil.

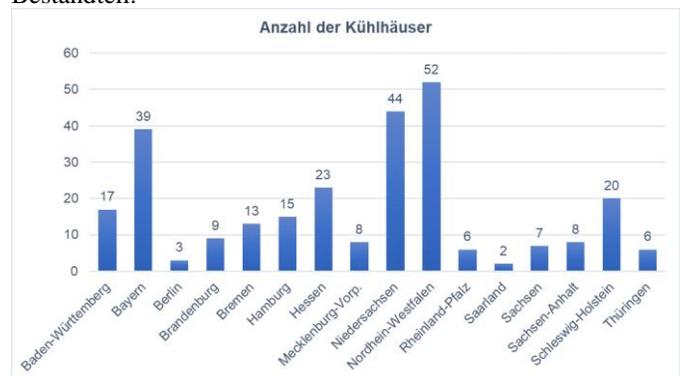


Fig.2 Verteilung der Lager- und Einfrierkapazität gewerblicher VDKL-Kühllhäuser in Deutschland 2021 (Eigene Darstellung).

Fig.2 zeigt die Anzahl der Kühllhäuser in jedem Bundesland. Die meisten Kühllhäuser sind in Nordrhein-Westfalen (52) vorhanden, im Saarland hingegen nur 2. Es gibt 5 Bundesländer mit 20 und mehr Kühllhäusern (Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein). Diese Bundesländer verfügen über 65,4 % der Kühllhauskapazität in Deutschland.

Aufgrund derzeit fehlender Möglichkeiten zur Temperaturüberwachung auf Bahnwagons ist der Lkw das Hauptverkehrsmittel zum Transport kühlpflichtiger Waren. Im Bereich des Kühltransports kann vor allem die Anzahl der Kühlfahrzeuge betrachtet werden.

III. ENTWURF DES SYSTEMS

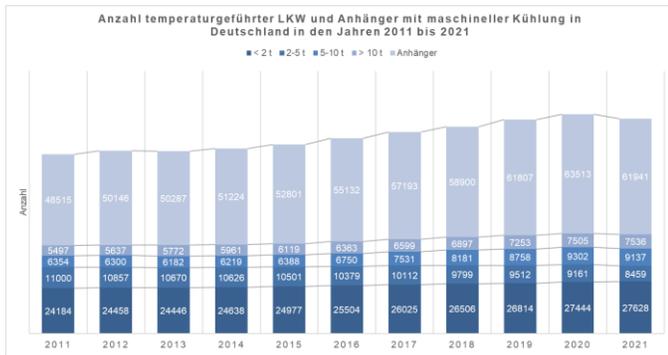


Fig.3 Anzahl temperaturgeführter Lkw und Anhänger mit maschineller Kühlung in Deutschland (Eigene Darstellung).

Wie aus den Abbildungen 12 hervorgeht, nehmen die Zahl der Kühlfahrzeuge zu. Dies zeigt, dass die Nachfrage nach Kühlkettenlogistik in Deutschland von Jahr zu Jahr steigt und dass auch die Kühlkettenlogistikkapazität mit jedem Jahr wächst. Es ist jedoch festzustellen, dass die Zahl der temperaturgeführten Lkw und Anhänger sowie die Kapazität der Anlagen im Jahr 2021 leicht abnahm, was möglicherweise durch die Coronapandemie beeinflusst wurde.

Und Lebensmittelskandale führen zu einem Vertrauensverlust in Teilen der Bevölkerung. Vielfach werden die Qualität und Sicherheit der Lebensmittel in Frage gestellt. Dabei sind insbesondere solche Vertrauensmerkmale wichtig, die der Verbraucher nicht mehr selbst am Produkt bestimmen kann. Infolgedessen steigt die Nachfrage nach Lebensmitteln von Seiten des Lebensmitteleinzelhandels und einiger Verbraucher, die entsprechende Sicherheits- und Qualitätsmerkmale aufweisen.[15] Zum Beispiel rief im Februar 2021 in Deutschland das Unternehmen Kaufland Zimbos ‚Leberwurst fein‘, wegen einer Unterbrechung der Kühlkette zurück. Es wurde berichtet, dass die Kühlkette für das Produkt mehrere Tage lang unterbrochen war. Es hieß, das Produkt sei wahrscheinlich zum Zeitpunkt des Kaufs verdorben und könne gesundheitsschädlich sein sowie bei Verzehr Magenprobleme oder Durchfall und Erbrechen verursachen.

Nach Angaben des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit ist die Zahl der Lebensmittelrückrufe in Deutschland in den letzten Jahren deutlich gestiegen: von 100 im Jahr 2015 auf 282 im Jahr 2021. [16] Viele dieser Rückrufe von Fleisch oder Fleischerzeugnissen wurden mit Unterbrechungen in der Kühlkette in Verbindung gebracht. Bei diesen Produkten wurde eine bakterielle Kontamination festgestellt, die auf die Nichteinhaltung der Transport- oder Lagertemperaturen zurückzuführen war.

Neben den üblichen Unterbrechungen der Kühlkette muss auch die Kontamination innerhalb der Kühlkette im Zusammenhang mit neuen Coronaviren berücksichtigt werden. Essenziell ist auch, dass die Mitarbeiter innerhalb der Kühlkette gesund bleiben. Im Jahr 2020 wurde bei mehr als 1000 Mitarbeitern des fleischverarbeitenden Unternehmens Tönnies Group in Nordrhein-Westfalen eine Infektion mit COVID-19 festgestellt. Eine Untersuchung durch Gesundheitsexperten in der Anlage ergab, dass sich durch das Kühlsystem SARS-CoV-2 über Aerosole verbreiten konnten. Dies ist ein neuer Risikofaktor.[17]

A. Fleischprodukten in Essen

Im Jahr 2021 produzierten 240 Betriebe in Nordrhein-Westfalen Fleisch und Fleischerzeugnisse im Wert von 10,2 Milliarden Euro. Der Anteil des industriell erzeugten Fleisches und der Fleischerzeugnisse in Nordrhein-Westfalen am Bundesergebnis betrug 28,6 %. Fleischerzeugnisse aus Nordrhein-Westfalen sind ein wesentlicher Bestandteil der deutschen Fleischindustrie und versorgen die meisten Städte mit Fleischprodukten. Essen ist eine der bedeutendsten Städte des Ruhrgebiets und des Landes Nordrhein-Westfalen.

Tabelle I: Verteilung der Fleischerei in verschiedenen Bezirken von Essen (Eigene Darstellung).

Stadtbezirk	Fleischerei	Gesamtzahl
Stadtmitte/Frillendorf	SC04	1
Rüttenscheid / Bergerhausen	BU01	2
	GR02	
Essen-West	GR01	4
	OH01	
	SC03	
	UP01	
Borbeck	BI01	2
	SC01	
Altenessen / Karnap / Vogelheim	KH01	1
Zollverein	SC08	2
	UK01	
Steele / Kray	JÖ01	4
	SC06	
	OV01	
	UN01	
Essen-Ruhrhalbinsel	BU02	3
	SC02	
	SC07	
Werden / Kettwig / Bredeney	MI01	4
	SC05	
	SC09	
	BR01	

Dem Fleischerinnung Rhein-Ruhr gehören die Fleischereien von Essen, Mülheim, Oberhausen und Kreis Wesel an. In der Stadt Essen gibt es 13 Fleischereien Marke, 23 Filialen insgesamt. Die Stadt Essen besteht aus neun Bezirken. Die Verteilung der Fleischereien in den verschiedenen Stadtbezirken ist in Table 1 dargestellt. Beispielsweise steht SC04 für die vierte Filiale der Fleischerei SC. Die Filiale befindet sich im Stadtbezirk Stadmitte/Frillendorf. In dem Bezirk gibt es insgesamt eine Fleischerei.

B. Die Bedeutung des Systementwurfs

Fleisch ist ein verderbliches Produkt mit kurzer Haltbarkeit und beschränkter Vermarktungszeit. Das Kühlkettenmanagement bei der Fleischversorgung ist daher von entscheidender

Bedeutung für die Erhaltung der Qualität und Sicherheit von Fleisch und Fleischerzeugnissen. Unverarbeitetes Fleisch oder Fleischerzeugnisse können das Wachstum pathogener Mikroorganismen oder Bakterien begünstigen und sollten daher auf einer Temperatur gehalten werden, die keine Gesundheitsrisiken birgt. Die Kühlkette sollte an keiner Stelle der Fleischvertriebskette unterbrochen werden. Darüber hinaus ist die Einführung der Temperaturüberwachung in der Kühlkettenlogistik sowohl ein Erfordernis der Lebensmittelsicherheitsvorschriften als auch eines für die Entwicklung von Logistiktechnologie und -management. Gemäß den Lebensmittelsicherheitsvorschriften und dem HACCP-Konzept können Echtzeitüberwachung und Frühwarnung bei Temperaturveränderungen in der Kühlkettenlogistik kontinuierliche Temperaturaufzeichnungen erstellen und dynamisch überwachen, ob die Temperatur der Lebensmitteltransportumgebung die Norm überschreitet. Mit der Weiterentwicklung der Logistiktechnologie und dem Konzept der Logistik 4.0 werden höhere Anforderungen an die Temperaturüberwachungstechnik gestellt. Herkömmliche Methoden der Temperaturerfassung können den Bedarf an Echtzeit- und dynamischer Überwachung schneller Logistikinformationen nicht mehr erfüllen. Die RFID-Technologie kann wegen ihrer schnellen, bequemen und drahtlosen Übertragung von Temperaturerfassungsdaten die Automatisierung der Temperaturüberwachung in der Kühlkettenlogistik verbessern.

C. Aufbau des Systems

Das grundlegende Informationsmanagement ist dargestellt, in dem die feste Nummerierung von Mitarbeitern, Fahrzeugen und RFID-Tags implementiert ist. Das Modell der Chargenverwaltung wird für die Verfolgung der Temperaturinformationen verwendet. Das Temperaturverwaltungsmodul vervollständigt die Funktion der Datenverwaltungsabfrage; das Systemwartungs-Verwaltungsmodul wird verwendet, um Wartungsfunktionen wie Systemaktualisierung und Benutzerverwaltung anzuwenden. Als Reaktion auf eine mögliche Kontamination der Kühlkette durch neue Coronaviren können die Quellen der Viruskontamination in der Kühlkettenlogistik in folgende Kategorien eingeteilt werden: Wachstumsumgebung, Kühlagerungsumgebung, Handhabungsausrüstung, Kühlkettentransport-ausrüstung, Kühlkettenverteilungs-ausrüstung und zugehöriges Personal, wobei die Kühlkettenwaren das Kernstück bilden. Diese Informationen können im Basisinformationsmodul gespeichert werden.

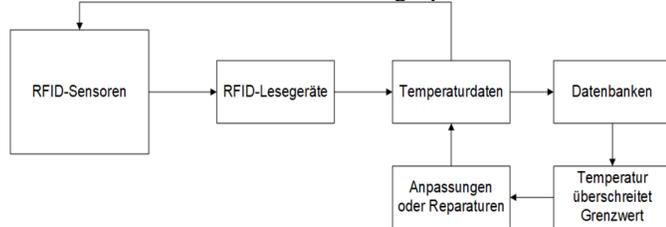


Fig.4 Struktur des Kühlketten-Temperaturregelungssystem (Eigene Darstellung).

Durch RFID-Temperaturetiketten kann die digitale Identifizierung mit einem Temperatursensor und einem

Temperaturaufzeichnungssystem kombiniert werden. Die Identifizierung des überwachten Materials erfolgt über das digitale Etikett, der Temperatursensor erfasst die Umgebungstemperatur des Fleischprodukts und das Temperaturaufzeichnungssystem ermittelt eine große Menge an Temperaturdaten. Die aufgezeichneten Informationen sind auch transparenter und können den Bedarf an Temperaturkontrollgeräten in bestimmten Fleischtransportumgebungen bis zu einem gewissen Grad verringern. Gleichzeitig verfügt das RFID-Temperatur-Tag über eine große Datenspeicherkapazität, um Temperaturdatenstatistiken sichern und den gesamten Zyklus der Kühlkettenlogistikmaterialien senden zu können.

Bei der Auswahl der RFID-Etiketten wurden passive RFID-Temperatur-Etiketten gewählt, wobei die Betriebskosten des Temperaturüberwachungssystems und die Batterieleistung der RFID-Etiketten berücksichtigt wurden. Daher verwendet das System ein Kanallesegerät, um die Temperaturdaten des RFID-Tags schnell und einfach auszulesen. Je nach Temperaturbereich der Produkte der Kühlkettenlogistik wird der Messbereich des Temperatursensors in der Regel mit $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ gewählt.

Die RFID-Temperaturmarken werden mit festgelegten Parametern an den Kisten mit den Fleischerzeugnissen angebracht und begleiten sie während des gesamten Transportvorgangs. Das RFID-Tag überträgt dann die internen Temperaturdaten über einen Empfänger an eine Datenbank für den Hersteller und Händler, wenn die mit dem RFID-Tag versehene Ware den Erfassungsbereich der Antenne passiert. Es dient zur Aufzeichnung und Speicherung der Temperatur von Fleischprodukten während des gesamten Lagerungsprozesses vom Lieferanten bis zum Verbraucher. Auf diese Weise deckt das RFID-Kühlketten-Temperaturüberwachungssystem das gesamte Kühltransportsystem außerordentlich gut ab. Auf jedem Transportfahrzeug ist ein drahtloses GPRS-Übertragungssystem installiert. Während der Fahrt des Fahrzeugs zeichnen die RFID-Temperatur-Tags an den Verpackungskisten nicht nur die Temperaturänderungen auf, sondern übermitteln diese auch in Echtzeit über das GPRS-Netz an das System.

Wenn der Temperatursensor im RFID-Tag feststellt, dass die Außentemperatur den begrenzten Temperaturbereich des Fleischprodukts überschreitet, sendet er einen Alarm an das Logistik- und Vertriebspersonal. Das Logistik- und Vertriebspersonal passt die Temperaturbedingungen an oder kühlt den Kühlwagen rechtzeitig ab.

D. Entwurf zur Rückverfolgbarkeit

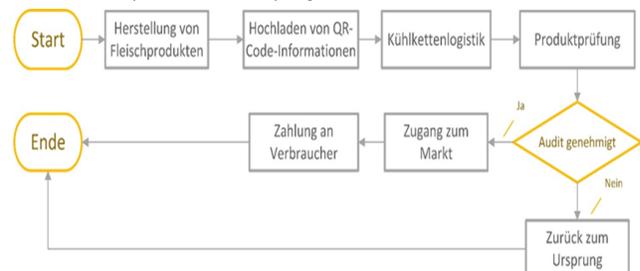


Fig.5 RV der Kühlkette von Fleischprodukten in Essen (Eigene Darstellung).

1. Der erste Schritt des RV-Systems besteht darin, dass sich der Lieferant des Fleischerzeugnisses in das System einloggt und die Herkunft, die Menge, das Produktionsdatum und die Haltbarkeitsdauer des Produkts in die Datenbank des Systems eingibt. Dieses generiert eine 14-stellige Nummer für das Fleischprodukt.

2. Im zweiten Schritt loggt sich der Fahrer oder das Logistikunternehmen nach dem Transport der Fleischprodukte in das System ein und wählt dort die Funktion ‚Transport starten‘, um den Transport durchzuführen. Die für die Kühlkettenlogistik zuständigen Fahrzeuge sind mit RFID-Transpondern ausgestattet, so dass die Temperatur im Fahrzeuginneren innerhalb des für die Lagerung von Fleischprodukten optimalen Temperaturbereichs gesteuert werden kann.

3. Im dritten Schritt, wenn das Fahrzeug im Supermarkt, auf dem Markt oder im Unternehmen eintrifft, werden die Fleischprodukte von Mitarbeitern aus verschiedenen Abteilungen anhand der Produktchargeninformationen kontrolliert. Diejenigen, die die Prüfung bestehen, kommen in die nächste Phase, andernfalls werden sie abgelehnt. Diejenigen, die die Kontrolle nicht bestehen, werden an ihren Herkunftsort zurückgeschickt.

4. Im vierten Schritt, wenn das Fleischprodukt den Verbraucher erreicht, kann dieser die Herkunft des Produkts, die Haltbarkeitsdauer und die Echtzeit-Temperaturänderungen der Umgebung, in der sich das Produkt während des Logistikprozesses befand, über den QR-Code oder durch Eingabe des Codes auf der Website abrufen.

E. Grenzen der Wirtschaftlichkeit von faltbaren Containern

Ausgehend von den Merkmalen von Fleischprodukten und der tatsächlichen Situation beim Transport in der Kühlkette wird das frische Hähnchenschenkel-Produkt A in einem Kühlfahrzeug in Essen als Beispiel für die Überwachung und Kennzeichnung der Produkte im selben Fahrzeug verwendet. In Kombination mit internationalen Codes wurde der Temperaturabfragecode entworfen, dessen Struktur auf Fig.6 dargestellt ist. Der Code ‚Kennung + Unternehmenscode + Produktnummer + Kühlfahrzeug + Produktionsdatum des Produkts‘ enthält die Informationen über ein Fleischprodukt des Typs 012, das am 15. April 2022 vom Unternehmen 005 in Essen hergestellt und in einem Kühlwagen mit der Nummer 13 transportiert wurde. Mit diesem Code kann die Temperaturaufzeichnung des Produkts überprüft werden.

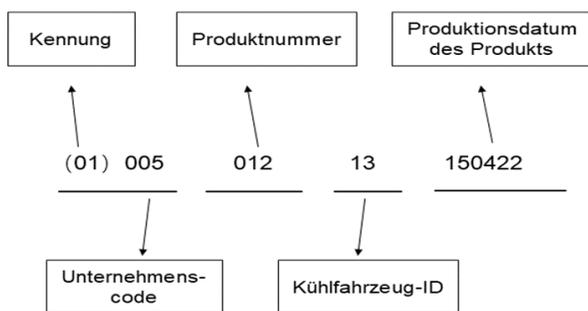


Fig.6 Struktur des Kühlketten-Temperaturregelungssystems (Eigene Darstellung).

Tabelle II: Unternehmenscode 001-015 (Eigene Darstellung).

Fleischerei	Unternehmenscode
BU01	001
BU02	002
BI01	003
GR01	004
GR02	005
JÖ01	006
KH01	007
MI01	008
OH01	009
SC01	010
SC02	011
SC03	012
SC04	013
SC05	014
SC06	015

Tabelle III: Produktnummer von Fleischerei GR02 (Eigene Darstellung).

Produkt	Produktnummer
Rinderfiletsteak	001
Kalbsmedaillons	002
Rindergulasch	003
Rindermarkknochen	004
Rinderschlemmeröllchen	005
Schweineschnitzel	006
Schweinefilet	007
Schweine Geschnetzeltes	008
Schweinenackensteak	009
Schweineschlemmeröllchen	010
Hähnchensteak	011
Hähnchenschenkel	012
Hähnchenflügel	013
Hähnchen Unterkeulen	014
Hähnchenbrustfilet	015

Die Produktnummern sind nach verschiedenen Arten von Fleisch und Fleischprodukten unterteilt, wie z. B. Schweinefleisch, Rindfleisch, Hähnchen. Da jeder Fleischerei unterschiedliche Produkte anbietet, entspricht die Produktnummer eines jeden Unternehmens einem anderen Produkt. In Tabelle 8 wird am Beispiel der Fleischprodukten und des Fleisches der Fleischerei GR02 nummeriert.

Die Codes für Kühlfahrzeuge können nach der Kapazität des Kühlfahrzeugs (z. B. 2,8 Tonnen, 3,5 Tonnen und 7,2 Tonnen) und der Art des Fahrzeugs unterschieden werden. In Tabelle 9 sind insgesamt 15 Kühltransporter aufgeführt. Neun dieser Kühlwagen haben eine Kapazität von 3,5 Tonnen. Diese neun Kühlfahrzeuge mit einem Ladevolumen von 3,5 Tonnen

können wiederum je nach ihrem Fahrzeugtyp in drei Kategorien eingeteilt werden.

Tabelle IV: Kühlfahrzeug-ID (Eigene Darstellung).

Kühlfahrzeug	ID
Gruppe 2,8t FD/TK Kasten	01
	02
	03
	04
	05
Gruppe 3,5t FD/TK Kasten	06
	07
	08
	09
Gruppe 3.5t Koffer (Heckportal)	10
	11
Gruppe 3,5t Koffer (Rampe)	12
	13
	14
Gruppe 7,5t Koffer	15

Anhand der Table II, III und IV kann die Bedeutung von Code (01)005001213150422 nun im Einzelnen erläutert werden. Er enthält die Informationen über die Hähnchenschenkel (Produktnummer012), die am 15. April 2022 vom Fleischerei GR02 (Unternehmenscode 005) in Essen hergestellt und in einem Kühlwagen mit 3,5t (Kühlfahrzeug-ID 13) transportiert wurde. Auf jedem RFID-Tag ist eine elektronische ID gespeichert, die das Lebensmittel eindeutig identifiziert und anhand derer festgestellt werden kann, zu welchem Lebensmittel das Tag gehört. Die vom Temperatursensor ermittelten Temperaturdaten werden in einer Speicherzelle im RFID-Tag in einem Zeit-Temperatur-Format gespeichert und vom RFID-Lesegerät ausgelesen und geleert, wenn das Tag im Lager oder Distributionszentrum eintrifft.

Das RFID-Temperatur-Tag lädt die Temperaturdaten in eine Datenbank hoch. Der Hersteller kann die Temperaturerfahrungen des Produkts über den Barcode abfragen, wobei die Ergebnisse visuell als Temperaturdaten angezeigt werden können. Der Verbraucher kann die Daten dann direkt durch Scannen des QR-Codes abrufen. In der Praxis kann über die Temperaturmanagement-Schnittstelle der Barcode des Produkts in das System eingegeben werden, um den Temperaturverlauf des Produkts während des Kühlkettenlogistikprozesses abzufragen, wodurch die Produktinformationen transparenter werden und die Anforderungen von Unternehmen und Verbrauchern an die RV der Lebensmittelsicherheit erfüllt werden.

Die Quelle der Temperaturdatenbank erfordert eine bordeigene Terminalstruktur. Das fahrzeugmontierte Terminal überträgt die von den zentralen Funktionsmodulen gesammelten Informationen über Umgebungstemperatur, GPS-Ortung und Ladung an den Server der Fernüberwachungszentrale über das drahtlose GPRS-Netz, um die Datenerfassung und -übertragung zu ermöglichen. Der im Fahrzeugterminal installierte LCD-

Bildschirm zeigt alle im aktuellen Zustand erfassten Daten in Echtzeit an. Mit Hilfe der drahtlosen GPRS-Netzwerktechnologie werden alle gesammelten Dateninformationen an die Fernüberwachungszentrale oder an ein mobiles Endgerät zur Verfolgung und Abfrage des Kühlfahrzeugs übertragen. Im Folgenden wird am Beispiel des Fleischprodukts A der Betriebszustand eines Fernüberwachungssystems für die Kühlkettenlogistik während des gesamten Kühlkettenprozesses simuliert. Fleischprodukt A wird aus dem Werkslager in das Kühlfahrzeug verladen, während Informationen wie die Mengenbezeichnung der Ware in das Managementsystem eingegeben werden. Während des Logistiktransports kann die Überwachungseinrichtung über das drahtlose Netzwerk Abfragen an das Fahrzeugterminal senden, um Informationen über die aktuellen internen Daten des Wagens zu sammeln. Wenn das drahtlose GPRS-Kommunikationsmodul die Abfragemeldung empfängt, sendet es die GPS-Positionsdaten und die durch RFID erfassten Umgebungstemperaturdaten an das Fernüberwachungsterminal

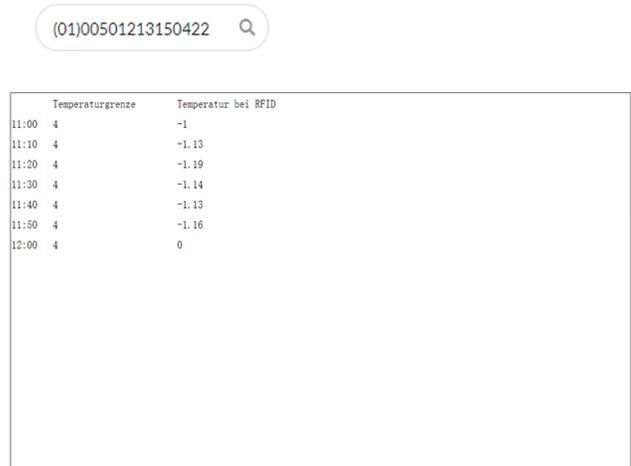


Fig.7 Temperaturbereich (Eigene Darstellung).

Wie auf der Fig.7 ersichtlich, kann nach Eingabe des Barcodes für die Abfrage der Produkttemperatur und einem Klick auf die Abfrageschaltfläche die Temperatur, die das Produkt während des Kühlkettentransports erfahren hat, abgefragt sowie in digitaler und grafischer Form angezeigt werden. Als Beispiel wird das Produkt A mit der Nummer (01) 00501213150422 aus Abschnitt 5.1 eingegeben und es werden die zugehörigen Temperaturdaten für dieses Produkt am 15. April 2022 zwischen 11 und 12 Uhr gesucht. Die maximale Temperaturgrenze für dieses Produkt beträgt 4 °C, d. h. 4 °C ist der Wert, bei dessen Überschreitung ein Alarm ausgegeben wird.

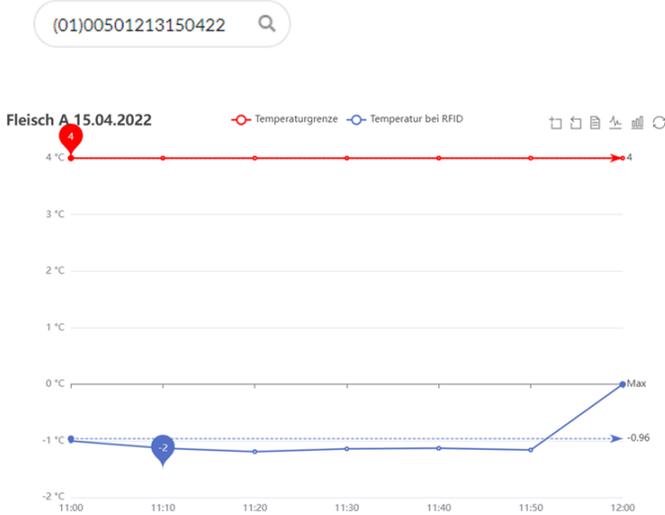


Fig.8 Suchergebnisse für Temperatur (Eigene Darstellung).

Fig.8 ist grafisch dargestellt, dass das überwachte Produkt innerhalb der normalen Temperatur liegt. Der Temperaturbereich des überwachten Produkts liegt innerhalb des normalen Temperaturbereichs, was den Anforderungen der Überwachung von Logistikprozessen entspricht.

Das in dieser Arbeit entworfene System zur RV von RFID-Temperaturen in der Kühlkettenlogistik umfasst ein WEB-Terminal und ein mobiles Terminal. Da die Fahrzeuge der Kühlkettenlogistik und die Qualitätskontrollure mobile Kontrollen von Fahrzeugen und Fleischprodukten durchführen müssen, wird das mobile häufiger verwendet als das WEB-Terminal.

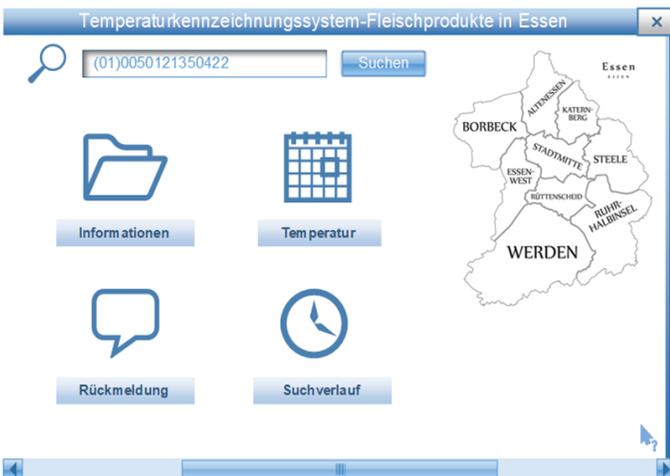


Fig.9 Startbildschirm des mobile RV-Systems



Fig.10 Bildschirm mit Produktinformationen des mobile RV-Systems (Eigene Darstellung).

Nutzer, die die Qualität von Fleischerzeugnissen zurückverfolgen müssen, brauchen sich nicht zu registrieren, um die RV zu erreichen, so dass die Nutzung des Systems simpel ist. Angenommen, ein Zusteller eines Logistikfahrzeugs oder ein Inspektor muss mit den Daten des Etiketts arbeiten, dann kann er sich mit seinen persönlichen Daten anmelden und unter verschiedenen Bedingungen Produktinformationen hinzufügen, löschen, prüfen usw.

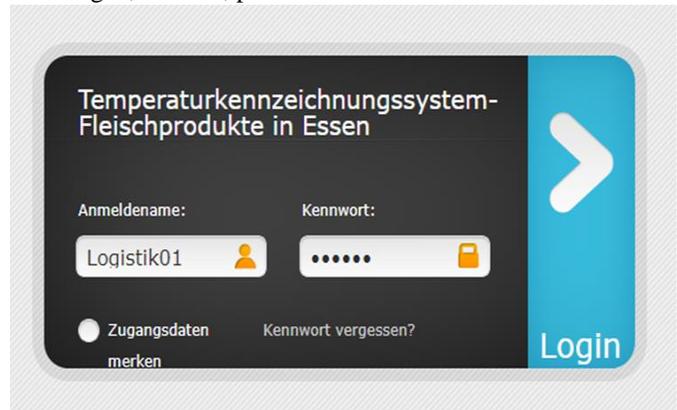


Fig.11 Anmeldebildschirm des Systems (Eigene Darstellung).

In der in Fig.12 gezeigten Funktion können der Informationsschreiber und der Inspektor die Fleischproduktinformationen nach dem Scannen prüfen, um Ergebnisse zur Qualitätsprobenahme einer Charge von Fleischprodukten zu erhalten. Die Ergebnisse werden als Grundlage verwendet, um zu beurteilen, ob die Probenahme bestanden wird. Wenn sie nicht bestanden wird, müssen die Gründe für die Ablehnung in das interne Verwaltungsmodul eingegeben werden.



Fig.12 Bildschirm der Personalfunktionen des Systems (Eigene Darstellung).

Die vom System bereitgestellte Temperaturinformationsmanagementfunktion ermöglicht den Informationsaustausch zwischen dem Unternehmen und den nachgelagerten Bereichen der Lieferkette. Die Transparenz der Informationen über die Lieferkette kann verbessert werden. Durch das vom System bereitgestellte Terminal-Auskunftssystem sind Verbraucher in der Lage, Veränderungen bei der Qualität und Sicherheit während des Logistikprozesses zu verstehen, was das Vertrauen der Verbraucher stärkt. Gleichzeitig werden RFID-Etiketten als Überwachungsinstrument eingesetzt, indem Temperatursensoren in den Kühlboxen mit variabler Temperatur und in den Kühlfahrzeugen für Lagerung und Transport installiert werden. Die traditionelle Verwaltungsmethode, bei der die Temperaturdaten manuell ermittelt werden, wird in eine Verwaltungsmethode der intelligenten Überwachung durch drahtlose Sensorik umgewandelt. In Verbindung mit der Temperaturüberwachung während der Verarbeitung und Lagerung von Fleischprodukten entsteht so ein temperaturbasiertes Qualitäts- und Sicherheitskontrollsystem für den gesamten Fleischwarenprozess.

IV. BEWERTUNG UND VORBEREITUNG DES SYSTEMS IN ESSEN

A. Bewertung des Systems durch Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist ein Instrument, um subjektive Einschätzungen zu nur nicht monetär abbildbaren Aspekten einer Investition transparent zu machen. Dadurch wird eine über die Nutzwertanalyse fundierte Entscheidung intersubjektiv nachprüfbar.[18] In der nun folgenden Nutzwertanalyse sollen die Ist-Situation der Soll-Situation gegenübergestellt und Optimierungsansätze formuliert werden. Der Analyse ging eine Umfrage des Fleischerinnung Rhein-Ruhr zum Thema „RFID-Temperaturkennzeichnungssystem“ unter 13 Fleischbetrieben in Essen voraus. Wegen des Datenschutzes wird hier nicht der spezifische Umfrageprozess gezeigt, sondern eine direkte Nutzwertanalyse der Ergebnisse der Umfrage.

Die ersten Teile ist der Antwortwert und die Bedeutung der Methode der Nutzwertanalyse. Hier gibt es zwei

Bewertungskriterien für die Bewertung der Ansätze, nämlich die Leistungserfüllung und die durchschnittlichen Jahreskosten. Die Leistungserfüllung besteht hauptsächlich darin, festzustellen, ob die Ansätze die bestehenden Probleme der Kühlkette der Stadt Essen lösen können. Die durchschnittlichen Jahreskosten variieren je nach der Anzahl der Jahre. Die 13 Fleischbetriebe der Fleischerinnung Rhein-Ruhr wurden nach den Bewertungskriterien beurteilt. In den Bewertungsergebnissen wird festgestellt, ob das System Vorteile haben.

Tabelle V: Bewertungskriterium Leistungserfüllung (Eigene Darstellung).

Leistungserfüllung	
Antwortwert	Bedeutung
1	Kann die Probleme ganz lösen
2	Kann einige wichtigere Probleme lösen
3	Mit zusätzlichem Inhalt kann das Problem lösen
4	Das Problem kann nicht gelöst werden, oder der Effekt ist aufgrund der Zeit nicht vorhersehbar
5	Nicht realisierbar

Tabelle VI: Bewertungskriterium Leistungserfüllung (Eigene Darstellung).

Durchschnittliche Jahreskosten	
Antwortwert	Bedeutung
1	Ideale Mindestkosten
2	Ist-Situation Kosten
3	Höher als Ist-Situation Kosten, innerhalb das Doppelte
4	Höher als Ist-Situation Kosten, mehr als das Doppelte
5	Kosten, die die Abteilungskostenobergrenzen überschreiten

Tabelle VII: Ergebnis der Nutzwert Analyse (Eigene Darstellung).

Bewertungskriterien	Gewicht	Ist-Situation	Soll-Situation 1 Jahr	Soll-Situation 5 Jahre	Soll-Situation 10 Jahre
Leistungserfüllung	50%	4	1	2	4
Durchschnittliche Jahreskosten	50%	2	4	3	2.5
Gesamtbewertung	100%	3	2.5	2.5	3.25

Die durchschnittlichen Jahreskosten sind wie folgt definiert: Die Grundkosten des Kühlkettenmanagements sind in der Ist-Situation die aktuellen Kosten. Wenn das System ein Jahr langläuft, umfassen die Kosten für die Soll-Situation die vollen

Kosten für den einmaligen Kauf der RFID-Ausrüstung, die Kosten der Ist-Situation, die Schulungsgebühr für Mitarbeiter sowie die für Lieferanten und/oder die Logistikunternehmen. Bei einer voraussichtlichen Laufzeit des Systems von fünf Jahren bleiben die übrigen Kosten unverändert und die Anschaffungskosten der RFID-Ausrüstung machen ein Fünftel der vollen ursprünglichen Anschaffungskosten aus. Bei einer voraussichtlichen Laufzeit des Systems von zehn Jahren betragen die Anschaffungskosten der RFID-Ausrüstung aus dem gleichen Grund ein Zehntel der vollen ursprünglichen Anschaffungskosten. Auf der Grundlage der Bewertungsergebnisse kann der Schluss gezogen werden, dass das in dieser Arbeit vorgeschlagene System durchführbar ist.

B. Vorbereitung vor der Implementierung

Bei der Überlegung, wie dieses System in die Lieferkette eingeführt werden kann, muss das kooperative Management der Lieferkette für Fleischprodukte berücksichtigt werden. Kollaborative Entwicklung in der Lieferkette bedeutet, dass viele Unternehmen Daten über ihr Geschäft austauschen und zusammenarbeiten. Die gemeinsame Entwicklung erfordert die Bewertung der Unternehmensleistung innerhalb eines effektiven Zeitrahmens. Die Unternehmen in einem Lieferkettenknoten kooperieren, um ihre Wettbewerbsfähigkeit insgesamt zu verbessern. An den einzelnen Knotenpunkten schließen sie sich zu einem Netz zusammen, indem sie Betriebsvereinbarungen abschließen oder sich gemeinsam organisieren. In diesem Netz können Unternehmen, die Produkte liefern, solche, die Produkte herstellen oder verkaufen, und Verbraucher Produktionsinformationen austauschen und miteinander kooperieren. In der Kühlkette von Fleischerzeugnissen, einem System der RV, können die verschiedenen an der Kühlkette beteiligten Unternehmen Informationen nur dann schnell austauschen und verbreiten, wenn sie sich zuvor darauf einigen. Nur dann kann das System wirksam implementiert werden.

Da es Kleinbetrieben im Vergleich zu Supermärkten (wie Rewe, Metro usw.) oft an Fachwissen im Bereich des Qualitätsmanagements fehlt, ist die Unterstützung durch Experten sehr zu empfehlen. Der dabei entstehende Ansatz soll sich so eng wie möglich in bestehende Strukturen einfügen. Alle Absprachen und Planungen sollten in einem sogenannten Ablaufhandbuch festgehalten werden, um Transparenz, Verbindlichkeit und Handlungssicherheit für die beteiligten Akteure zu erreichen. Nachdem das System von der Unternehmensführung genehmigt worden ist, muss Folgendes vorbereitet werden:

- Vorgespräche mit der Geschäftsleitung,
- Bestandsaufnahme (Sichtung der vorhandenen Daten und bisher erfolgten Maßnahmen),
- Vereinbarungen zwischen Unternehmen der Fleischversorgungskette,
- Gemeinsamer Workshop zu Projektbeginn,
- Entwicklung eines Konzepts (Bestandsaufnahme, Information und gemeinsame Abstimmung der Schritte und Inhalte),
- Erstellung eines Ablaufhandbuchs. (Systemabläufe, Vorgehensroutinen, Checklisten usw.),

- Erstellung von Dateivorlagen für die Dokumentation des Systems durch Fleischprodukt-unternehmen Bekanntmachung des Projektes bei Führungskräften,
- Qualifizierung der am System beteiligten betrieblichen Akteure,
- Ableitung des Weiterbildungsbedarfs für die Durchführung des Ansatzes in beteiligten betrieblichen Akteuren,
- Motivation zur Teilnahme (Fleischbetriebe und Logistikunternehmen usw.).

C. Herausforderungen und Maßnahmen

Die Umsetzung und die Erweiterung der vorhandenen Elemente sind grundsätzlich möglich. Allerdings sind auch einige Herausforderungen mit der Implementierung verbunden.

Bei der Umsetzung des Systems in Essen können die folgenden Herausforderungen auftreten.

a. Widerstand von Unternehmen

Die Fleischbetriebe könnten der Meinung sein, dass die erfolgreiche Umsetzung des Systems zusätzliche Kosten verursachen würde, und aufgrund dieser Überlegung die Optimierungsmethoden in einer inaktiven, unkooperativen oder negativen Art und Weise angehen.

b. Verständlichkeit

Ohne genaue Definitionen und detaillierte Erläuterungen des neuen Systems können Unternehmen das System nicht verstehen, was zu Schwierigkeiten bei der Umsetzung führen wird.

c. Zugang zu Informationen über Fleischprodukte

Aus operativer Sicht erfordert die Implementierung eines RFID-Temperaturkennzeichnungssystems eine große Menge an Produktinformationen als Grundlage. Dies erschwert die Erstellung von Fleischproduktprofilen und ist eine Herausforderung, die es zu bewältigen gilt. Wenn ein Unternehmen über eine Organisationsstruktur verfügt, die das Konzept des Systems gut verinnerlicht hat, wird diese schließlich in der Lage sein, bedeutende Fortschritte in Bezug auf Gewinn und Kundenzufriedenheit zu machen und die Kernkompetenzen des Unternehmens werden in vielen Aspekten verbessert.

Damit das System wirklich umgesetzt werden kann, müssen jedoch auch die Herausforderungen, die bei der Implementierung auftreten können, in Verbindung mit den entsprechenden Maßnahmen angegangen werden:

Das RFID-Kennzeichnungssystem für Fleischprodukte ist eine flexible Anpassung der traditionellen Fleischlieferkette in Essen an die aktuellen Umweltveränderungen, die Einrichtung einer neuen Organisation auf der Grundlage des traditionellen Systems zur organisatorischen Unterstützung erfordert. Und die Lösung und der Inhalt jeder Strategie müssen mit den Unternehmen vereinbart werden. Daher muss die Stadt Essen das System mit jedem verbundenen Unternehmen kommunizieren, um die Ziele, den Prozess und die Bedeutung des Systems zu fördern und das Zugehörigkeitsgefühl in den Unternehmen zu erhöhen. Weiter können Kommunikationssitzungen mit den Unternehmen durchgeführt werden, in denen die Unternehmen ihre Ziele und Aufgaben klären können.

V. FAZIT UND AUSBLICK

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in dieser Arbeit ein Kühlketten-RFID-System zur RV landwirtschaftlicher Produkte anhand eines Kühlketten-Logistikmodells der Stadt Essen für Fleischprodukte entwickelt wurde.

Das System verfügt im Vergleich zu allgemeinen RFID-RV-Systemen über Echtzeit-Temperaturdatenspeicherung und Alarmfunktionen und kann allen Unternehmen der Fleischwarenindustrie sowie dem Personal der Kühlkettenlogistik-Lkw-Kette helfen, die Lagertemperatur in Echtzeit zu kontrollieren. Es verhindert wirksam Probleme wie die Unterbrechung der Kühlkette und den Verderb von Fleischprodukten während des Transports.

Das Temperaturüberwachungssystem wurde mit Hilfe von JavaScript-Entwicklungstools entwickelt und mit automatischer RFID-Lesetechnologie sowie GPRS- und MySQL-Datenbanktechnologie kombiniert, um die Anforderungen an die Aufzeichnung von Temperaturtransporten zu erfüllen; die Abfrageergebnisse können als Daten oder als grafische Darstellung angezeigt werden.

In dieser Arbeit wird die RFID-Technologie organisch mit der Temperaturüberwachung in der Kühlkettenlogistik kombiniert, um eine Temperaturüberwachung des Transportprozesses von Fleischprodukten zu erreichen, die den Anforderungen von Behörden und Unternehmen an die Überwachung der Kühlkette und die Qualitätskontrolle der Lebensmittelsicherheit und -hygiene sowie den Anforderungen der Verbraucher an die Temperaturaufzeichnungen beim Transport von Lebensmitteln in der Kühlkette entspricht.

Dieses System setzt die Temperaturüberwachung in der Kühlkettenlogistik nur am Beispiel von Fleisch aus Essen um und analysiert keine anderen landwirtschaftlichen Produkte. Temperaturmessende RFID-Tags sind zwar eine kostengünstige und leicht zu implementierende Methode zur Temperaturerfassung, doch muss ihre Erfassungsgenauigkeit verbessert werden. Dies ist ein Problem, das in Zukunft noch angegangen werden muss. Was die Technologie betrifft, so erfordert die Logistik 4.0 zusätzlich zu den in dieser Arbeit untersuchten RFID-Etiketten die Anwendung fortschrittlicherer Computertechnologien wie Blockchain, Cloud-Speicher und verteilte Algorithmen. So kann beispielsweise die Blockchain-Verschlüsselung setzen werden, um die Sicherheit der rückverfolgbaren Informationen zu gewährleisten. Die Cloud-Speicherung kann auch verwendet werden, um den Druck bei der Speicherung von Logistikinformationen zu verringern, und die verteilte Datenverarbeitung wird genutzt, um das Problem der unzureichenden Rechenleistung im Prozess der RV von Informationen zu lösen. Das Problem der unzureichenden Rechenleistung bei der Informationsverfolgung kann durch den Einsatz von verteiltem Rechnen gelöst werden. Die Coronapandemie hat auch zu neuen Anforderungen an die Intelligenz und Kontaktlosigkeit der Kühlkettenlogistikbranche geführt.

Die in dieser Arbeit unternommenen Anstrengungen zur RFID-Temperaturkennzeichnungssystem für die Rückverfolgbarkeit von Agrarprodukten in der Kühlkette sind noch nicht abgeschlossen und es gibt noch viele theoretische und praktische Fragen, die weiter untersucht werden müssen.

REFERENCES

- [1] C. Béla, "Rückruf: Kaufland warnt Wegen Unterbrochener Kühlkette vor Wurst," *Express*, 2021. [Online]. Available: <https://www.express.de/ratgeber/verbraucher/rueckruf-kaufland-warnt-wegen-unterbrochener-kuehlkette-vor-wurst-26743?cb=1659005267922>. [Accessed: 26-May-2022].
- [2] B. Jaschinski-Schürmann, "Logistik 4.0 – Ein Entscheidender Baustein der Industrie 4.0," *Logistik 4.0 – ein entscheidender Baustein der Industrie 4.0*, 2021. [Online]. Available: <https://www.arvato-systems.de/blog/logistik-4-0-ein-entscheidender-baustein-der-industrie-4-0>. [Accessed: 01-May-2022].
- [3] Zhang, L, *Cold Chain Management*. In Cranfield Centre for Logistics & Supply Chain Management. Cranfield University.2017
- [4] S. J. James and C. James, "The food cold-chain and climate change," *Food Research International*, vol. 43, no. 7, pp. 1944–1956, 2010.
- [5] S. Mercier, S. Villeneuve, M. Mondor, and I. Uysal, "Time-temperature management along the Food Cold Chain: A review of recent developments," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 16, no. 4, pp. 647–667, 2017.
- [6] V. Jackson, I. S. Blair, D. A. McDowell, J. Kennedy, and D. J. Bolton, "The incidence of significant foodborne pathogens in domestic refrigerators," *Food Control*, vol. 18, no. 4, pp. 346–351, 2007.
- [7] H. Johann, *Die Aktuelle Lebensmittelhygiene-Verordnung: Umsetzung in die Praxis*. Berlin, Germany: Beuth Verlag GmbH, 2018.
- [8] R. Doluschitz, K. Brockhoff, T. Jungbluth, Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln tierischer Herkunft. Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten–Referate der 27. GIL Jahrestagung, 2007.
- [9] B. Gaml, Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln Eine empirische analyse kettenübergreifender informationssysteme. Göttingen, Germany: Cuvillier, 2006.
- [10] R. Doluschitz, K. Brockhoff, T. Jungbluth, Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln tierischer Herkunft. Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten–Referate der 27. GIL Jahrestagung, 2007.
- [11] N. Henkel, "RFID: Dem Paket auf der Spur," *manager magazin*, 2005. [Online]. Available: <http://www.manager-magazin.de/it/direktor/0,2828,358607,00.html>. [Accessed: 02-May-2022].
- [12] Y. Wang, O. K. W. Ho, G. Q. Huang, and D. Li, "Study on vehicle management in logistics based on RFID, GPS and Gis," *International Journal of Internet Manufacturing and Services*, vol. 1, no. 3, pp. 294–304, 2008.
- [13] K. H. Chow, K. L. Choy, and W. B. Lee, "Design of a knowledge-based logistics management system: A case-based RFID approach," *International Journal of Enterprise Network Management*, vol. 1, no. 1, pp. 5–20, 2006.
- [14] E. Sahin, Y. Dallery, and S. Gershwin, "Performance evaluation of a traceability system. an application to the Radio Frequency Identification Technology," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 3, 2002.
- [15] L. Theuvsen, T. Hollmann-Hespos, "Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln: Aktuelle Entwicklungen und Anforderungen an Informationstechnologien." *Integration und Datensicherheit–Anforderungen, Konflikte und Perspektiven*, Referate der 25. GIL Jahrestagung, 2004.
- [16] Das Portal der Bundesländer und des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), "Lebensmittelwarnung," [Lebensmittelwarnung.de& Neueste Warnungen](https://www.lebensmittelwarnung.de/bvl-lmw-de/liste/alle/deutschlandweit/10/0), 2022. [Online]. Available: <https://www.lebensmittelwarnung.de/bvl-lmw-de/liste/alle/deutschlandweit/10/0>. [Accessed: 02-May-2022].
- [17] Tagesschau, "Tönnies - Viele Infizierte, Zerstörtes Vertrauen," *tagesschau.de*, 2020. [Online]. Available: <https://www.tagesschau.de/inland/toennies-coronainfektionen-guetersloh-101.html>. [Accessed: 01-May-2022].
- [18] B. von Colbe, *Investitionstheorie und Investitionsrechnung*. Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2018.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/77092

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20221103-174146-7



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz (CC BY 4.0) genutzt werden.