



Endbericht zum FuE-Vorhaben

Reg.-Nr.: 2017 LFE 0001

Partner:

- Gönnataler Putenspezialitäten GmbH
- Gönnataler Agrar eG
- Forschungszentrum für Medizintechnik und Biotechnologie GmbH

Titel: „Entwicklung einer NIR-basierten chargenspezifischen Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Wurstwaren aus Geflügelfleisch am Beispiel von Puten – Teil 2“

Projektlaufzeit: 01/18 – 02/19

Lehesten _____, den 16.5.2019

Stefan Lüdke (036425-55530)
Name und Telefonnummer des Zuwendungsempfängers

Firmenstempel

St. Lüdke

Rechtsverbindliche Unterschrift



GÖNNATALER
PUTENSPEZIALITÄTEN
GMBH
07778 Altengönna
Tel.: 0364 25 - 555 32
www.goennataler-puten.de



1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung eines NIR-Analysesystems zur schnellen Prozessüberwachung der chemischen Zusammensetzung von Wurstprodukten aus Geflügelfleisch. Die im Vorhaben durchgeführten Entwicklungen basieren auf den Ergebnissen des Projektes 2015LFE0001, worin grundlegende Untersuchungen zur spektralen Charakteristik von Geflügelfleisch durchgeführt und ausgewertet wurden. Praxisrelevante Anforderungen an das zu entwickelnde Messsystem wurden in Kooperation mit den Projektpartnern definiert und in die Konzeption und Entwicklung des Messsystems einbezogen.

2. Darstellung der erzielten Vorhabensergebnisse

Das Projekt wurde im Zeitraum von 01/2018 bis 02/2019 bearbeitet. In diesem Zeitraum wurden die in Abbildung 1 dargestellten Arbeitspakete entsprechend des beantragten Arbeits- und Zeitplanes bearbeitet.

AP fzmb	NIR Gönnatal		2018												2019	
	Kurztitel der Arbeitspakete (gem. Anhang)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1	Konzeption Laborstudie und Laboraufbau		X	X	X											
2	Durchführung Laborstudie			X	X	X										
3	Modellbildung Laborstudie, Proof-of-concept				X	X	X									
4	Konzeption und Aufbau FuMu				X	X	X	X								
5	Software (Prozess)					X	X	X								
6	Kalibrierungsmessreihen					X	X	X	X	X	X					
7	Modellbildung							X	X	X	X	X				
8	Software (Endanwender)								X	X	X	X				
9	Dokumentation & Abschluss												X	X	X	X
AP Gönnatal	NIR Gönnatal		2018												2019	
	Kurztitel der Arbeitspakete (gem. Anhang)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1	Konzeption Laborstudie und Laboraufbau		X	X	X											
2	Durchführung Laborstudie			X	X	X										
3	Konzeption und Aufbau FuMu				X	X	X	X								
4	Software (Prozess)					X	X	X								
5	Kalibrierungsmessreihen					X	X	X	X	X	X					
6	Software (Endanwender)								X	X	X	X				
7	Dokumentation & Abschluss														X	X
AP Agrar	NIR Gönnatal		2018												2019	
	Kurztitel der Arbeitspakete (gem. Anhang)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1	Konzeption Laborstudie und Laboraufbau		X													
2	Durchführung Laborstudie			X	X	X										
3	Kalibrierungsmessreihen					X	X	X	X	X	X					
4	Dokumentation & Abschluss															X

Abbildung 1: beantragter Arbeits- und Zeitplan

Erläuterung der durchgeführten Arbeiten

Zunächst wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein Konzept und Versuchsplan zur Entwicklung des NIR-Analysesystems erarbeitet. Die Entwicklung wurde, wie im Antrag formuliert in zwei Phasen durchgeführt. Im ersten Teil wurde ein Laboraufbau des zu entwickelnden Messsystems konzipiert und aufgebaut. Hierbei wurden die Ergebnisse des ersten Projektteils sowie die technischen Anforderungen der Projektpartner analysiert und spezifiziert. Auf Basis der daraus resultierenden Anforderungen wurde ein Messplatz zur Aufnahme von NIR-Spektren in diffuser Reflexion aufgebaut und in Betrieb genommen. Dabei wurden verschiedene NIR-Spektrometermodule getestet und bzgl. erreichbarem Signal-Rausch-Abstand und Reproduzierbarkeit der Messwerte untersucht. Der Einfluss von Temperaturänderungen auf die Ausgangssignale der Detektorzeile wurde untersucht und quantifiziert. Während einer ersten Laborstudie wurden Untersuchungen zur Konfiguration des optischen Aufbaus durchgeführt. Dabei wurde Lage und Winkel von Lichtquelle und Detektor variiert und bzgl. eingekoppelter spiegelnder Reflexion sowie Beleuchtungshomogenität optimiert. Das Beleuchtungs- und optische Messkonzept ist in Abbildung 2 dargestellt.

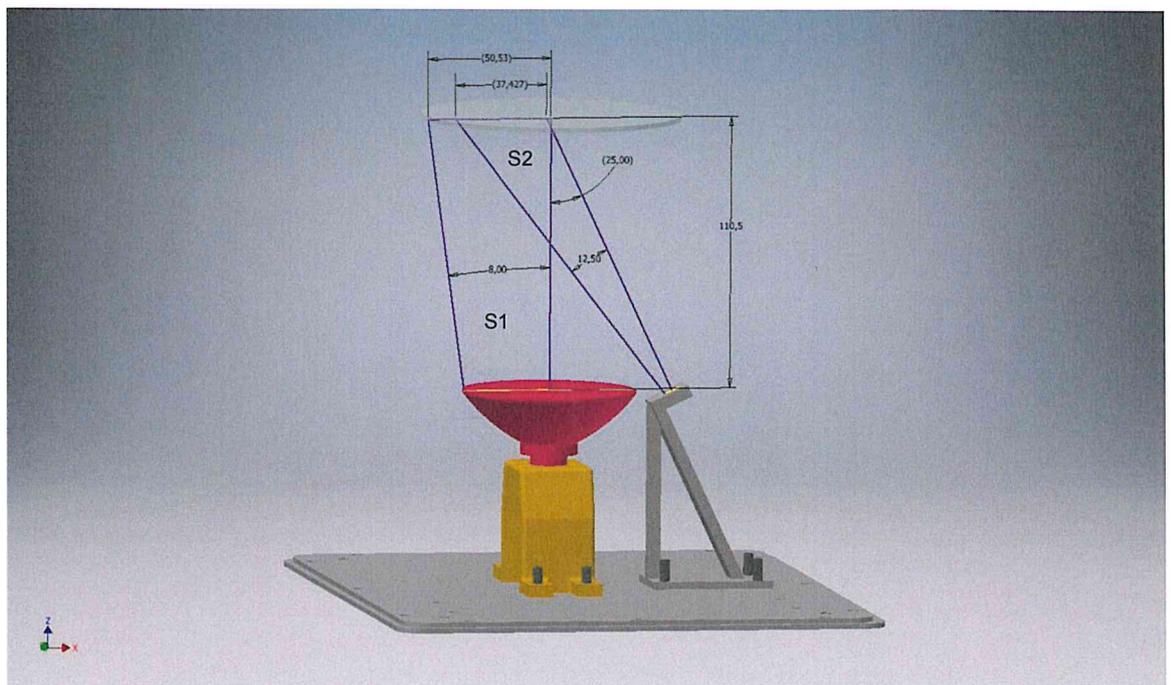


Abbildung 2: Beleuchtungs- und optisches Messkonzept

Bei der verwendeten Lichtquelle handelte es sich um eine Halogenlampe mit 8° Öffnungswinkel und einer elektrischen Leistung von 20 W mit Aluminium Reflektor. Damit die gesamte Probenfläche mit einem Durchmesser von 105 mm homogen ausgeleuchtet wurde, ergab sich ein Arbeitsabstand von 110,5 mm. Dieser Arbeitsabstand gewährleistete zusätzlich, dass ausschließlich die Probe beleuchtet wurde und nicht die umgebenden Gehäuseteile. Dies sollte störende Reflektionen vom Gehäusematerial verhindern und erlaubte im weiteren Entwicklungsverlauf mehr Freiheiten in der Auswahl der Gehäusematerialien. Der Strahlenverlauf der Beleuchtung ist in Abbildung 2 mit S1 bezeichnet. Als optische Detektoreinheit wurde ein Faserspektrometer mit einem Öffnungswinkel von 25° ausgewählt. Die Platzierung der Faser erfolgte so, dass möglichst viel des reflektierten Lichts in die Faser einkoppeln konnte und Totalreflexion vom Boden des Filterglases vermieden wurde. Dafür ergaben sich



ein Winkel der Faser zur Normalen von 25° und ein erfassbarer Messfleck von 75 mm Durchmesser. Der Strahlengang des Faserspektrometers ist in Abbildung 2 mit S2 bezeichnet. Während einer ersten Laborstudie wurden Untersuchungen zur Konfiguration des optischen Aufbaus durchgeführt. Dabei wurde der Einfluss von Störgrößen auf den erreichbaren SNR durchgeführt und ausgewertet.

Das optimierte optische Setup des Messplatzes wurde genutzt, um 50 repräsentative Realproben zu vermessen, und erste Kalibrationsmodelle zu erstellen und zu validieren. Es wurden 50 vom Projektpartner Gönnataler Putenspezialitäten GmbH zur Verfügung gestellte Fleisch- und Wurstwarenproben spektral untersucht. Dabei handelte es sich um Frischfleisch sowie um die speziell für dieses FuE-Vorhaben hergestellten Endprodukte. Bei der Probenzusammenstellung wurde explizit darauf geachtet, dass die zu erwartenden Wertebereiche der relevanten Parameter abgedeckt sind. Vor den spektralen und chemischen Untersuchungen wurden alle Proben mittels Messermühle zerkleinert und homogenisiert. Die Probenmenge wurde halbiert. Eine Hälfte wurde für eine chemische Analyse verwendet. Die zweite Hälfte wurde für die Untersuchung der spektralen Charakteristik mittels Labormuster in diffuser Reflexion herangezogen. Nachfolgend sind die normierten Absorptionsspektren von untersuchten Proben dargestellt.

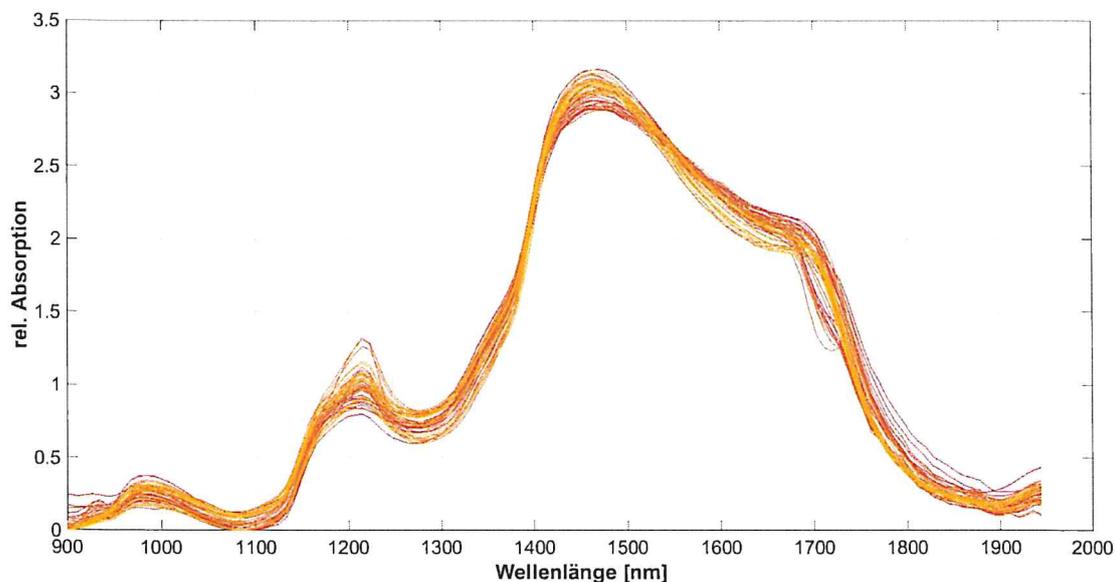


Abbildung 3: Normierte Absorptionsspektren von mittels Labormuster untersuchten Fleisch- und Wurstwaren

Basierend auf diesen spektralen Daten und laborchemischen Referenzdaten wurden chemometrische Kalibrationsmodelle zur Vorhersage der BIG7-Analyse, sowie weiterer relevanter Parameter wie Trockensubstanz (TS), Aschegehalt, pH-Wert, a_w -Wert und BEFFE (bindegewebeisweißfreies Fleischeiweiß) entwickelt. Die BIG7-Analyse beinhaltet folgende Parameter:

- Rohprotein
- Fettgehalt
- gesättigte Fettsäuren
- Kohlenhydratgehalt
- davon Zucker
- Nährwert
- Salzgehalt



Für die Bildung der chemometrischen Modelle ist der tatsächliche Gehalt der obengenannten Parameter in den Proben von großer Bedeutung. Aus diesem Grund wurden alle spektral untersuchten Produkte einer kompletten laborchemischen Untersuchung unterzogen. Hierfür kamen die im Folgenden dargestellten akkreditierten Methoden, die nach §64 LFGB durchgeführt wurden, zum Einsatz.

Tabelle 1: verwendete Labormethoden

Parameter	akkreditierte Methode / Prüfverfahren	Abweichung [%]
Produktfeuchte / Trockensubstanz	ASU L 06.00 - 3 2014 - 08	0,26
Eiweiß	ASU L 06.00 - 7 2014 - 08	0,55
Gesamtfett	ASU L 06.00 - 6 2014 - 08	0,67
Fettsäureverteilung	ASU L 13.00 - 26 2008 - 06	0,18
Salzgehalt	ASU L 07.00 - 5 / 2 2010 - 01	0,07
pH-Wert	ASU L 06.00 - 2 1980 - OS	0,05
a _w -Wert	Fzmb-LC - 5 2013 - 09 ²	0,003
Gesamtasche	ASU L 06.00 - 4 2007 - 04	0,06
Hydroxyprolin	ASU L 06.00 - 8 2010 - 01	0,01
Zucker	r-biopharm Testkit 10716260035 2013 - 09 r-biopharm Testkit 10176303035 2010 - 09	0,09 0,07

¹ Lebensmittellabor fzmb GmbH

² nichtakkreditierte Methode

Um Abweichungen in den Ergebnissen zu minimieren bzw. zu vermeiden, wurde jeweils eine Doppelbestimmung durchgeführt. Bei der Bildung der Kalibrationsmodelle für die oben aufgelisteten Parameter kamen zuerst gängige PLS-Algorithmen zum Einsatz. Dabei wurden auf die Spektren, bzw. ausgewählten spektralen Bereiche unterschiedliche Vorverarbeitungsmethoden zur Modelloptimierung angewendet. Dazu zählen u.a. Glättung, Ableitung, Vektornormierung, Trendbereinigung, Streu-, Basislinien-, und Offset- Korrekturen. Trotz verschiedenen Optimierungsverfahren lieferten die erstellten Modelle keine ausreichenden Genauigkeiten. Als nächstes wurden alternative Regressionsmethoden (genetische Algorithmen und künstliche neuronalen Netze) getestet. Die besten Ergebnisse lieferten Regressionsmodelle, die mittels Kreuzvalidierung auf der Basis von künstlichen neuronalen Netzen gebildet wurden. Bei der Wahl der geeigneten Kalibrationsmodelle wurde in erster Linie auf einen möglichst hohen Wert des Bestimmtheitsmaßes R² in Verbindung mit einem möglichst geringeren mittleren Vorhersagefehler (RMSECV) der erstellten Regressionsmodelle geachtet. In der Tabelle 2 sind die relevanten Kennwerte der aufgestellten Kalibrationsmodelle je Parameter zusammengefasst.

Tabelle 2: Kennwerte der Kalibrationsmodelle für relevante Parameter

Parameter	Wertebereich	RMSECV	R ² [%]
Fett [%]	5,6 – 58,73	0,86	99,20
gesättigte Fettsäuren [%]	2,3 – 16,00	0,31	99,18
Rohprotein [%]	8,27 – 26,42	0,49	98,14
Zucker [%]	0,2 – 3,7	0,23	93,54
Salz [%]	0,05 – 3,16	0,14	90,21
Trockensubstanz [%]	24,3 – 68,29	0,69	99,28
Asche [%]	0,8 – 3,6	0,11	96,20
pH-Wert	5,19 – 6,45	0,012	99,79
a _w -Wert	0,87 – 0,99	0,021	74,90
BEFFE	7,28 – 21,98	0,36	98,82



Da der Nährwert und die Gesamtkohlenhydrate aus den kalibrierten Parametern Zucker, Fett und Protein berechnet werden, wurden keine Kalibrationen für diese beiden Parameter erstellt. Abbildung 4 zeigt beispielhaft eine Gegenüberstellung der laborchemisch bestimmten und vorhergesagten Werte von zwei Kalibrationsmodellen für die Bestimmung der Fett- und BEFFE-Gehalte.

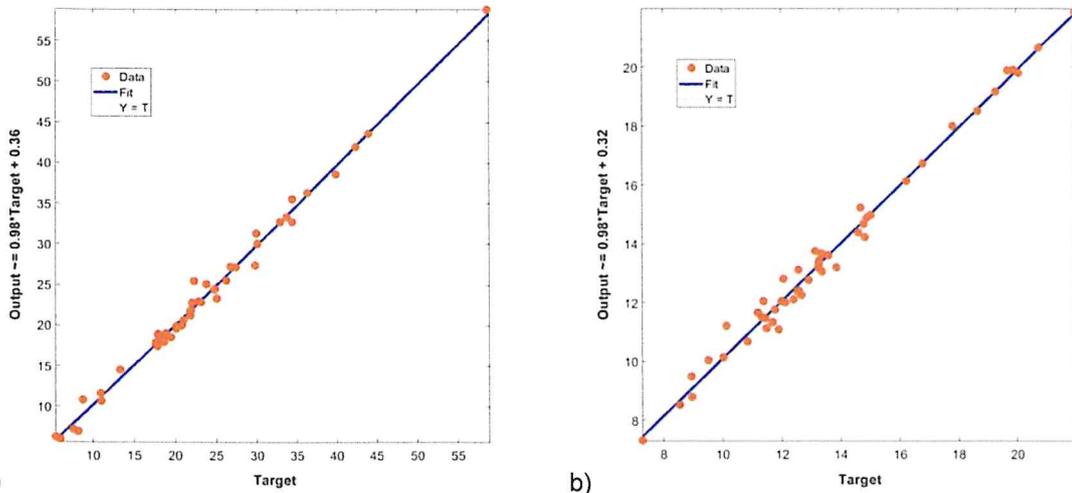


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Referenz- und Analysewerte für zwei Regressionsmodelle zur Bestimmung von a) Fettgehalt und b) BEFFE-Gehalt

Trotz durchgeführter Optimierung lieferten die Kalibrationsmodelle für die Parameter Salz, Zucker und a_w -Wert mittelmäßige Genauigkeiten. Als Grund dafür kann unter Anderem eine unzureichende Anzahl der zur Modellbildung eingesetzten Proben genannt werden. Auf Grundlage der spektralen und chemischen Daten der untersuchten Proben wurde eine Datenbank aufgebaut.

Auf Basis der Ergebnisse der Laborstudie wurde ein Konzept zum Aufbau eines Funktionsmusters eines Vor-Ort einsetzbaren NIR-Analysegerätes entwickelt. Hierzu ergaben sich aus der Diskussion mit den Projektpartnern und der Auswertung der Ergebnisse der Laborstudie folgende technische Anforderungen:

- direkt im Produktionsprozess einsetzbar → geschlossenes Gehäuse (IP65)
- Wellenlängenbereich: 950 – 2100 nm
- Durchmesser des Messfeldes: > 50mm
- Einfache Bedienbarkeit
- Geringer Wartungsaufwand durch einfach zu wechselnde Lichtquelle
- Möglichkeit zur Verwaltung von Nutzerrechten
- Möglichkeit zur Definition von spezifischen Produktgruppen und Produkten mit individuell definierbaren Grenzwerten für die einzelnen Parameter
- Bestimmung der für die Deklaration notwendigen BIG 7 Parameter für Weißfleischprodukte
- Möglichkeiten zur Ergebnisdokumentation in Form von Probenreports als pdf – Dateien sowie in Form von Excel Listen

Zur Realisierung des IP Schutzgrades wurde ein Konzept zur Gerätekühlung über integrierte Kühlkörper erarbeitet. Dazu wurden Simulationen und Berechnungen zur eingetragenen



Energie durchgeführt und Untersuchungen zur thermischen Stabilität des eingesetzten Spektrometermoduls ausgewertet. Auf Basis des berechneten Wärmeeintrages wurde ein Kühlkonzept mit 2 Kühlkörpern erarbeitet. Hierbei wird die im Gehäuse abgegebene Wärme mit Hilfe eines Axiallüfters über den inneren Kühlkörper geführt. Die beiden Kühlkörper sind miteinander verschraubt. Der äußere Kühlkörper dient zum Abtransport der Wärme nach außen. Um einen optimalen Wärmeübergang zwischen den Kühlkörpern zu gewährleisten wurde Wärmeleitpaste zwischen den Kühlkörpern eingesetzt. Abbildung 5 zeigt die Kühlung des entwickelten Gerätes. Somit konnte der geforderte IP-Schutzgrad gewährleistet werden, da keine offenen Gehäusedurchbrüche vorhanden sind.

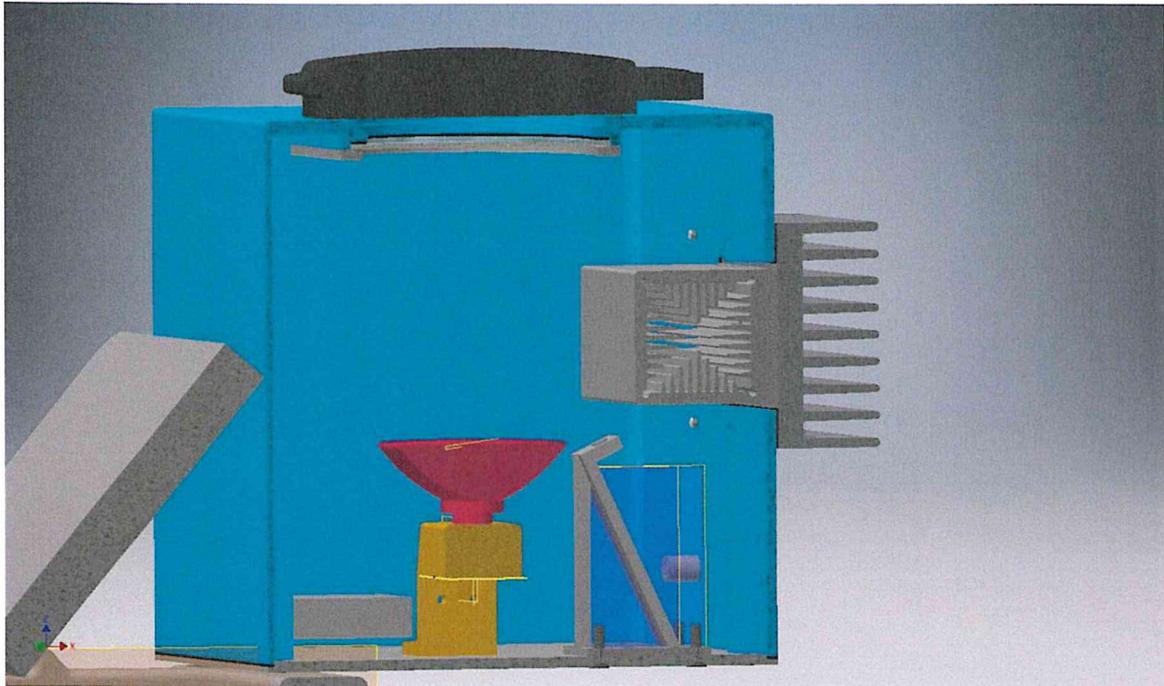


Abbildung 5: Kühlkörperkonzept

Mit dem entwickelten Gehäusedesign und Kühlkonzept wurde eine Messreihe über drei Stunden durchgeführt, um die Praxistauglichkeit des Konzepts zu überprüfen. In der nachfolgenden Grafik ist der Temperaturverlauf im Gehäuse mit eingeschalteter Lichtquelle zu sehen.

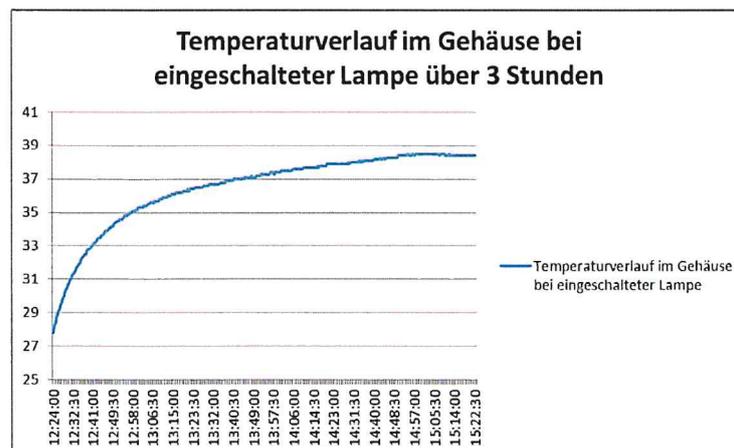


Abbildung 6: Temperaturverlauf im entwickelten Gehäusedesign



In Abbildung 6 ist zu erkennen, dass sich bei einer Umgebungstemperatur von 22°C die In-
nentemperatur nach ca. 2,5 h auf 38,5°C einpegelt. Da das Spektrometer, als kritischste ver-
baute Komponente, bei deutlich höheren Temperaturen betrieben werden kann, ist das erar-
beitete Kühlkonzept geeignet und wurde für das Gerätemodell verwendet.

Die temperaturabhängige Drift der Spektrometerelektronik wurde über hinterlegte Kennlinien
kompensiert. Dazu wird vor jeder Messung die Temperatur des Spektrometermoduls über
die Steuerungssoftware abgefragt und mit den hinterlegten Kennlinien normiert. Um einen
minimalen Energieeintrag in das Gerätegehäuse zu gewährleisten wurde ein Konzept zur
Gerätesteuerung über einen externen Tablet PC mit IP65 Schutz erarbeitet. Die Kommunika-
tion zwischen Tablet-PC und internen Gerätekomponenten wurde über eine Steuerungspla-
tine mit Bluetooth-Schnittstelle realisiert. Dies hat außerdem den Vorteil, dass alle Messda-
ten auch direkt außerhalb der Produktionsumgebung ausgewertet und dokumentiert werden
können. Zur Gewährleistung des IP65 Schutzgrades wurden alle Gehäusedurchbrüche mit
Kunststoffdichtungen versehen, um so das Eindringen von Staubpartikeln oder Feuchtigkeit
zu verhindern. Am Gehäuse des Messgerätes wurde eine Halterung zur ergonomischen Ab-
lage des Tablet PCs geschaffen. Abbildung 7 zeigt das entwickelte Gerätekonzert mit allen
verwendeten Baugruppen.

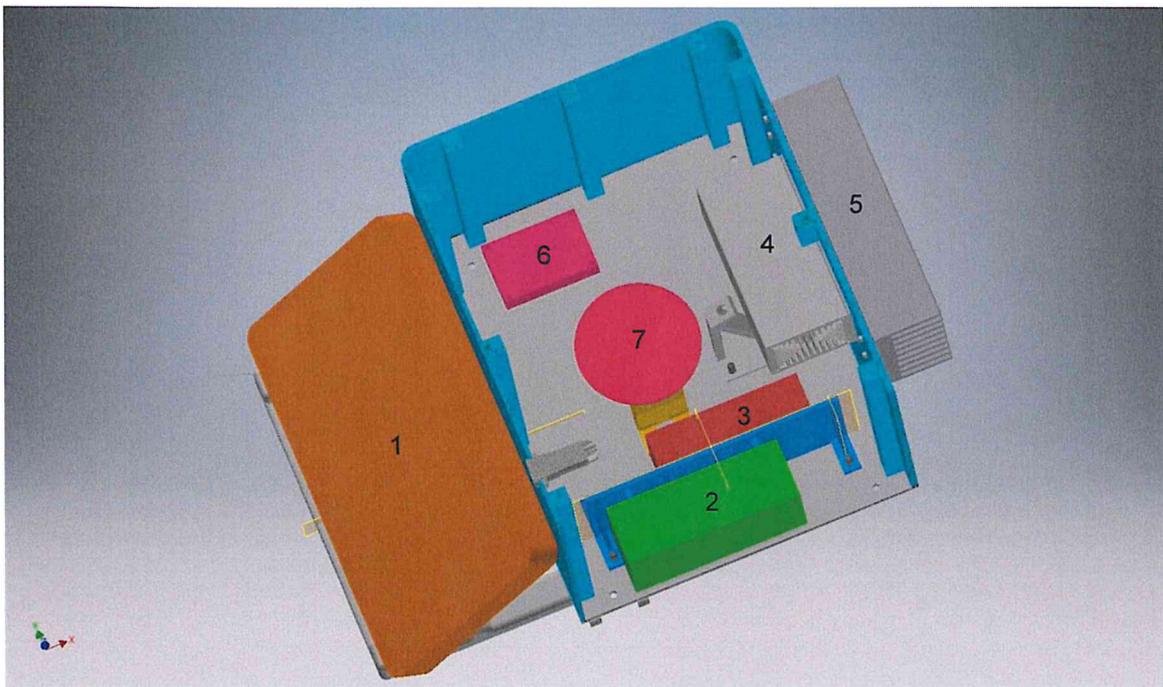


Abbildung 7: Gehäuse mit Anordnung aller Gerätekomponenten

Nachfolgend sind alle in Abbildung 7 zu sehenden Komponenten beschrieben.

- 1: Tablet PC mit Halterung
- 2: Steuereinheit mit integriertem Bluetooth Modul
- 3: Steuereinheit für Lüfter und Lampe
- 4: Innerer Kühlkörper
- 5: Äußerer Kühlkörper
- 6: Spektrometer
- 7: Beleuchtung



Die Abbildungen 8 und 9 zeigen das entwickelte Funktionsmuster des NIR-Analysegerätes.



Abbildung 8: Funktionsmuster mit geschlossener Referenzklappe



Abbildung 9: Funktionsmuster mit Probengefäß



Zur Ansteuerung des Funktionsmusters wurde eine Software entwickelt. Diese sollte folgende Kernfunktionalitäten absichern:

- Ansteuerung und Kommunikation des Spektrometers über eine drahtlose serielle Schnittstelle (Bluetooth) und der vom Hersteller bereitgestellten Firmware zum mobilen Einsatz eines Tablet-PCs
- 15-minütige Warmlaufphase zur Minimierung von Temperatureinflüssen auf das Spektrometer
- Berechnung der Parameter aus den aufgenommenen Spektraldaten über implementierbare Kalibrationsmodelle in Form von dll-Dateien
- Definition von Produktgruppen und Produkten
- Vergabe produktspezifischer Grenzwerte für die Zielparameter
- Erfassung und Speicherung der Ergebnisse in einer bereitgestellten SQL-Datenbank
- Möglichkeit zum Wiederaufruf und Export der Ergebnisse als Excel-, CSV-, PDF- oder Matlab-Datei
- Trennung von Nutzerrechten für Sicherheit vor Fehlern bei der Softwarebedienung
- Einfache Bedienbarkeit, damit keine aufwändigen Schulungen notwendig sind

Zur Entwicklung der Kalibrationsmodelle wurden weitere 200 Fleisch- und Wurstwarenproben unter realen Bedingungen im Umfeld der Gönnataler Putenspezialitäten mit dem entwickelten Funktionsmuster spektral vermessen. Die Fleisch- und Wurstwarenproben kamen direkt aus der Produktion und bildeten die gesamte Produktionspalette des Herstellers ab. Exakt die gleichen Proben wurden nach der spektralen Vermessung mittels akkreditierten Methoden nass-chemisch untersucht. Dabei wurden relevante Referenzwerte (BIG7, TS, Asche, BEFFE, pH- und a_w -Wert) bestimmt. Dafür wurden die akkreditierten Untersuchungsmethoden gemäß Tabelle 1 verwendet.

In Abbildung 10 sind die normierten Absorptionsspektren der untersuchten Proben dargestellt.

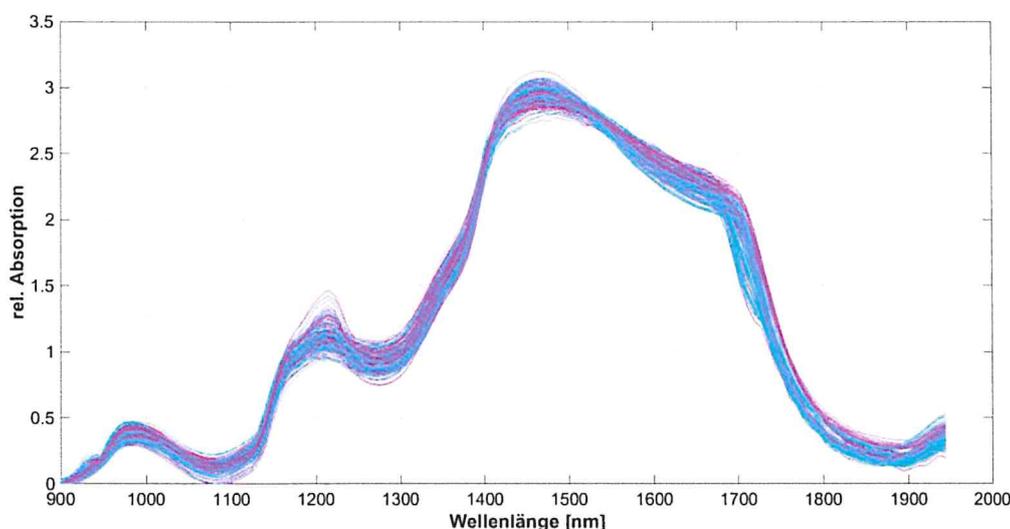


Abbildung 10: Normierte Absorptionsspektren von untersuchten Fleisch- und Wurstwaren

Sowohl die Spektraldaten als auch die chemischen Analysewerte wurden dann in die bereits aufgebaute Datenbank integriert. Diese Datenbank bildete so die Basis für die Entwicklung der Kalibrationsmodelle. Ausgehend von den positiven Erfahrungen mit dem Einsatz von



künstlichen neuronalen Netzen (KNN), wurden diese erneut für die Bildung der Kalibrationsmodelle mit den neuen Datensätzen eingesetzt. In der Tabelle 3 sind die relevanten Kennwerte der aufgestellten Kalibrationsmodelle je Parameter aufgelistet.

Tabelle 3: Kennwerte der Kalibrationsmodelle für relevante Parameter

Parameter	Wertebereich	RMSECV	R ² [%]
Fett [%]	2,0 – 58,73	0,51	99,69
gesättigte Fettsäuren [%]	0,8 – 16,0	0,19	99,73
Rohprotein [%]	3,48 – 30,1	0,1	99,95
Zucker [%]	0,1 – 6,3	0,1	99,57
Salz [%]	0,05 – 4,7	0,03	99,84
Trockensubstanz [%]	21,8 – 68,29	0,37	99,85
Asche [%]	0,7 – 5,53	0,09	98,97
pH-Wert	4,6 – 6,56	0,012	99,86
a _w -Wert	0,84 – 1,00	0,016	86,59
BEFFE	6,25 – 29,60	0,12	99,91

Abbildung 11 zeigt beispielhaft eine Gegenüberstellung der laborchemisch bestimmten und vorhergesagten Werte von zwei Kalibrationsmodellen für die Bestimmung von Protein- und Asche-Gehalten in Fleisch- und Wurstwaren.

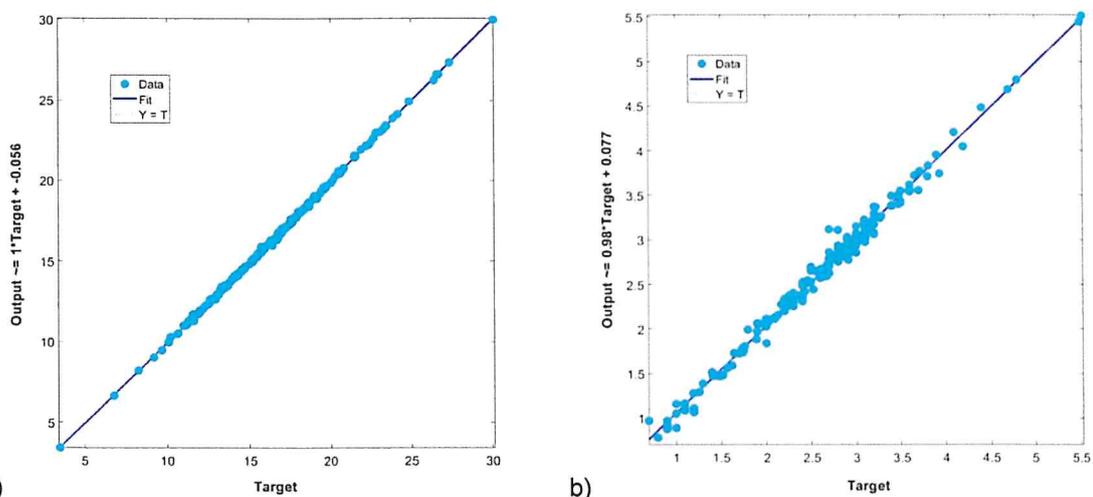


Abbildung 11: Gegenüberstellung der Referenz- und Analysewerte für zwei Regressionsmodelle zur Bestimmung von a) Proteingehalt und b) Aschegehalt

Die durchgeführten Maßnahmen zur Optimierung des Funktionsmusters in Verbindung mit beträchtlicher Erweiterung des Probenpools (um über 200 Proben) führten zur deutlichen Verbesserung der Vorhersagegenauigkeiten der erstellten Kalibrationsmodelle.

Bei der Erstellung der Software, insbesondere der grafischen Benutzeroberfläche, lag das Hauptaugenmerk auf einer einfachen Bedienung auch durch ungeschultes Personal. Nach dem Start des Geräts initialisiert die Software alle notwendigen Komponenten, wie Spektrometer, Datenbankverbindung und Kalibrationsmodelle innerhalb einer 15-minütigen Warmlaufphase.

Über das Hauptmenü (Abbildung 12) sind alle wichtigen Funktionalitäten (Abbildung 13) der Software erreichbar. Die Beschriftung wurde so gewählt, dass der Endnutzer, auch ohne Vorkenntnis des Geräts, dieses selbständig bedienen kann.



Abbildung 12: Software-Hauptmenü



Abbildung 13: Über Hauptmenü erreichbare Funktionalitäten

Im Menüpunkt *Messmodus* können Proben gemessen werden. Dabei werden die Spektral-daten der Proben durch das Spektrometer gemessen und im Kalibrationsmodell die Parame-ter berechnet. Anschließend werden die Ergebnisse in einem separaten Fenster (Abbildung 14) aufgelistet.



Brennwert in kJ	674,46	Fremdwasser in g/100g	-4,33
Brennwert in kcal	166,07	pH-Wert	5,8
Fett in g/100g	9,04	aw-Wert	0,93
Gesättigte Fettsäuren in g/100g	2,84	BEFFE in %	14,06
Kohlenhydrate in g/100g	2,06	BEFFE im FE in g/100g	78,44
Davon Zucker in g/100g	2,06	Hydroxyprolin in g/100g	0,48
Eiweiß in g/100g	17,92	Bindegewebeweiß in g/100g	3,86
Salz in g/100g	2,2	Fett-Eiweiß-Quotient	0,5
Trockenmasse in g/100g	32,64	Wasser-Eiweiß-Quotient	3,76
Wasser in g/100g	67,36		
Asche in g/100g	3,21		
Organische Trockensubstanz in g/100g	29,42		

Abbildung 14: Ergebnisfenster

Zur besseren Übersicht werden Parameter, die sich außerhalb der Minimal- bzw. Maximalwerte des Kalibrationsmodells befinden mit roter Schriftfarbe angezeigt, Parameter innerhalb dieses Wertebereichs mit grüner Schriftfarbe. Die Produktverwaltung ermöglicht die Definition individueller Produkte und Produktgruppen. Hierbei können die für das jeweilige Produkt relevanten Parameter ausgewählt und mit oberen und unteren Grenzwerten versehen werden (Abbildung 15). Diese Funktionalität ermöglicht eine individualisierte Ergebnisdarstellung sowie eine verbesserte Möglichkeit zur Suche in der Datenbank. Es ist also jederzeit möglich, sich alle gemessenen Proben eines bestimmten Produktes innerhalb definierter Zeiträume anzeigen und ausgeben zu lassen, was die Software zu einem wirkungsvollen Werkzeug zur Qualitätssicherung innerhalb der Produktion macht.

TestProdukt1

<input checked="" type="checkbox"/> Brennwert in kJ	Min	Max	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> Fremdwasser in g/100g	Min	Max	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Brennwert in kcal	Min	Max	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> pH-Wert	4,4	6,56	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Fett in g/100g	0,5	58,73	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> aw-Wert	0,651	1	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Gesättigte Fettsäuren in g/100g	0,2	20,4	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> BEFFE in %	4,99	37,7	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Kohlenhydrate in g/100g	Min	Max	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> BEFFE im FE in g/100g	Min	Max	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Davon Zucker in g/100g	0,1	4,6	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> Hydroxyprolin in g/100g	Min	Max	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Eiweiß in g/100g	3,48	41,6	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> Bindegewebeweiß in g/100g	Min	Max	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Salz in g/100g	0,0542	5,22	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> Fett-Eiweiß-Quotient	Min	Max	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Trockenmasse in g/100g	15,2	71,3	Bias	<input checked="" type="checkbox"/> Wasser-Eiweiß-Quotient	Min	Max	Bias
<input checked="" type="checkbox"/> Wasser in g/100g	Min	Max	Bias	Federzahl	4		
<input checked="" type="checkbox"/> Asche in g/100g	0,7	6,86	Bias	Zugesetzte Polysaccharide in g/100g	0		
<input checked="" type="checkbox"/> Organische Trockensubstanz in g/100g	Min	Max	Bias				

Abbildung 15: Ergebnisfenster mit Wertebereichen



Alle aufgenommenen Spektraldaten und Ergebnisse aus den Messungen werden automatisch in einer bereitgestellten SQL-Datenbank gespeichert. Über den Punkt *Export* können diese auch später nachverfolgt und in der Datenbank gesucht bzw. innerhalb der Software angezeigt werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit die Ergebnisse in gängigen Formaten (Microsoft-Excel, PDF, CSV, Matlab) zu exportieren. Um zusätzliche Bediensicherheit zu schaffen, können unterschiedliche Benutzer angelegt und verwaltet werden. Hierbei kann jedem Nutzer beliebig der Zugriff auf Teile der Software entzogen bzw. gegeben werden. Durch ein einfaches Login-Logout-System (Abbildung 16) ist es weiterhin möglich im laufenden Betrieb (z.B. Schichtwechsel) einen anderen Benutzer an- bzw. abzumelden. So können Tätigkeiten zur Gerätekonfiguration ausschließlich von Administrator-Nutzern durchgeführt werden. Über die Datenbank können die angemeldeten Nutzer identifiziert werden.

Bitte loggen Sie sich mit Ihrem Benutzerkonto ein.

Benutzername:

Passwort:

Abbildung 16: Nutzerverwaltung



3. Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Das im Vorhaben entwickelte Gerätesystem ermöglicht erstmals die schnelle In-Prozess Analyse der Zusammensetzung von Wurstprodukten aus Geflügelfleisch vor, während und nach der Produktion. Das gekapselte Gehäusedesign erlaubt den direkten Einsatz des Gerätes in der Produktion. Die einfach zu handhabende Software bietet eine Bedienung des Gerätes auch durch ungeschultes Personal. Die Trennung der Nutzerrechte innerhalb der Software in Administratoren und Messnutzer schafft zusätzliche Sicherheit vor Bedienungs- und Konfigurationsfehlern. Über die integrierte Produktdatenbank lassen sich vollkommen neue Möglichkeiten zur Produktionsüberwachung realisieren. Die Qualität von Ausgangs-, Zwischen- und Endprodukten lässt sich mit dem System lückenlos erfassen und dokumentieren. Über einen Export der Probenresultate in Form von pdf-, Excel und csv Dateien kann der Produktionsprozess überwacht und dokumentiert werden. Über den Export von csv Dateien wurde auch eine Schnittstelle zum LIMS geschaffen, was die Integration der Messergebnisse in Labormanagementsysteme ermöglicht. Dies schafft die Voraussetzung zum Qualitätsnachweis gegenüber Kunden und Kontrollbehörden, ohne zusätzlichen Laboraufwand und trägt somit wesentlich zur effizienten Sicherung der Lebensmittelqualität sowie zur Wirtschaftlichkeit der Lebensmittelproduktion bei. Das im Vorhaben entwickelte Messsystem wird in weiterführenden Entwicklungen auch für andere Probengruppen kalibriert und somit auch für andere Bereiche der Lebensmittelüberwachung nutzbar gemacht.

4. Angaben zu erworbenen bzw. angemeldeten Schutzrechten für Vorhabensergebnisse

Die Schutzrechtsfähigkeit der im Vorhaben erarbeiteten Lösungsansätze und Methoden wird derzeit geprüft.

5. Zusammenstellung aller durchgeführten und geplanten Veröffentlichungen (Artikel in Zeitschriften, Seminare, Schulungen, Vorträge, Messen, Ausstellungen, Präsentationen)

geplante Veröffentlichungen

- Veröffentlichung der Ergebnisse in Journal of Near Infrared Technologie und in NIR-News, geplant für 3. Quartal 2019
- Veröffentlichung der Ergebnisse in NIR News, geplant 3. Quartal 2019
- Veröffentlichung in „Fleischwirtschaft“, geplant 4. Quartal 2019