

A. Kurzdarstellung

1. Ausgangssituation und Projektziel

Die Hygiene ist bei der Herstellung von Lebensmitteln und im Speziellen von Wurstwaren ein entscheidendes Qualitätsmerkmal und Grundvoraussetzung zur Abgabe gesundheitlich unbedenklicher Produkte an den Verbraucher. Im Projekt stellte sich die Operationelle Gruppe der Herausforderung des Einsatzes von innovativen Oberflächenbeschichtungen zur Absicherung der Produkthygiene. Durch den Zusammenschluss von Wirtschaftsunternehmen mit einer Wissenschaftseinrichtung und eines Untersuchungslabors sollten die Kernkompetenzen der einzelnen Partner optimal verknüpft werden. Ziel des Vorhabens war die Verbesserung der hygienischen Bedingungen in den Bereichen Schlachtung und Wurstwarenherstellung bei der handwerklichen Produktion mittels einer neuen Technologie zur Beschichtung von Oberflächen im Nanometerbereich. Dabei wurden während der Produktion stark beanspruchte Maschinen und Gegenstände, wie Rupffinger zur Entfederung des Geflügels (s. Abbildung 1) oder der Boden vor den Räucheranlagen, beschichtet. Die Beschichtung sollte neben der möglichen Materialschonung, eine Antischmutz-anhaftung und damit verbunden, eine leichte mikrobielle Reinigung ermöglichen.



Abbildung 1: Rupffinger

2. Mitglieder der Operationellen Gruppe

Antragsteller:

Gönnataler Putenspezialitäten GmbH, Gönnabach 2, 07778 Lehesten, OT Altengönna

Mitwirkende Einrichtungen:

- Gönnatal - Agrar eG, Gönnabach 2, 107778 Lehesten, OT Altengönna
- Frankenförder Forschungsgesellschaft mbH, Potsdamer Str. 18 a, 14943 Luckenwalde

Beauftragtes Labor für Dienstleistung:

- SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH (ehemals Food GmbH Jena), Orlaweg 2, 07743 Jena

3. Projektlaufzeit und Ablauf der Vorhabens

Die Laufzeit des Vorhabens war vom 01.01.2016 bis 31.12.2017. Der im Projektantrag aufgestellte Arbeitsplan ist in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Arbeitsplan bei Projektbeantragung

Zeitplan	Kooperationspartner	Arbeitspaket	
01.01.16-31.01.16	FFG	1	Recherchen zu Erkenntnissen aus der Literatur bezüglich Anwendungseigenschaften, Unbedenklichkeit, alternative Substanzen
01.02.16-15.02.16	Antragsteller FFG	2	Auswahl und Beschichtung der genannten Flächen (Rupffinger, Schlachtumfeld), Funktionstest (Stoßfestigkeit, Kratzsicherheit)
16.02.16-31.07.16	Antragsteller FFG	3	Durchführung von Versuchen in der Schlachtung; <u>Antragsteller</u> : Vergleich der Reinigung und Desinfektion mit und ohne Beschichtung, Probenahme, Aufwandsberechnung, Produktbewertung
01.03.16-31.07.16	SYNLAB	4	Mikrobiologische Untersuchungen (insbesondere Gesamtkeimzahl) und Bewertungen entsprechend des Versuchsplanes
01.08.16-31.08.16	alle	5	Versuchsauswertung, Festlegungen zur weiteren Untersuchung
01.09.16-15.09.16	Antragsteller FFG	6	Verbesserungen und Ausweitung der Beschichtungen an den Rupffingern und im Umfeld
16.09.16-31.12.16	Antragsteller FFG	7	Versuchswiederholung, Untersuchungen zur Langlebigkeit der Beschichtungen bei unterschiedlicher Beanspruchung
01.10.16-31.12.16	SYNLAB	8	Wiederholung der mikrobiologischen Untersuchungen und Bewertungen
01.01.17-15.01.17	Antragsteller FFG	9	Beschichtungen im Bereich der Verarbeitung an den genannten Stellen
16.01.17-31.05.17	Antragsteller FFG	10	Wiederholung AP3 im Bereich der Verarbeitung
01.02.17.-31.05.17	SYNLAB	11	Wiederholung AP 4 für Verarbeitungsbereich
01.06.17-30.06.17	alle	12	Versuchsauswertung und ggf. Umsetzung von Verbesserungen
01.07.17-30.11.17	Antragsteller FFG	13	Wiederholung AP 10, Langzeittest, Produktbewertungen, Berechnungen (Kosten-Nutzen-Analyse)
01.07.17-30.11.17	SYNLAB	14	mikrobiologische Untersuchungen analog zuvor
01.12.17-31.12.17	alle	15	Formulierung von Anwenderempfehlungen bezüglich der geeigneten Flächen, Erstellung Abschlussbericht

4. Ergebniszusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden (vgl. Auszug aus dem Förderantrag bei Antragstellung):

- Führt eine einfache Zwischenreinigung mit klarem Wasser zur Keimreduktion? Reicht am Produktionsende die Reinigung mit Trinkwasser zur wirksamen Reinigung aus und kann damit das Desinfektionsintervall verändert werden, um Zeit und Kosten zu reduzieren und Resistenzen zu verhindern?

Wie in den mikrobiologischen Ergebnissen dargestellt, ist eine Reinigung mit Trinkwasser am Ende der Produktion nicht ausreichend. Die Projektergebnisse zeigen zwar, dass abhängig von der Probenstelle, annehmbare Ergebnisse erzielt wurden, eine daraus resultierende Veränderung der Desinfektionsintervalle war allerdings nicht möglich. Die Minimierung des Produktrisikos steht an höchster Stelle der Eigenverantwortung des Lebensmittelunternehmers, womit eine Desinfektion zur Keimreduzierung unumgänglich ist. Der Mehrwert der Beschichtung mit der funktionalen Oberfläche liegt in der Erhöhung der Sicherheit einer effektiven Zwischenreinigung. Bei Produktwechsel wird üblicherweise zwischengereinigt, aber nicht desinfiziert. Durch die nanotechnologische Beschichtung kann eine Keimreduzierung bei einfacher Zwischenreinigung mit Wasser unterstützt werden. Dieser Effekt konnte bei den Schneidbrettern, der Schnecke am Wolf und dem Touchpad am Kutter beobachtet werden. Zur Schmutzanhaftung konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden: Die bei den Schlachthaken auftretende Fettfilmbildung während der Produktion wies keinen Unterschied in der Intensität zwischen beschichteten und nicht beschichteten Schlachthaken auf. Bei der optischen Beurteilung der beschichteten Stellen und Gerätschaften im Vergleich zu den Referenzstellen wurde festgestellt, dass bei den Rupffingern, die beschichtet wurden, eine nicht so großflächige Verkrustung wie bei den nicht beschichteten Rupffingern zu finden war. Der Unterschied war aber allgemein nur minimal. Bei der Wasserreinigung konnte kein Unterschied in der Menge des Abgangs des Schmutzes beobachtet werden.

- Führt die verbesserte mikrobiologische Qualität zu verlängerten Haltbarkeiten der Endprodukte?

Die Projektergebnisse liefern hierfür keine konkreten Erkenntnisse.

- Wie langlebig ist die Beschichtung, hält sie der Belastung durch Messer, Rollwagen etc. stand und wenn ja wie lange? Daraus ergibt sich die Berechnung des Beschichtungsaufwandes pro Jahr.

Die Überprüfung des Vorhandenseins der Beschichtung und somit die Bewertung der Stoß- und Kratzfestigkeit der beschichteten Flächen und Gerätschaften wurde im Projekt mit zwei standardisierten Methoden durchgeführt, da die Beschichtung mit dem bloßen Auge nicht sichtbar ist. Dafür wurden das Ablaufverhalten von Öl und Wasser sowie der Kontaktwinkel zur Oberfläche auf der beschichteten Oberfläche untersucht. Zusammenfassend sind die Methoden zur Überprüfung der Beschichtung allgemein als schwierig einzuordnen. Es müsste eine bessere Methode gefunden werden, die offensichtlicher die beschichteten Oberflächen zeigt. Im Alltag der fleischverarbeitenden Industrie stellt die Möglichkeit der Überprüfung der Beschich-

ung mit Kontaktwinkel und Ablaufwinkel des Wassers keine praxisrelevante Lösung dar.

- Können Verfärbungen (Fußboden) und Abnutzungen (Räder) durch die Beschichtung reduziert werden?

Die mögliche Abnutzung sowie Verfärbungen wurden begleitend während der Versuchsdurchführung untersucht. Bei dem Fußboden vor der Räucherkammer, wie in der Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt, war die nicht beschichtete Seite des Fußbodens deutlich verschmutzter durch Rußablagerungen im Vergleich zur beschichteten Seite.



Abbildung 2: Fußboden, nicht beschichtet



Abbildung 3: Beschichteter Fußboden

Bei allen anderen Flächen und Gerätschaften konnte in den Versuchen kein Unterschied bei der Schmutzanhaftung festgestellt werden. Bei der optischen Beurteilung und der Untersuchung des Easy-to-Clean Effektes war kein Ergebnis darstellbar.

- Kann die erwartete Unbedenklichkeit bestätigt werden?

Die Bestätigung der Unbedenklichkeit wurde durch die Beschichtungsfirma dargestellt. Der Bezug zu allen maßgeblichen Verordnungen wurde hierbei hergestellt.

Die ausführliche Darstellung der Ergebnisse erfolgt während der Abhandlung von Unterpunkt B „Eingehende Darstellung“.

B. Eingehende Darstellung

5. Verwendung der Zuwendung

Die Zuwendung wurde für die Bearbeitung des Projektinhaltes und die damit anfallenden Personalkosten im Bereich der Produktion und Qualitätssicherung eingesetzt. Zusätzlich wurde die Zuwendung für die Kosten für projektbezogene Leistungen, der in der Operationellen Gruppe agierenden Wissenschaftler eingesetzt. Der Dienstleister SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH wurde ebenfalls anteilig mit der Zuwendung bezahlt. Dieser übernahm die Untersuchung der im Projekt genommenen mikrobiologischen Proben.

6. Ausgangssituation und Projektaufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war die Verbesserung der hygienischen Bedingungen in den Bereichen Schlachtung und Wurstwarenherstellung bei der handwerklichen Produktion mittels einer neuen Technologie zur Beschichtung von Oberflächen im Nanometerbereich. Die hergestellten Flüssigkeiten erzeugen, basierend auf den Grundlagen des nass-chemischen Sol-Gel-Prozesses, nanoskalige funktionale Schichten. Trotz Reduktion des Reinigungsaufwandes während und nach der Produktion sowie der Reduktion der Anwendung zugelassener Desinfektionsmittel mit entsprechenden Einwirkzeiten und Anwendungsempfehlungen sollte durch eine neuartige Beschichtung der Oberflächen im Nanometerbereich eine verbesserte Hygiene in der Produktion möglich werden. Es sollten die im Labor gewonnenen Erkenntnisse zur Wirksamkeit der Beschichtung gegenüber Krankheitserregern in die Praxis überführt werden. Der Nachweis erfolgte auf Basis mikrobiologischer Untersuchungen (SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH/Jena). Der Unbedenklichkeitsnachweis erfolgte auf Basis von Gutachten des Herstellers der Nanotechnologie und der wissenschaftlichen Bewertung durch die Frankenförder Forschungsgesellschaft mbH (FFG, Luckenwalde). Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung zu den Kosten zum Aufbringen der Schutzschicht im Vergleich zum Nutzen der Oberflächenveränderung (-veredelung) insgesamt sollte durchgeführt werden. Ziel war es, dass Handwerksbetriebe und Direktvermarkter in die Lage versetzt werden, ihrer Sorgfaltspflicht zur Auslieferung unbedenklicher Produkte mit dem zu entwickelnden Anwendungsverfahren der Oberflächenbeschichtung besser nachkommen zu können. Durch die Einspareffekte im Reinigungs- und Desinfektionsprozess und die verbesserte Auslastung der Maschinen sollte auch eine Verbesserung der Wirtschaftsleistung erreicht werden.

Zusammenfassend sollten im Rahmen der Versuche folgende Fragestellungen geklärt werden:

- Führt eine einfache Zwischenreinigung mit klarem Wasser zur Keimreduktion?
- Reicht am Produktionsende die Reinigung mit Trinkwasser zur wirksamen Reinigung aus und kann damit das Desinfektionsintervall verändert werden, um Zeit und Kosten zu reduzieren und Resistenzen zu verhindern?
- Wie langlebig ist die Beschichtung, hält sie der Belastung durch Messer, Rollwagen etc. stand und wenn ja wie lange? Daraus ergibt sich die Berechnung des Beschichtungsaufwandes pro Jahr.
- Können Verfärbungen (Fußboden) und Abnutzungen (Räder) durch die Beschichtung reduziert werden?

7. Zusammenarbeit der OG

Die Zusammenarbeit innerhalb der Operationellen Gruppe gestaltete sich wie im Folgenden beschrieben: Zum Projektanfang fand ein Auftakttreffen statt. Weitere regelmäßige Projekt- und Arbeitstreffen erfolgten in Absprache, um die jeweiligen Projektergebnisse zu diskutieren und die weiteren Arbeitsschritte festzulegen. Während der Projektbearbeitung fand ein reger telefonischer und schriftlicher Austausch zwischen den Partnern statt. So konnte immer zeitnah auf die gewonnenen Erkenntnisse reagiert werden. Durch den Zusammenschluss der Operationellen Gruppe konnte ein Mehrwert generiert werden. Dieser lag in dem Zusammenschluss der Mitglieder der OG aus verschiedenen Branchen, wie Wissenschaft und Praxisunternehmen. Gerade die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis führte zur Verknüpfung der vorliegenden unterschiedlichen Kompetenzen und konnte diese potenzieren. Durch die OG konnten die Stärken der verschiedenen Partner optimal genutzt werden. Eine weitere Zusammenarbeit der OG nach Projektabschluss ist denkbar, um neue Fragestellungen der hygienischen Bedingungen und Qualitätsfragen in verarbeitenden Betrieben beantworten zu können. Das getestete Beschichtungsverfahren kann für weitere Anwendungen genutzt werden und die erworbene Kompetenz in andere interessierte Unternehmen transferiert werden.

C. Ergebnisse des Innovationsprojektes

Im folgenden Endbericht zum Verwendungsnachweis sind die Bearbeitung sowie die Ergebnisse des Projektes anhand der Themenfelder der Arbeitspakete dargestellt.

7.1 Auswahl und Beschichtung der Flächen (AP 2, 6 und 9)

Die Abarbeitung der AP 2, 6 und 9 wurde abweichend vom aufgestellten Arbeitsplan durchgeführt. Zunächst wurden die Rupffinger der Entfederungsmaschine (s. Abbildung 4) einer Beschichtung unterzogen (s. Abbildung 5). An ihnen erfolgte eine Untersuchung der Stoßfestigkeit und Kratzsicherheit. Zusätzlich wurde an den beschichteten Rupffingern eine mikrobiologische Untersuchung durchgeführt (vgl. Berichtsabschnitt

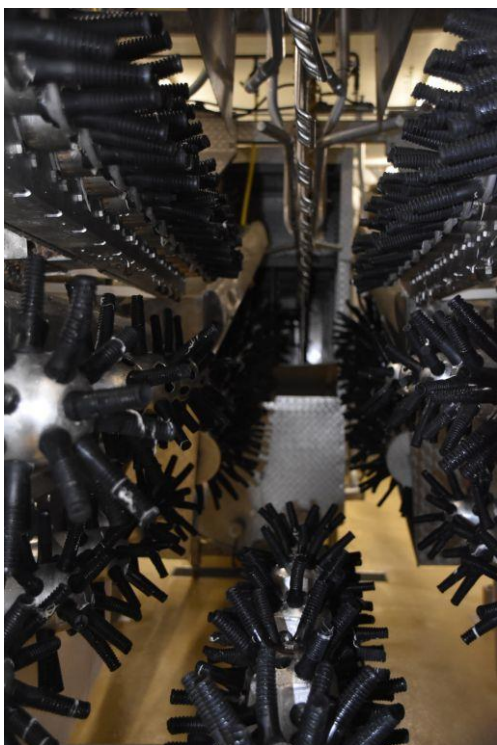


Abbildung 4: Entfederungsmaschine

„mikrobiologische Untersuchung“). Durch die Versuchsauswertung konnten weitere Flächen im Schlachtfeld ausgewählt werden. Die für 2017 geplanten Beschichtungen im Verarbeitungsumfeld wurden vorgezogen. Im Antrag wurde angedacht, dass zuerst die Beschichtung im Schlachtfeld und anschließend die Beschichtung in der Verarbeitung durchgeführt werden. Dies erfolgte aus folgenden Gründen nicht in der aufgezeigten Reihenfolge: Die Beschichtungsfirma hat ihren Sitz im Saarland. Durch den erheblichen Aufwand zur Anreise eines Technikers wurde die Beschichtung von allen Flächen / Oberflächen in einem Durchgang durchgeführt. Zusätzlich

konnten durch die Beschichtung der Rupffinger erste Erfahrungen gesammelt werden, die auf die anderen Objekte übertragen werden sollten (z.B. die Methode der mikrobiologischen Probennahme). Für den Arbeitsplan ergaben sich daraus keine inhaltlichen Konsequenzen. Der Entwicklungsaufwand blieb im Volumen bestehen.

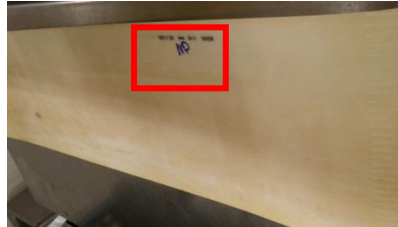


Abbildung 5: Rupffinger beschichtet/ nicht beschichtet

In der folgenden Tabelle 2 sind die beschichteten Stellen und Gerätschaften des Schlacht- und Verarbeitungsumfeldes dargestellt. Für die Beprobung wurden die „Worst Case“-Stellen im Produktionsbereich ermittelt. Dies erfolgte anhand einer wissenschaftlichen Risikoanalyse.

Tabelle 2: Beschichtete Flächen und Gerätschaften

Förderband der Aufschnittmaschine (Slicer): Halbseitige Veredelung



→Markierung: NP auf dem Förderband und Striche an den Seiten zur Abgrenzung

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Das Aufschneiden (Slicen) von Wurstwaren stellt ein sehr komplexes Verfahren dar. Problematisch ist eine mögliche Rekontamination der bereits durch Pasteurisation haltbar gemachten Produkte (wie z.B. Brühwurst) mit verderbnis- und krankheitserregenden Mikroorganismen. Diese befinden sich zum einen in der Luft und zum anderen auf den Oberflächen der Geräteteile. Um das Risiko der Rekontamination der Produkte so gut wie möglich zu vermeiden oder gar ausschließen zu können, muss im Umfeld des Slicers ein strenges Reinigungs- und Desinfektionsprogramm durchgeführt werden. Grundvoraussetzung für das Slicen ist ein GMP-gerecht (gute Herstellungspraxis) gestalteter Raum mit Anlagen, welche leicht zu reinigen und tottraumfrei ausgeführt sind. Dies zeigt auf, warum der Slicer in die ausgewählten Flächen mit einbezogen wurde.

Fußboden vor Räucher-kammer: Veredelung einer kleinen Fläche



– Veredelung des Bodens vor einer Räucher-kammer

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Der Fußboden vor den Räucher-kammern ist ein stark beanspruchter Bereich, durch die mechanische Belastung der Rollen der Räucherwagen und des Schmutzes, der beim Räucherprozess in den Anlagen entsteht. Dieser setzt sich auch vor den Kammern am Fußboden fest. Dort galt es, zu prüfen, ob neben der Veränderung des mikrobiellen Status, der Easy-to-Clean-Effekt der Beschichtung eine Wirkung zeigt.

Schlachthaken: Komplette Veredelung von 4 Schlachthaken

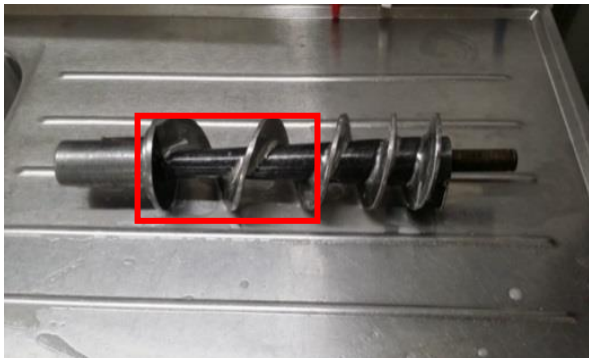


→ Veredelung von 4 Schlachthaken; Markierung: Kabelbinder, schwarz an der oberen Aufhängung

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Beim Entladen aus den Tiertransportern werden die Schlachttiere aus den Käfigen entnommen und manuell an ihren Ständern in die Schlachthaken gehängt. Diese befinden sich am Schlachtband, das die Tiere automatisch der Betäubung zuführt (im Falle einer Elektrobetäubung). Die Schlachtkörper durchlaufen den gesamten Schlachtprozess an den dargestellten Haken, bevor sie wieder ausgehängen und in das Kühlhaus gebracht werden. Die Schlachthaken sind sowohl durch mögliche Gefiederanhaftungen als auch andere tierische Bestandteile eine potentielle Gefahrenquelle [14]. Dies verdeutlicht das hohe hygienische Risiko, das durch die Schlachthaken bei nicht sachgerechter Reinigung verursacht werden kann.

Schnecke Wolf: Halbseitige Veredelung



→ Veredelung des hinteren Teils, die letzten 3 Windungen

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Beim Wolfen dient die Zuführschnecke als Förderelement, welches das rohe Fleisch zum Schneidelement fördert. Zusätzlich wird der Wolf zur Vorbereitung des Brätes von Rohwurstprodukten eingesetzt. Diese Produkte werden nur durch Säuren, Salzen und Wasserentzug haltbar gemacht. Eine thermische

Behandlung erfolgt nicht. Ein niedrigerer Keimstatus im Brät ist dabei unverzichtbar. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit einer gründlichen Reinigung und Deinfektion der Wolfschenke, was die Auswahl der Schnecke begründet.

Touchpad Kutter: Halbseitige Veredelung



→ Veredelung des unteren Bereiches, mit Not-Aus-Knopf

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Personalhygiene, im speziellen die Handhygiene, ist ein wichtiger Bestandteil zum Ausschluss von Kreuzkontamination mit verderbnis- und krankheitserregenden Bakterien. Die Mitarbeiter der fleischverarbeitenden Betriebe benutzen das Touchpad des Kutters routinemäßig. Neben der bakteriellen Übertragung haftet auch Fett und anderes organisches Material an der Oberfläche. Aus diesen Gründen wurde das Touchpad vom Kutter für die Veredelung ausgewählt.

Türhebel: Komplette Veredelung eines Türhebels

→Veredelung des Türhebels zur Gangseite

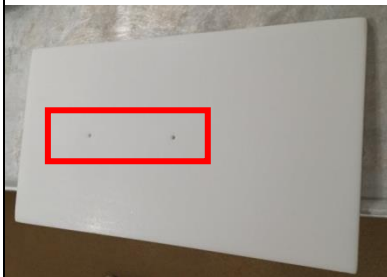


Begründung zur Auswahl der Fläche:

Die Türhebel wurden bewusst aus dem Umfeld der Frischfleischbearbeitung ausgesucht. Die Tür zur Geflügelzerlegung ist ein stark benutzter Bereich. Die Gefahr von Kreuzkontamination ist besonders hoch.

Der Türhebel wurde aus dem gleichen Grund wie das Touchpad am Kutter für die Versuchsdurchführung ausgewählt, um das hohe Risiko der Übertragung der Keime durch die Hände der Mitarbeiter verhindern zu können.

Schneidbrett Verarbeitung: Komplette Veredelung eines Brettes



→beidseitige Veredelung, Markierung: zwei Bohrungen, Beschriftung „NP“ an langer Brettseite

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Bei der Herstellung von Wurst- und Fleischwaren sind die Schneidbretter einer ständigen Belastung ausgesetzt. Diese wird vor allem durch den Einsatz von scharfen Fleischermessern hervorgerufen. Diese verursachen schmale Rillen, die besonders anfällig für die Vermehrung von schädlichen Mikroorganismen sind. Aus diesem Grund wurden die Schneidbretter zur Beschichtung ausgewählt.

Darmrinne Schlachtung: Halbseitige Veredelung



→Veredelung der linken Seite, gesehen vom Abfluss

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Die Darmrinne bei der Schlachtung dient zum Auffangen des Magen-Darm-Paketes während der Schlachtung. Die Eviszeration gehört im Schlachtprozess zu den Stellen, die eine der höchsten Kontaminationsgefahren für den Schlachtkörper aufweisen. Die Personal- und Schlachthygiene sowie der hygienische Umgang mit den Gerätschaften sind hierbei besonders wichtig.

Tränken: äußerliche Veredelung



→Veredelung zweier Tränken außenseitig; Markierung innenseitige Beschriftung „NP“

Begründung zur Auswahl der Fläche:

Die Tränken im Putenstall sind hohen Keimbelastungen ausgesetzt. Sie sind für mehrere Wochen im Einsatz bevor sie gereinigt und desinfiziert werden können. Die Keimbelastung im Stall ist höher als im Lebensmittelbetrieb, die Reinigung ist nur eingeschränkt möglich, solange der Stall mit Tieren belegt ist.

Der Ablauf der Beschichtung unterscheidet sich durch die Oberflächenbeschaffenheit in raue und glatte Oberflächen. Grundsätzlich muss der Untergrund sehr gründlich von Schmutz und Fett gereinigt werden bevor die Beschichtung aufgebracht wird. Dies ist notwendig, um eine lange Haltbarkeit der Beschichtung zu sichern. Die Beschichtung ist nur so haltbar und belastbar, wie das Material, auf dem sie aufgetragen wird.

Ablauf der Beschichtung auf glatten Oberflächen:

1. Vorreinigung mit Fettlöser, Kalklöser, Korrosionslöser – Schwamm und Stahlschwamm zum Entfernen leichter Ablagerungen
2. Abspülen mit Leitungswasser
3. Abreiben mit Mikrofasertuch, um Partikel und Reinigungsmittelreste aufzunehmen
4. Fläche abziehen und trocken wischen
5. Fläche nachreinigen mit einem Alkohol/Wasser-Gemisch
6. Fläche trocken wischen mit Mikrofasertuch
7. Aufbringen der Versiegelung (auf Alkoholbasis) mit Sprühflasche (sattes Auftragen)
8. Nachwischen und Verteilen der Versiegelung mit Mikrofasertuch

Ablauf der Beschichtung auf rauen Oberflächen/ Fußboden:

1. Vorreinigung mit Spezialreiniger, um Reinigungsmittelreste zu entfernen
2. Maschinelle Vorreinigung mit Fettlöser
3. Abspülen mit Leitungswasser
4. Abziehen des Bodens
5. Nachtrocknen mit Mikrofasertuch (Fläche muss nicht 100 % trocken sein, da Versiegelung auf Wasserbasis ist)
6. Versiegelung (Wasser/Alkohol-Basis) satt auftragen
7. Versiegelung mit Pinsel verteilen
8. Versiegelung trocknen lassen

In dem vorliegenden Projekt sollte die Langlebigkeit der zu beschichtenden Stellen betrachtet werden. Dabei ist ein sachgemäßer Umgang zur Erhaltung der Beschichtung maßgeblich. Dies beinhaltet folgende Punkte, in kursiv ist die wissenschaftliche Bewertung zur Nutzung im Verarbeitungsbetrieb und Schlachthof ergänzt.

- Die Beschichtung verliert ihre Stabilität bei längerer Belastung von pH-Werten unter 2 (ideal 2,5 -12).

Der Reinigungsplan der Gönntaler Putenspezialitäten GmbH umfasst folgende Reinigungsmittel: Biotec (pH-Neutral, Reinigung) und BTS 3000 (Flüssiger alkalischer Schaumreiniger mit Desinfektion: Löst Eiweiß- und Fettverschmutzungen besonders effektiv. Als Betriebsunterhaltsreiniger bestens geeignet). Die angewandten Reinigungs- und Desinfektionsmittel besitzen keinen pH-Wert unter 2. Ein Einsatz der gewöhnlichen Reinigungsmittel ist also möglich, ohne die Beschichtung anzugreifen.

- Desinfektions- und Reinigungsmittel können eingesetzt werden, sollten aber direkt nach jedem Auftrag wieder gründlich entfernt und nicht auf der Fläche belassen werden.

Beim Einsatz des Desinfektionsmittels erfolgt kein Nachspülen oder Nachtrocknen. Das Abtrocknen hinterlässt die saubere Oberfläche. Ein Abtrocknen ist keine Option, weil durch den Einsatz von Lappen eine Rekontamination der Oberfläche entstehen würde.

- Zur Reinigung sollten am besten warmes Wasser und ein Mikrofasertuch benutzt werden. Die Reinigung mit Hochdruckreinigern und Wasserschläuchen ist unbedenklich. Es sollten keine Drahtbürsten, Spachtel und ähnliches eingesetzt werden.

Die Reinigung erfolgt bei Temperaturen zwischen 50 und 60 °C. Der alleinige Einsatz eines Mikrofasertuches ist nicht ausreichend, begründet in der Größe der zu reinigenden Flächen und der Gefahr der Rekontamination durch das Mikrofasertuch. Die Reinigung erfolgt mittels des Einsatzes von Niederdruckwasser. Diese Eignung ist maßgeblich für den Einsatz in Wurstverarbeitungs- und Schlachtbetrieben. Bei der Herstellung von Wurstwaren können Bürsten zur Entfernung des Grobschmutzes eingesetzt werden. Dies ist vor allem notwendig, wenn es sich um eine hartnäckige Verschmutzung handelt. Auf Drahtbürsten und Spachtel kann verzichtet werden. Die Beschichtung muss hierbei auf ihre Eignung geprüft werden.

8. Überprüfung der Stoß- und Kratzfestigkeit (AP 2 und AP 7)

Die Überprüfung des Vorhandenseins der Beschichtung und somit die Bewertung der Stoß- und Kratzfestigkeit der beschichteten Flächen und Gerätschaften wird nach folgender Methode und mit dem aufzeigten Material überprüft. Die Methode wurde im Laufe der Versuchsdurchführungen weiterentwickelt.

Da die Beschichtung mit dem bloßen Auge nicht sichtbar ist, wurde vor der Beschichtung bei der Firma eine Methode zur Überprüfung der Beschichtung angefragt. Im Folgenden ist ein Auszug aus der E-Mail der Ansprechpartnerin Frau Müller-Winter bei der Beschichtungsfirma dargestellt:

„Bezgl. der Überprüfung der Beschichtung empfehlen wir einen Funktionstest mittels den Prüfflüssigkeiten Wasser oder Öl. Für die Testung ist es absolut notwendig, dass die Oberflächen sauber/ frei von Rückständen sind und absolut trocken. An Hand des Kontaktwinkels bzw. Ablaufverhaltens von Wasser oder Öl kann ein Unterschied zwischen veredelter und unveredelter Oberfläche gezeigt werden. Des Weiteren lassen sich die veredelten Oberflächen deutlich leichter reinigen als die unveredelten.“

Im Folgenden werden zum Verständnis die Begriffe **Kontaktwinkel** und **Ablaufverhältnis** näher beschrieben. Der Kontaktwinkel ist der Winkel zwischen einer Flüssigkeitsoberfläche und der Kontaktfläche (s. Abbildung 6). Er ist ein Maß für die Benetzbarkeit der Oberfläche. Bei extrem geringer Benetzbarkeit tritt der Lotuseffekt ein.

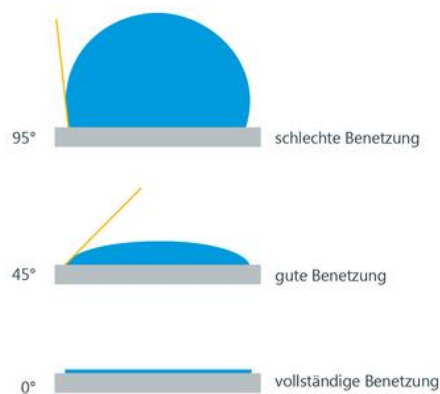


Abbildung 6: Kontaktwinkel [2]

Die Wassertropfen sind dabei annähernd kugelförmig und rollen bei einer geringen Steigung. Die beschichtete Oberfläche müsste einen Lotuseffekt aufweisen. Die Tropfen müssen demnach höher erscheinen, als bei der nicht beschichteten Oberfläche. Das Ablaufverhältnis beschreibt, wie schnell und in welcher Form die Flüssigkeit von der Fläche abläuft.

Zur Überprüfung der Beschichtung wurden die beschichteten und nicht beschichteten Oberflächen mit Wasser oder Öl betropft. Wie in Abbildung 7 und der Abbildung 8 dargestellt, wurde die Untersuchung mit einer Spritze zur Tropfenbildung durchgeführt.



Abbildung 7: Tropfentest mit Öl

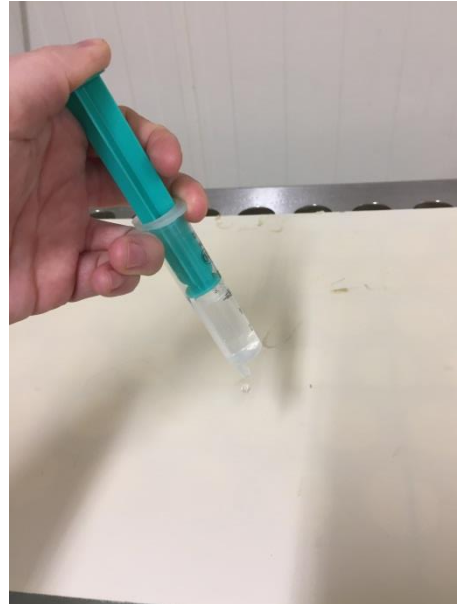


Abbildung 8: Tropfentest mit H₂O

Während der Versuchsdurchführung ergaben sich Schwierigkeiten bei der Ergebnisinterpretation der Überprüfungsmethode 1. Zur Verbesserung der ersten Methode wurde eine größere Menge an H₂O eingesetzt und die Überprüfung der Beschichtung „blind“ durchgeführt. Dies bedeutet, dem Untersuchenden war nicht bekannt, welche Seite oder welches Objekt beschichtet ist. Dies sollte verhindern, dass die Betrachtung der beschichteten Oberflächen subjektiv durchgeführt wird.

Die Tabelle 3 zeigt die Handhabung der beschichteten Oberflächen/Gerätschaften im Fleischereialltag sowie den Grad der Belastung. Neben den aufgezeigten Funktionen werden alle Oberflächen und Gerätschaften regelmäßig gereinigt und desinfiziert. Die Vorreinigung erfolgt mit Hochdruck mittels eines Kärchers.

Tabelle 3 Funktion/Nutzen/Belastung der beschichteten Oberflächen

Flächen/Gerätschaft	Funktion/Nutzen	Abrasive und allgemeine Belastung
Förderband Slicer	Abtransport geschnittener Wurst- und Fleischwaren aus dem Slicer	<i>Geringe abrasive Belastung, nur Abnahme und Auflage der Wurst- und Fleischwarenscheiben</i>
Touchpad Kutter	Zum Bedienen des Kutters, Auswahl verschiedener Funktionen	<i>Geringe abrasive Belastung, Bedienung nur per Fingerdruck</i>

Flächen/Gerätschaft	Funktion/Nutzen	Abrasiv und allgemeine Belastung
Schnecke Wolf	Vorschub der Fleischrohstoffe innerhalb des Wolfs	<i>Mittlere abrasive Belastung, durch eventuelle Bürstenreinigung</i>
Fußboden Räucherei	Arbeitsschutzsicherer Boden	<i>Mittlere abrasive Belastung durch das Be- und Entladen der Räucherstandardwagen</i>
Schlachthaken	Einhängen der Tiere für den Schlachtprozess	<i>Geringe bis mittlere abrasive Belastung</i>
Türhebel	Öffnen der Tür	<i>Geringe abrasive Belastung</i>
Darmrinne	Auffangen und Waschen Därme etc. bei Schlachtung	<i>Geringe abrasive Belastung</i>
Rupffinger	Entfederung des Geflügels	<i>Mittlere abrasive Belastung, Schlagkraft/Federkiele?</i>
Schneidebrett	Chargierung und Zerlegung von Fleischrohstoffen	<i>Hohe abrasive Belastung durch Messereinsatz</i>

Stoß- und Kratzfestigkeit – Schlachtumfeld

Mit dem bloßen Auge war kein Unterschied zwischen den beschichteten und nicht beschichteten Oberflächen festzustellen. Die Oberflächen fühlten sich gleich an. Es konnte nicht festgestellt werden, ob die beschichtete Oberfläche glatter ist, als die nicht beschichtete. Deswegen wurde die Methode 1 angewandt, um zu überprüfen, ob die Beschichtung noch vorhanden ist.

Wie in der Abbildung 9 und der Abbildung 10 dargestellt, konnte bei der **Darmrinne** kein Unterschied zwischen der beschichteten und nicht beschichteten Oberfläche festgestellt werden. Die Tropfen wiesen keinen unterschiedlichen Kontaktwinkel auf. Das Abperlverhalten war gleich.



Abbildung 9: Darmrinne, nicht beschichtet

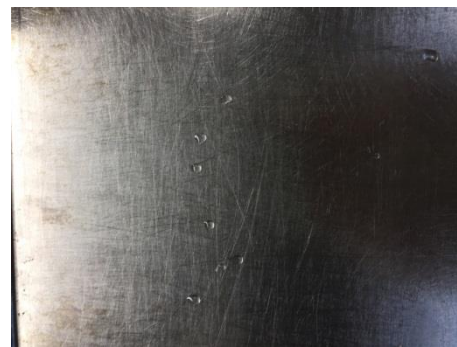


Abbildung 10: Darmrinne beschichtet

Bei den **Schlachthaken** kann vermutet werden, dass auf dem beschichteten Haken, das Wasser minimal schneller abläuft. Ein signifikanter Unterschied konnte jedoch

nicht festgestellt werden. Allgemein ist es schwierig, den Tropftest auf vertikal hängenden Objekten durchzuführen.

Bei den **Türhebeln** wurde die gleiche Ablaufgeschwindigkeit der Wassertropfen beobachtet. Es konnte keine Unterscheidung zwischen beschichtet und nicht beschichtet getroffen werden. Zusätzlich erschwerte der Unterschied des Materials des beschichteten Objekts und Referenzobjektes die Untersuchung.

Kratz-Ergebnisse im Verarbeitungsumfeld

Beim **Touchpad am Kutter** konnte kein Unterschied bei der beschichteten und nicht beschichteten Fläche festgestellt werden. Das Ablaufverhalten des Tropfens war auf beiden Seiten gleich (s. Abbildung 11 und Abbildung 12).



Abbildung 11: Tropftest Touchpad am Kutter

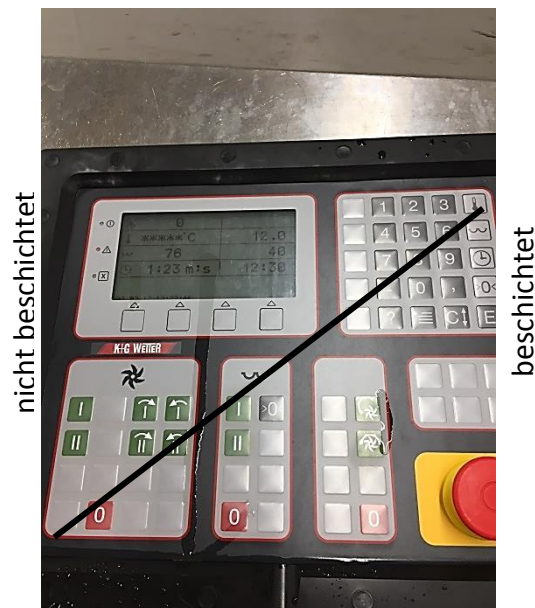


Abbildung 12: Vergleich beschichtet / nicht beschichtet Touchpad am Kutter

Beim **Förderband** wurde der Tropftest mit H_2O und Öl durchgeführt. Bei dem Einsatz von Wasser konnte kein Unterschied festgestellt werden. Bei Öl konnte ein etwas größerer Kontaktwinkel auf der beschichteten Seite des Förderbands beobachtet werden. Der Unterschied fiel jedoch sehr gering aus.

Die Versuche an der **Wolfschnecke** wurden mit Öl und H_2O durchgeführt. Die Überprüfung der Beschichtung mit der Methode I brachte kein aussagekräftiges Ergebnis. Es konnte kein Unterschied in der Tropfenbildung beobachtet werden.

Beim **Fußboden** in der Räucherei konnte der Tropftest nicht durchgeführt werden, da die Oberfläche des Fußboden aus Gründen der Arbeitssicherheit nicht glatt ist. Das **Schneidebrett** wurde komplett beschichtet. Ein Zweites diente als Referenzobjekt. Bei dem beschichteten Brett konnte ein größerer Kontaktwinkel als bei dem nicht beschichteten Brett beobachtet werden. Die Unterscheidung war aufgrund des geringen Unterschiedes der Tropfenbildung sehr schwierig.

Zwischenfazit Stoß- und Kratzfestigkeit

Durch den Einsatz der Methode 1 konnten nur teilweise Unterschiede zwischen den beschichteten und nicht beschichteten Oberflächen beobachtet werden. Eine wirkliche Aussage war schwierig zu treffen. Zur Verbesserung der Methode wurden weitere Versuche an den Rupffingern durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass durch einen höheren Einsatz von H₂O ein deutlicher Lotus/Abperleffekt auf den Rupffingern beobachtet werden konnte (s. Abbildung 13). Aus diesen Beobachtungen wurde die modifizierte Methode 2 zur Untersuchung der beschichteten Flächen entwickelt.



Abbildung 13: Beschichteter Rupffinger

Dabei wird eine größere Menge H₂O eingesetzt.

Ergebnisse der Überprüfung der Beschichtung-Methode 2

Die Überprüfung der beschichteten Oberflächen/Gerätschaften erfolgte „blind“. Dies bedeutet, dem Probennehmer war nicht bekannt, welche Seite oder welches Objekt beschichtet wurde. Beim **Touchpad am Kutter** war es schwierig, den Unterschied zwischen der beschichteten und nicht beschichteten Fläche festzustellen. Das Ablaufverhalten des Wassers wurde auf der oberen Hälfte als abperlender beurteilt. Dies entsprach der nicht beschichteten Fläche. Eine Unterscheidung bzw. Überprüfung der Beschichtung war nicht möglich. Am **Förderband** der Aufschnittmaschine konnte kein Unterschied zwischen der beschichteten und nicht beschichteten Fläche festgestellt werden. Das Objekt wurde mit unterschiedlichen Mengen an H₂O getestet. Das Ergebnis blieb nicht eindeutig. Bei der **Darmrinne** konnte ein Unterschied im Abfließverhalten des H₂O beim Einsatz einer großen Menge beobachtet werden. Bei der einen Seite der Darmrinne perlte das Wasser stärker ab. Beim Einsatz von kleinen Mengen Wasser konnte kein Unterschied festgestellt werden. Die stärker abperlende Seite der Darmrinne war die beschichtete. Bei der Schnecke des **Fleischwolfs** wurde beobachtet, dass sich an der einen Seite das Wasser schneller zusammenzieht als an der anderen Seite des Wolfs. Es handelte sich dabei um die beschichtete Seite der Schnecke. Beim **Fußboden** konnte kein Unterschied festgestellt werden. Bei den **Schneidbrettern** wurde ein unterschiedliches Verhalten des H₂O beim beschichteten und nicht beschichteten Brett festgestellt. Das beschichtete wurde richtig bestimmt. Die **Schlachthaken** konnten nicht mit der Methode 2 geprüft werden, da es zu dem gegebenen Zeitpunkt nicht möglich war, die Kette in Bewegung zu setzen. Durch den großen Einsatz von Wasser erscheint die Methode 2 zusätzlich nicht günstig für vertikal hängende Objekte. Bei den **Türgriffen** war keine Prüfung möglich, da sich diese in Benutzung befanden.

Fazit Überprüfung der Stoß- und Kratzfestigkeit

In der Tabelle 4 ist das Ergebnis der Methode 1 und Methode 2 durch eine farbliche Einordnung dargestellt. Die roten Felder bedeuten, dass keine Beurteilung, ob beschichtet oder nicht beschichtet, möglich war. Die gelben Felder zeigen an, dass eine Unterscheidung möglich war, der Unterschied allerdings nur sehr gering war. Die

grünen Felder beschreiben die Methode und die bestimmte Oberfläche, an der eine Unterscheidung zwischen beschichteter und nicht beschichteter Fläche durch das Verhalten des Wassers gut sichtbar war.

Tabelle 4: Ergebniszusammenfassung

Flächen/Gerätschaft	Methode 1	Methode 2
Touchpad Kutter	Red	Red
Förderband Slicer	Yellow	Red
Schnecke Wolf	Red	Green
Fußboden Räucherei	Red	Red
Schlachthaken	Yellow	Yellow
Türhebel	Red	Red
Darmrinne	Red	Green
Rupffinger	Yellow	Yellow
Schneidebrett	Green	Green

Zusammenfassend ist die Methode zur Überprüfung der Beschichtung allgemein als schwierig einzuordnen. Es müsste eine bessere Methode gefunden werden, die offensichtlicher die beschichteten Oberflächen zeigt. Im Alltag der fleischverarbeitenden Industrie stellt die Möglichkeit der Überprüfung der Beschichtung mit Kontaktwinkel und Ablaufwinkel des Wassers keine praxisrelevante Lösung dar.

9. Versuche zur Schmutzanhaftung (AP 3 und AP 10)

Rupffinger

Durch Anhaftungsversuche sollte untersucht werden, wie sich die beschichteten Rupffinger im Vergleich zu den nicht beschichteten verhalten. Rupffinger sind im technologischen Schlachtprozess einer großen Belastung ausgesetzt. Sie dienen zur Entfederung des Schlachtgeflügels. Vor dem Rupfen findet der Brühprozess bei Temperaturen zwischen 50 und 65 °C statt. Danach erfolgt das Rupfen in einem Tunnelsystem. Dort werden die Federn mit Schaft von rotierenden Gummifingern entfernt. Die Rupfanlage ist ein kritischer Punkt bei der Geflügelschlachtung. Rissige und alte Rupffinger sind Kontaminationsquellen für Lebensmittelinfektionen verursachende Mikroorganismen. In der Abbildung 14 sind der Rupftunnel und die Rupffinger dargestellt.



Abbildung 14: Bilder zum Anhaftungsversuch Rupffinger

Zur Untersuchung der Schmutzhaftung wurden die Masse der Anhaftung des Schmutzes der Rupffinger und die Schmutzanhaftung nach der Wasserreinigung untersucht. Wie in der Abbildung 15 dargestellt, blieben an den beschichteten Rupffingern im Durchschnitt weniger Schmutz haften als bei den nicht beschichteten. Die Ergebnisse nach Wasserreinigung sind in der Abbildung 16 dargestellt.

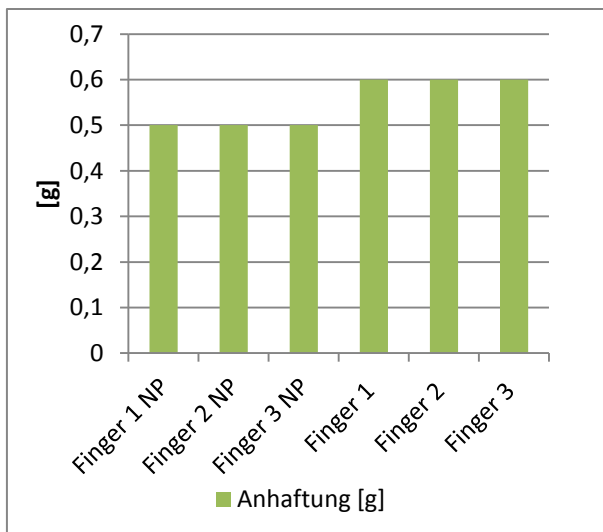


Abbildung 15: Schmutzanhaftungsversuch Rupffinger

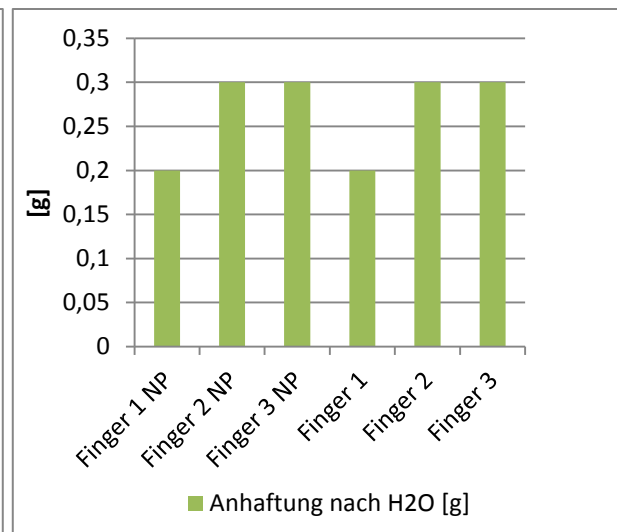


Abbildung 16: Schmutzanhaftung nach Wasserreinigung Rupffinger

Zusätzlich fand eine optische Beurteilung statt. Dabei wurde festgestellt, dass bei den Rupffingern, die beschichtet wurden, eine nicht so großflächige Verkrustung wie bei den nicht beschichteten Rupffingern zu finden war. Der Unterschied war aber allgemein nur minimal. Bei der Wasserreinigung konnte kein Unterschied in der Menge des Abgangs des Schmutzes beobachtet werden.

Fußboden vor Räucherammer

Die Schmutzanhaftung wurde ebenfalls bei dem Fußboden vor der Räucherammer untersucht. Wie in der Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt, war die nicht beschichtete Seite des Fußbodens deutlich verschmutzter durch Rußablagerungen im Vergleich zur beschichteten Seite.



Abbildung 17: Fußboden, nicht beschichtet



Abbildung 18: Beschichteter Fußboden

Bei allen anderen Flächen und Gerätschaften konnte in den Versuchen kein Unterschied bei der Schmutzanhaftung festgestellt werden. Bei der optischen Beurteilung und der Untersuchen des Easy-to-Clean Effektes war kein Ergebnis darstellbar.

10. Mikrobiologische Untersuchung

Methodik Probennahme (AP 3 und AP 10)

Die mikrobiologische Probennahme wurde durch die Gönntaler Putenspezialitäten GmbH und die Frankenförder Forschungsgesellschaft durchgeführt. Die Probenuntersuchung erfolgte in Dienstleistung durch die:

SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH
(ehemals Food Jena GmbH)

Orlaweg2
07743 Jena

Für die mikrobiologische Probennahme wurden Tupfer und Abklatschproben eingesetzt. Die Probennahme wurde passend nach der zu beprobenden Oberfläche ausgewählt. Die Beprobung der Oberflächen erfolgte nach DIN 10113. Die Probenahmestellen wurden vorab festgelegt und schriftlich dokumentiert. Der Ablauf der Probennahme ist in der Abbildung 19 dargestellt.

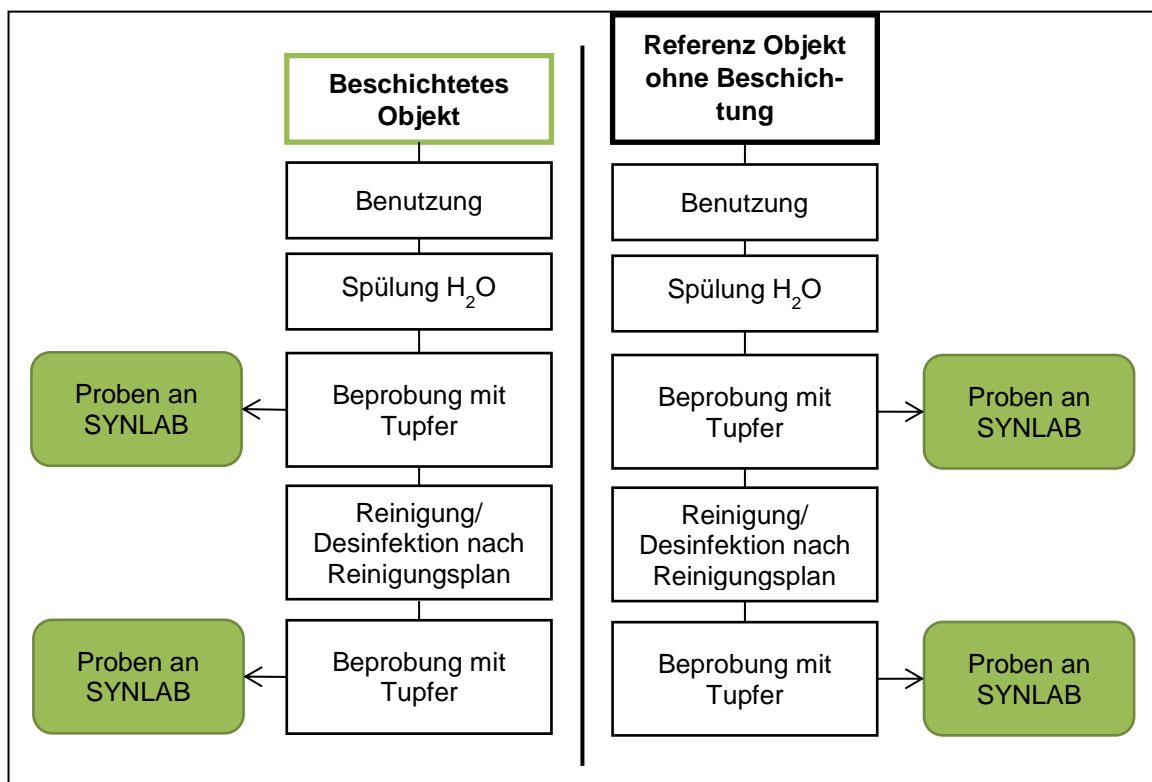


Abbildung 19: Ablauf der Beprobung

Die Flächen wurden, wie in der Abbildung dargestellt, mit Wasser gereinigt. Das Wasser entsprach den Richtlinien der Trinkwasserverordnung. Die Tupfer wurden auf einer Fläche von ca. 20 cm² ausgestrichen und anschließend in das Röhrchen mit dem Trägermedium zurück gesteckt. Danach wurden die Tupferproben bis zum Transport bei 4°C gelagert. Während der Versuchsdurchführung wurde festgestellt, dass eine mikrobiologische Probennahme aus wirtschaftlichen Gründen nach Desin-

fektion nicht sinnvoll ist. Die untersuchten Stellen sind nach der Desinfektion frei von Keimen.

Methodik Auswertung

Das Boxplot stellt die Lage und Streuung der Daten dar (s Abbildung 20). Die statistische Auswertung wurde gewählt, um einen schnellen Eindruck zu bekommen, in welchem Bereich die Daten liegen und mögliche Ausreißer in der Beprobung zu identifizieren und mit darstellen zu können. Der Median gibt den mittleren Wert, der nach Größe sortierten Werte dar. In der Box liegen 50 % der mittleren Daten. Die Länge der Box entspricht dem Interquartilsabstand, dieser stellt ein Maß für die Streuung der Daten dar. Das Minimum und Maximum zeigt die gesamte Streuung der Daten.

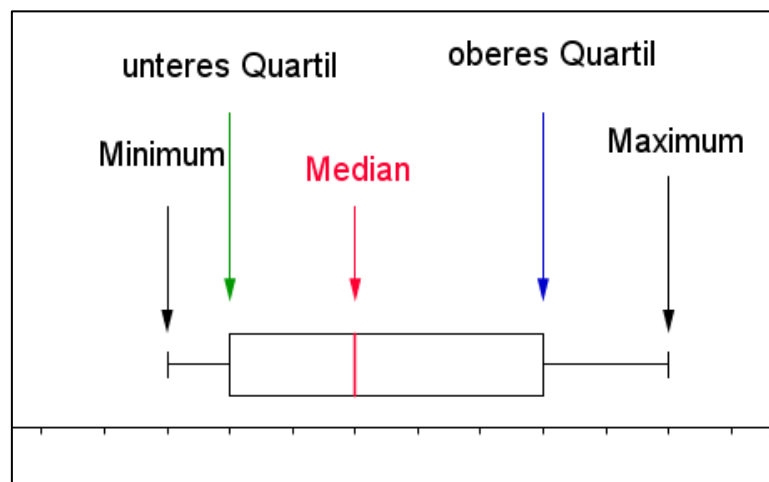


Abbildung 20: Beispiel Boxplot [3]

Das Signifikanzniveau wurde mit Hilfe eines **T-Tests** berechnet. Er kann verwendet werden, um zu bestimmen, ob sich zwei Stichproben statistisch signifikant unterscheiden. Mit $p < 0,05$ besteht ein signifikanter Unterschied. Bei $p < 0,01$ sind die Werte hoch signifikant. Bei $p > 0,05$ besteht zwischen den Daten kein statistisch nachweisbarer Unterschied.

Vorversuche Rupffinger

Analog zu den vorhergehenden Untersuchungen auf die Schmutzanhaftung wurden die Rupffinger zunächst einer mikrobiologischen Untersuchung unterzogen. Die Untersuchung erfolgte auf die Gesamtkeimzahl, Enterobakterien und Salmonellen. Wie in der Tabelle 5 dargestellt, war der Status der Rupffinger nach der Schlachtung bei den nicht beschichteten und beschichteten Rupffingern gleich. Nach Wasserreinigung wiesen die nicht beschichteten Rupffinger eine höhere Gesamtkeimzahl auf, als die beschichteten. Nach Schaumreinigung hatten beide Arten von Rupffingern die gleichen Werte. Eine pure Wasserreinigung reichte nicht aus, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen, weder bei den beschichteten, noch bei den nicht beschichteten Rupffingern.

Tabelle 5: Ergebnisse mikrobiologische Untersuchung Rupffinger

	nach Schlachtung			nach Wasserreinigung			nach Schaumreinigung		
	GKZ	Ente-ro	Sal-mo	GKZ	Ente-ro	Sal-mo	GKZ	Ente-ro	Sal-mo
nicht beschichtet	++	+	n.n.	+++	n.n.	n.n.	+	n.n.	n.n.
beschichtet	++	+	n.n.	++	n.n.	n.n.	+	n.n.	n.n.

Untersuchung der beschichteten Flächen

Nach den Vorversuchen mit den Rupffingern wurden die Untersuchungen auf die anderen beschichteten Oberflächen und Gerätschaften sowie ihre Referenzobjekte ausgedehnt. In der folgenden Abbildung 21 sind die beschichteten Stellen im Verarbeitungs- und Schlachtumfeld dargestellt.



Abbildung 21: Beschichtete Oberflächen und Gerätschaften zur mikrobiologischen Untersuchung

Die beschichteten Flächen/Gerätschaften wurden während der Projektlaufzeit einer regelmäßigen Beprobung unterzogen. Diese wurde analog bei den nicht beschichteten Objekten/Flächen durchgeführt. Bei allen Stellen erfolgte die gleiche Wasserreinigung vor Probennahme. Die mikrobiologischen Ergebnisse (Untersuchung auf mesophile Gesamtkeimzahl) wurden in regelmäßigen Abständen bewertet. Im Folgenden ist eine Endzusammenfassung der einzelnen Stellen/Objekte dargestellt.

Mikrobiologische Ergebnisse Umfeld Schlachtung (AP 4 und AP8)

Wie in der Abbildung 22 dargestellt, konnte bei den **Türhebeln (-griffen)** kein eindeutiges Ergebnis festgestellt werden. Dies könnte daran liegen, dass das Vergleichsobjekt einer weniger starken mikrobiologischen Belastung ausgesetzt war, als das beschichtete Objekt. Das Boxplot- Diagramm zeigt keine Ausreißer. Die Streuung der mittleren Daten ist bei dem beschichteten Objekt größer als bei dem nicht beschichteten Türhebel. Der Median lag bei beiden Stellen bei > 10 Keime pro cm^2 . Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von > 10 Kolonien pro cm^2 als nicht annehmbar zu bewerten.

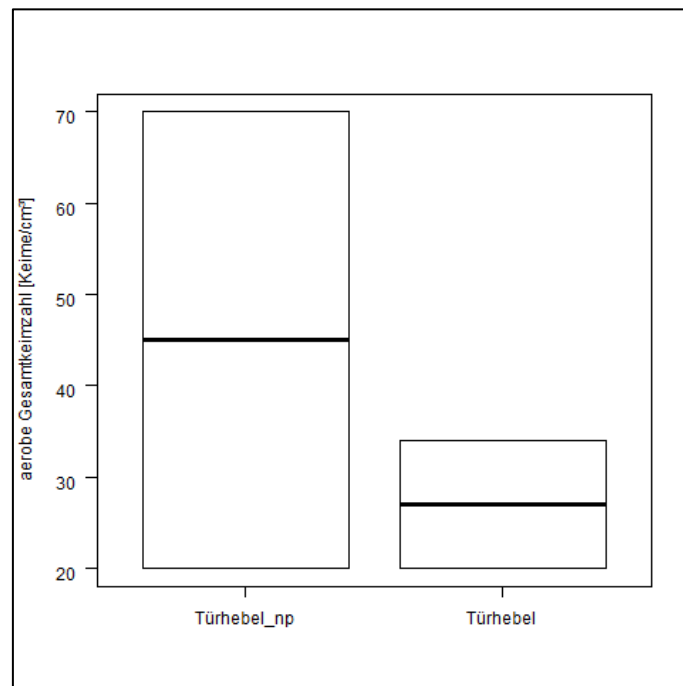


Abbildung 22: Ergebnisse Mikrobiologie Türhebel

Das Signifikanzniveau wurde mit $p=0,56$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung des Türhebels mit NP und ohne Beschichtung.

Bei den **Schlachthaken** konnte bei den beschichtetet Haken ein besseres Ergebnis erzielt werden. Der Medianwert lag bei beiden Objekten < 10 Keimen pro cm². Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von 0 bis 10 Kolonien pro cm² als annehmbar zu bewerten. Bei den Schlachthaken ohne Beschichtung wurde eine breitere Streuung der Werte festgestellt.

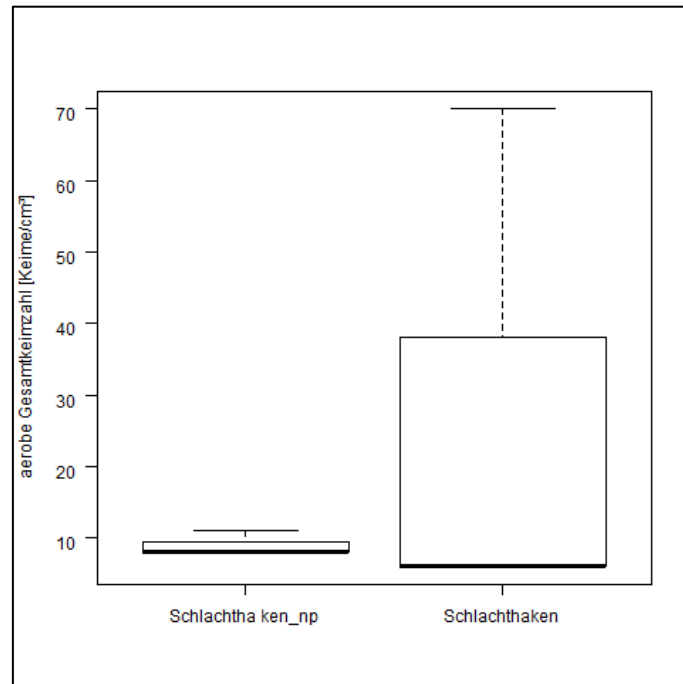


Abbildung 23: Ergebnisse Mikrobiologie Schlachthaken

Das Signifikanzniveau wurde mit $p=0,48$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung der Schlachthaken mit NP-Beschichtung und ohne Beschichtung.

Die Untersuchung der **Darmrinne** ist in der Abbildung 24 dargestellt. Der Median der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen ist bei der beschichteten und der Referenzseite gleich. Er liegt bei 10 Keimen pro cm². Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von 0 bis 10 Kolonien pro cm² als annehmbar zu bewerten. Wie in der Länge der Boxen ersichtlich, liegt bei dem Teil der Darmrinne, der nicht beschichtet wurde, eine leicht höhere Streuung der Daten vor.

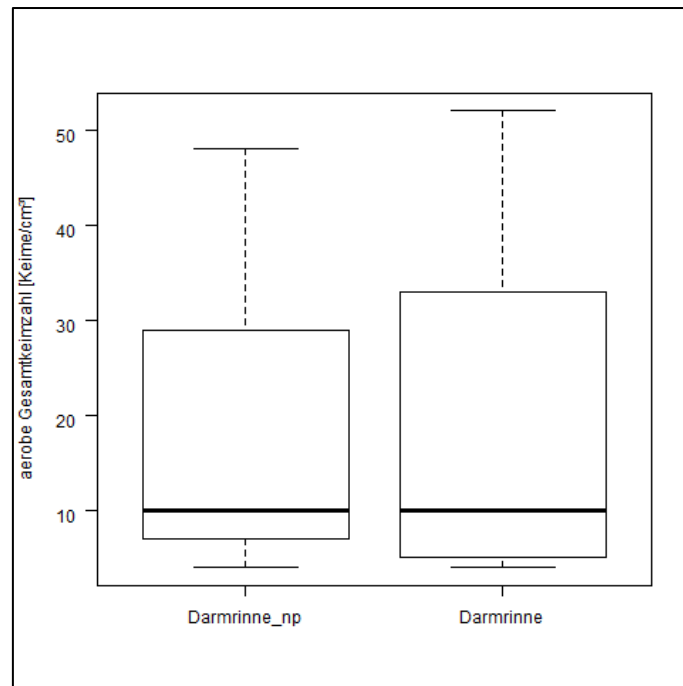


Abbildung 24: Ergebnisse Mikrobiologie Darmrinne

Das Signifikanzniveau wurde mit $p=0,95$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung der Darmrinne mit NP und ohne Beschichtung.

Mikrobiologische Ergebnisse Umfeld Verarbeitung

Beim **Förderband** wurde allgemein eine sehr hohe Belastung mit Mikroorganismen nach Wasserreinigung festgestellt. Der Median lag bei der beschichteten und nicht beschichteten Fläche bei 70 Keimen pro cm². Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes, ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von > 10 Kolonien pro cm² als nicht annehmbar zu bewerten.

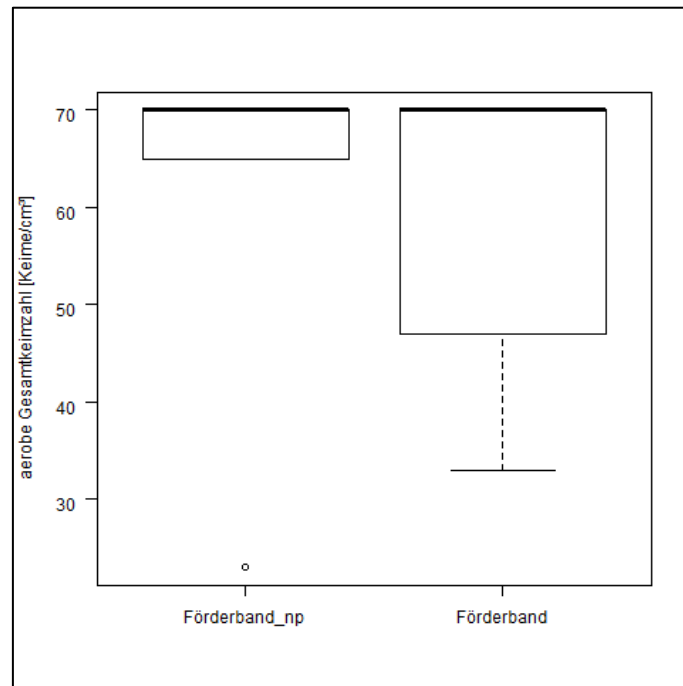


Abbildung 25: Ergebnisse Mikrobiologie Förderband

Das Signifikanzniveau wurde mit $p=0,90$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung des Förderbandes mit NP und ohne Beschichtung.

In der **Abbildung 26** sind die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der **Schneidbretter** anhand eines Boxplot-Diagramms dargestellt.

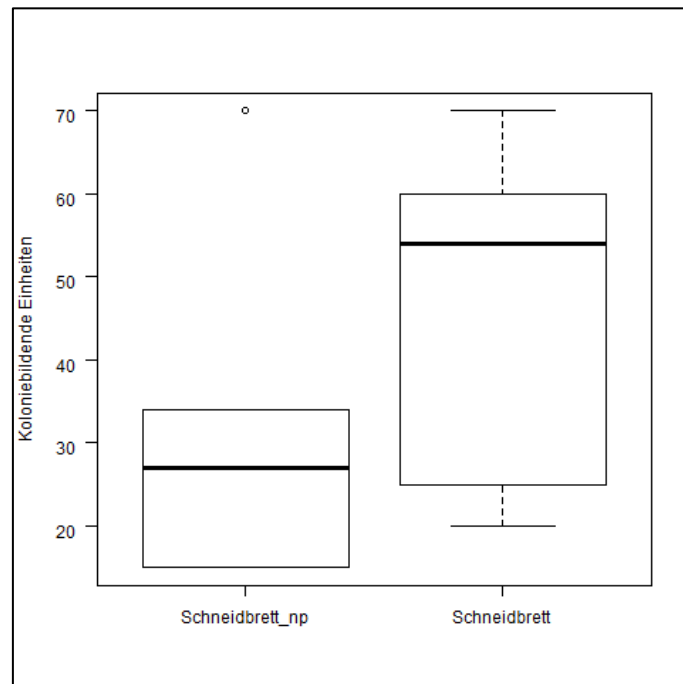


Abbildung 26: Ergebnisse Mikrobiologie Schneidbrett

Wie in der Abbildung dargestellt, unterscheidet sich der Median der Ergebnisse des beschichteten Bretts im Vergleich zum Referenzobjekt. Dieser lag beim mit NP-beschichteten Brett bei 27 Keimen pro cm² im Vergleich zum Referenzobjekt mit 54 Keime pro cm². Das Signifikanzniveau wurde mit $p=0,36$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung der Schneidbretter mit NP und ohne Beschichtung. Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von > 10 Kolonien pro cm² als nicht annehmbar zu bewerten.

Eine mikrobiologische Auswertung zur Unterscheidung des Keimstatus nach Wasserreinigung auf dem **beschichteten Boden und nicht beschichteten Boden konnte** nicht ausreichend erfolgen. Wie in der Abbildung 27 dargestellt, lag bei beiden Flächen (beschichtete und nicht beschichtete) der Median der Werte bei 70 Kolonien pro cm². Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von > 10 Kolonien pro cm² als nicht annehmbar zu bewerten.

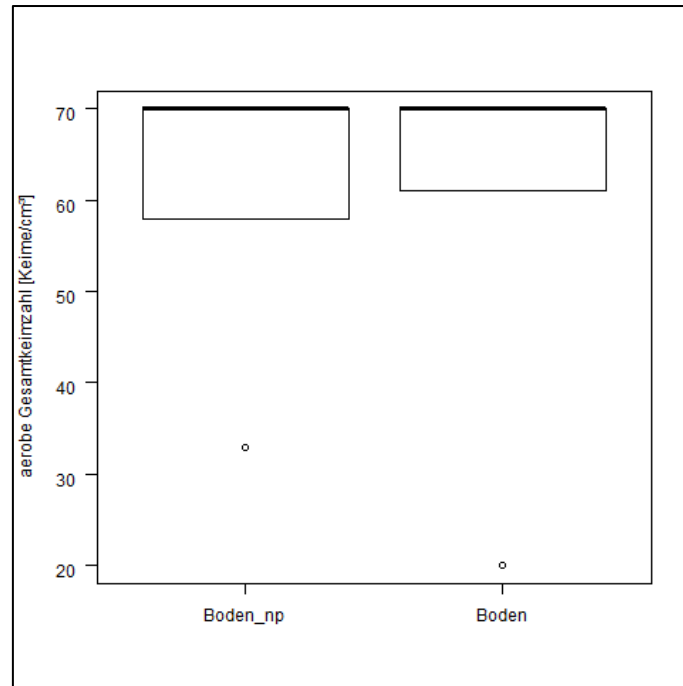


Abbildung 27: Ergebnisse Mikrobiologie Fußboden

Bei der Untersuchung des mikrobiologischen Status der **Wolfschnecke** konnte bei dem beschichteten Stück eine wesentlich kleinere Streuung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl festgestellt werden. Der Median lag bei beiden Stellen bei > 10 Keime pro cm^2 . Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von 0 bis 10 Kolonien pro cm^2 als annehmbar zu bewerten.

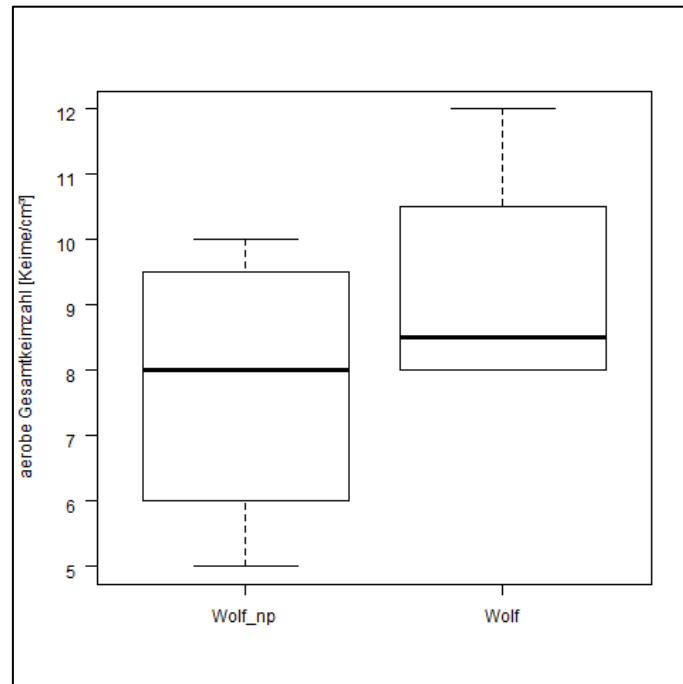


Abbildung 28: Ergebnisse Mikrobiologie Wolf

Das Signifikanzniveau wurde mit $p = 0,34$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung der Wolfschnecke mit NP und ohne Beschichtung.

Bei der Untersuchung der beschichteten und nicht beschichteten Seite des **Touchpads des Kutters** konnten bis über 50 Keime pro cm² festgestellt werden. Der Median lag bei beiden Stellen bei > 10 Keime pro cm². Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG für den Hygienestatus eines Betriebes ist ein Keimgehalt der Gesamtkeimzahl von > 10 Kolonien pro cm² als nicht annehmbar zu bewerten.

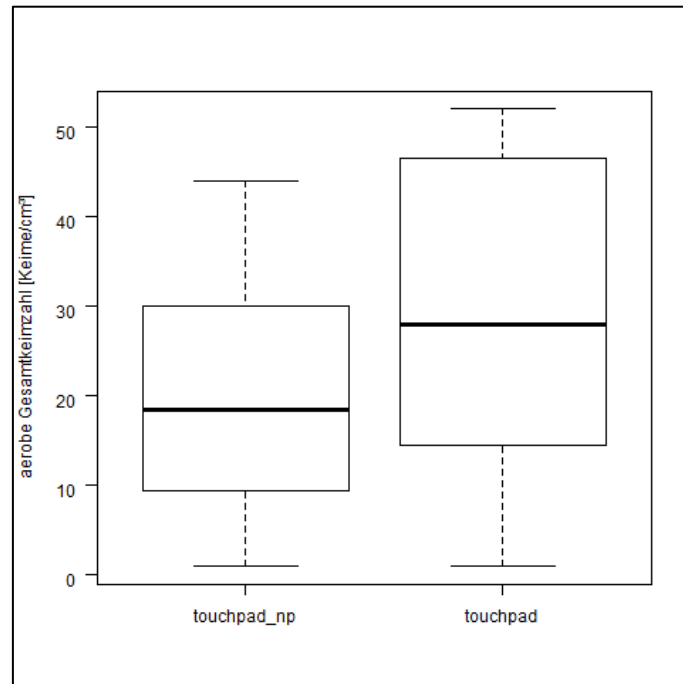


Abbildung 29: Ergebnisse Mikrobiologie Touchpad

Das Signifikanzniveau wurde mit $p=0,32$ berechnet. Es besteht somit kein statistisch ermittelter signifikanter Unterschied zwischen der mikrobiologischen Belastung des Touchpads am Kutter mit NP und ohne Beschichtung.

11. Ergebniszusammenfassung und Praxisrelevanz

Die Ergebnisse gliedern sich in die Unterpunkte Langlebigkeit der Beschichtung, die Überprüfung der Stoß- und Kratzfestigkeit der Beschichtung, der Bewertung der Easy-to-Clean Eigenschaften sowie die Schmutzanhaftung und die Bewertung des mikrobiologischen Nutzens.

a) Langlebigkeit der Beschichtung, Überprüfung der Stoß- und Kratzfestigkeit

Die Überprüfung des Vorhandenseins der Beschichtung und somit die Bewertung der Stoß- und Kratzfestigkeit der beschichteten Flächen und Gerätschaften wurde im Projekt mit zwei standardisierten Methoden überprüft, da die Beschichtung mit dem bloßen Auge nicht sichtbar ist.

Darstellung der Praxisrelevanz:

Zusammenfassend sind die Methoden zur Überprüfung der Beschichtung allgemein als schwierig einzuordnen. Es müsste eine bessere Methode gefunden werden, die offensichtlicher die beschichteten Oberflächen zeigt. Im Alltag der fleischverarbeitenden Industrie stellt die Möglichkeit der Überprüfung der Beschichtung mit Kontaktwinkel und Ablaufwinkel des Wassers keine praxisrelevante Lösung dar.

b) Bewertung der Easy-to-Clean Eigenschaften, Schmutzanhaftung

Die Bewertung der Schmutzanhaftung und Reinigungseigenschaften erfolgte kontinuierlich während der Benutzung der Oberflächen und Gerätschaften. Bei der optischen Beurteilung der Rupffinger wurde festgestellt, dass bei den beschichteten, eine nicht so großflächige Verkrustung wie bei den nicht beschichteten Rupffingern zu finden war. Der Unterschied war aber allgemein nur minimal. Bei der Wasserreinigung konnte kein Unterschied in der Menge des Abgangs des Schmutzes beobachtet werden.

Die Schmutzanhaftung wurde ebenfalls bei dem Fußboden vor der Räucherammer untersucht. Die nicht beschichtete Seite des Fußbodens war deutlich verschmutzter durch Rußablagerungen im Vergleich zur beschichteten Seite.

Bei allen anderen Flächen und Gerätschaften konnte in den Versuchen kein Unterschied bei der Schmutzanhaftung festgestellt werden. Bei der optischen Beurteilung und der Untersuchung des Easy-to-Clean Effektes war kein Ergebnis darstellbar.

Darstellung der Praxisrelevanz:

Die Vermeidung von Verfärbungen kann einen praxisrelevanten Nutzen darstellen. Dieser muss allerdings anhand einer gesonderten Kosten-Nutzen-Analyse betrachtet werden.

c) Bewertung des mikrobiologischen Nutzens

Zusammenfassend (s. Tabelle 6) wurde bei keiner der Flächen und Gerätschaften ein statistisch belegter signifikanter Unterschied bei der Anzahl der mikrobiologischen Kolonien pro cm² festgestellt. Wie in der Tabelle dargestellt, wurden nur Schlachtha-

ken, die Darmrinne und die Wolfschnecke mit annehmbarer Keimzahl bewertet. Dabei ist aber ersichtlich, dass die annehmbaren Ergebnisse sowohl bei den beschichteten Referenzobjekten und den nicht beschichteten erzielt wurden.

Tabelle 6: Ergebnisse mikrobiologische Untersuchung Schlachtung

	Median [Keime/cm ²]		Signifikanzniveau p	Nach dem Auswertungsschema der Entscheidung 2001/471/EG
	mit NP	ohne NP		
Türhebel	45	27	0,56	nicht annehmbar
Schlachthaken	8	6	0,48	annehmbar
Darmrinne	10	10	0,95	annehmbar
Band-Aufschnitt	70	70	0,95	nicht annehmbar
Schneidbretter	27	54	0,36	nicht annehmbar
Fußboden	70	70	0,87	nicht annehmbar
Schnecke Wolf	8	8,5	0,34	annehmbar
Touchpad Kutter	18,5	28	0,32	nicht annehmbar

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Untersuchung nach Wasserreinigung durchgeführt wurde. Im Anschluss wurde zur Sicherung der Produkt- und Prozesshygiene nach Vorschrift desinfiziert.

Darstellung der Praxisrelevanz:

Wie in den mikrobiologischen Ergebnissen dargestellt, ist eine Reinigung mit Trinkwasser am Ende der Produktion nicht ausreichend. Die Projektergebnisse zeigen zwar, dass, abhängig von der Probenestelle, annehmbare Ergebnisse erzielt wurden, eine daraus resultierende Veränderung der Desinfektionsintervalle war allerdings nicht möglich. Die Minimierung des Produktrisikos steht an höchster Stelle der Eigenverantwortung des Lebensmittelunternehmens, womit eine Desinfektion zur Keimreduzierung unumgänglich ist. Der Mehrwert der Beschichtung mit der funktionalen Oberfläche liegt in der Erhöhung der Sicherheit einer effektiven Zwischenreinigung. Bei Produktwechsel wird üblicherweise zwischengereinigt, aber nicht desinfiziert. Durch die nanotechnologische Beschichtung kann eine Keimreduzierung bei einfacher Zwischenreinigung mit Wasser unterstützt werden. Dieser Effekt konnte bei den Schneidbrettern, der Schnecke am Wolf und dem Touchpad am Kutter beobachtet werden.

Allgemein kann keine einheitliche Aussage über die Wirkung der Beschichtung getroffen werden. Die mikrobiologischen Untersuchungen variieren je nach untersuchtem Gegenstand/ untersuchter Fläche. Der positive Nutzen konnte bei den Anhaftungen von Schmutz bei den Fußböden vor der Räucherammer dokumentiert werden.

12. Geplante Verwertung

In der Projektdurchführung ist kein konkretes innovatives Produkt oder Verfahren entstanden. Die Verwertung kann jedoch durch das im Projekt, gewonnene Wissen durchgeführt werden.

13. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse gibt es bezüglich der Nanobeschichtung keine wirtschaftliche Anschlussfähigkeit zum Projekt. Aus wissenschaftlicher Sicht wird weiter nach objektiven Methoden zur Keimreduzierung gesucht, um die Eigenverantwortung der Unternehmen zu unterstützen. Die Thematik der Kontrolle der Hausflora sowie die Keimreduktion bleiben weiterhin interessante und forschungswürdige Themen für die Zusammenarbeit von Praxisunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen.

14. Kommunikations- und Disseminationskonzept

Die Veröffentlichung der Zwischenergebnisse fand als Poster auf der Website der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft statt. Zusätzlich erfolgte eine Onlinepublikation der Zwischenergebnisse über die EIP-Agri Datenbank. Ein Poster mit Erläuterungstafel wurde im Betrieb Gönntaler Putenspezialitäten GmbH im Eingangsbereich für die Öffentlichkeit sichtbar ausgestellt. Eine Veröffentlichung der Endergebnisse wird als schwierig eingeschätzt, da das Projektziel nur teilweise erreicht wurde.

Wir sehen EIP als eine gute Möglichkeit, Praxis und Wissenschaft zu verbinden. Ohne EIP hätte das Projekt durch den hohen innerbetrieblichen Aufwand nicht umgesetzt werden können. Durch das Projekt wurde das Hygienekontroll-System sowie die betriebliche Eigenverantwortung noch weiter in den Fokus gerückt und das Personal für die wichtige Thematik sensibilisiert und qualifiziert. Dieses Wissen kann im routinemäßigen Betrieb genutzt werden.

D. Literaturverzeichnis

[1] K. T. e. al, Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, 2007.

[2] [Online]. Available: <https://www.kruss-scientific.com/de/service/schulung-theorie/glossar/kontaktwinkel/>. [Zugriff am 15 10 2017].

[3] [Online]. Available: <https://learnattack.de/mathe/boxplot>. [Zugriff am 10 12 2017].