

I. Kurzbericht

Zuwendungsempfänger: Hohe Tanne GmbH

Förderkennzeichen: 281A513B19

Vorhabenbezeichnung: Autonomes situationsbezogenes Reinigen: Selbstlernende, echtzeitoptimierte Tankreinigung in der Lebensmittelwirtschaft (autoRein) - Teilprojekt B

Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2020 - 31.12.2023

Das Ziel des Projekts besteht in der Entwicklung eines fortschrittlichen Reinigungssystems für Tanks in der Lebensmittelindustrie, welches durch die Kombination von innovativer Sensorik und intelligenter Steuerungssoftware eine effizientere und zielgerichtete Reinigung ermöglicht. Die Einführung eines Tankreinigungsroboters mit integrierten Verschmutzungssensoren soll die Reinigungsprozesse optimieren, indem das System autonom auf verschiedene Verschmutzungsgrade reagiert. Die Implementierung eines Selbstlernalgorithmus ermöglicht es dem System, nach einer Lernphase die optimalen Reinigungsprozeduren vorzuselektieren und diese basierend auf Echtzeitdaten und historischen Informationen anzupassen. Diese innovative Technologie zielt darauf ab, die Reinigungszeiten signifikant zu reduzieren, Ressourcen effizienter zu nutzen und gleichzeitig die Lebensmittelsicherheit zu erhöhen.

Der Stand der Technik im Bereich automatisierter Reinigungssysteme für Prozessanlagen ist durch erhebliche Herausforderungen geprägt. Aktuell verwendete Cleaning-In-Place (CIP)-Systeme sind zwar weit verbreitet, jedoch mangelt es ihnen an Möglichkeiten zur automatischen Kontrolle des Reinigungserfolgs. Bestehende Sensoren, wie Trübungssensoren, überwachen lediglich indirekt den Verschmutzungsgrad des Reinigungsmittels. Moderne Tankreinigungstechnologien besitzen fest vordefinierte Spritzmuster und können produktspezifische Reinigungsbedürfnisse nicht flexibel berücksichtigen. Daher werden Reinigungsprozesse oft überdimensioniert und orientieren sich am Worst-Case-Szenario, was zu unnötigem Ressourcenverbrauch führt.

Die Digitalisierung und der Einsatz maschinellen Lernens bieten neue Ansätze zur Verbesserung dieser Prozesse. Ein selbstlernendes System könnte die Vielfalt der Verschmutzungszustände und Reinigungsparameter effizienter handhaben. Entwicklungen im Bereich Speicher- und Prozesstechnik fördern diese Ansätze, insbesondere durch den Einsatz von Deep Learning und Reinforcement Learning. Trotz begrenzter Datensätze in der Reinigung können durch sorgfältige Vorbereitung und Integration von Erfahrungswissen sowie Simulationen gute Ergebnisse erzielt werden, was die industrielle Anwendung dieser Technologien erstmals realistisch macht.

2. Ablauf des Vorhabens,

Die Hohe Tanne GmbH hatte das Ziel, ein Funktionsmuster eines Tankreinigungsroboters zu entwickeln, der für die Bedingungen in Produktions- und Lagertanks geeignet ist und die ebenfalls zu entwickelnde Sensorik zur Verschmutzungserkennung integriert. Die Anforderungen für den Roboter wurden in enger Absprache mit Projektpartnern und dem Projektbeirat erarbeitet und im Pflichtenheft festgehalten. Der Roboter muss in der Lage sein den Spritzstrahl frei steuern zu können und alle elektrischen Einbauten vor den rauen Umgebungsbedingungen zu schützen. Entsprechend dieser Bedingungen sowie unter Berücksichtigung aller festgelegten Anforderungen (speziell die max. Abmessungen) wurde ein Funktionsmuster entwickelt, gebaut und erfolgreich getestet. Die Hygiene- und Reinigungsgerechtigkeit wurden hierbei von Anfang an bei der Gestaltung des Demonstrators berücksichtigt.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Zu Beginn des Projekts wurden gemeinsam mit den Projektpartnern und dem assoziierten Partner UTM (Unternehmensgruppe Theo Müller) Anwendungsszenarien definiert. Daraus wurden Anforderungen für einen Tankreinigungsroboter abgeleitet, der in der Lage sein muss, den vorherrschenden Umgebungsbedingungen zu trotzen und der zugleich funktional mit Blick auf einen späteren Einsatz ist. Herzstück soll ein motorisch gesteuerter Zielstrahlreiniger darstellen, der zum einen den ebenfalls zu entwickelnden Verschmutzungssensor integriert und zum anderen in der Lage ist, die Ergebnisse der Auswerteelektronik exakt umzusetzen. Der Reinigungsroboter muss neben den notwendigen hydraulischen Leitungen auch alle elektrischen Sensoren sowie deren Leistungs- und Steuerungsleitungen so vereinen, dass diese vollständig von allen beweglichen Baugruppen und Flüssigkeiten gekapselt sind. Der Reinigungsroboter soll hygienegerecht gestaltet und leicht zu reinigen sein. Die verwendeten Materialien sind somit nach den Kriterien: lebensmittelrecht und chemikalienbeständig auszulegen. Um weit unten im Tank liegende Bereiche oder Sprühschatten (z.B. Rührwerkspaddel) ebenso zu erreichen, wurden Konzepte für eine vertikale Verfahreinheit für Zielstrahlreiniger entwickelt und prototypisch umgesetzt.

Bei der Entwicklung des Funktionsmusters wurden mehrere Konzeptentwürfe für einen Reinigungsroboter erstellt. Der Roboter sollte kompakt sein und über eine vollautomatische, frei steuerbare Düse sowie Sensoreinheit verfügen. Als Konzeptbasis entschied man sich für einen doppelläufigen AJC von Hohe Tanne GmbH, bei dem eine Düseneinheit durch die Sensoreinheit ersetzt werden soll, sodass der Bildbereich stets zum Reinigungsbereich ausgerichtet ist. Die größten Herausforderungen waren die Komponenten sowie das Gehäuse so weit zu miniaturisieren, dass das Gesamtsystem durch einen DN125 Tankstutzen passt und zum anderen die Kapselung und Verlegung der elektrischen Leistungs- und Signalkabel der Sensorik durch ein flüssigkeitsführendes und sich ständig in Bewegung befindliches Reinigungssystem.

Im Ergebnis konnten alle Herausforderungen gemeistert werden und es wurde ein Funktionsmuster gebaut und erfolgreich in Versuchen im Technikum getestet.

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern lief tadellos und war stets konstruktiv und erfolgreich.

II. Eingehende Darstellung

| | |
|---|----------------------------------|
| Zuwendungsempfänger: Hohe Tanne GmbH | Förderkennzeichen: 281A513B19 |
| Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt autoRein Autonom situationsbezogenes Reinigen: Selbstlernende, echtzeitoptimierte Tankreinigung in der Lebensmittelwirtschaft – Teilprojekt B | |
| Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2020 - 31.12.2023 | |

1 Projektinhalte und Ablauf des Vorhabens

1.1 AP1 – Funktionsdefinition und Anforderungsprofil

Gemeinsam mit den Projektpartnern und dem assoziierten Partner UTM (Unternehmensgruppe Theo Müller) wurden Anwendungsszenarien definiert. In Fragenkatalogen sowie Gesprächen mit Experten und Anwendern wurden Anforderungen und Wünsche an ein bedarfsgerechtes Reinigungssystem besprochen. Aufgrund der pandemischen Lage wurde von vor-Ort-Besuchen in den Betriebsstätten abgesehen und die Kommunikation erfolgte über Webmeetings.

Mit Hilfe der Informationen wurde ein Lastenheft abgeleitet. Ziel-, Mindest- und Festanforderungen wurden definiert. Beispielsweise muss das System beständig gegenüber handelsüblichen Reinigungschemikalien sein und eine Einsatzumgebungstemperatur von 80°C wird zum Ziel gesetzt.

Ein weiterer wichtiger Punkt, welcher durch die Gespräche klar wurde, ist die Montagemöglichkeit in bestehenden Tanks, ohne dass diese extra umgebaut werden müssen. Dazu soll der AJC auf einem DN125 statt einem DN300 Flansch montierbar sein. Zwar erhöht das deutlich verkleinerte Einbaumaß die Anforderungen an die Miniaturisierung stark, aber damit ist der Reiniger auf den meisten handelsüblichen Tanks ohne Umbauarbeiten montierbar.

1.2 AP2 – Entwicklung Beleuchtungssystem

- AP2.1: Entwicklung Funktionsmuster für Beleuchtungssystem mit ersten Funktionstests im Labormaßstab
- AP2.2: Demonstrator für Beleuchtungssystem und Funktionsnachweis im Technikumsmaßstab

Die Hohe Tanne GmbH war hier unterstützend tätig und hat für die ersten Versuche ein vereinfachtes Funktionsmuster erarbeitet, damit die Kameraeinheit sowie die Beleuchtung bereits beweglich an den Düsenkopf montiert werden konnten, siehe AP 4.

Somit war es bereits anfänglich möglich, bestehende Kamera- und Beleuchtungseinheiten ohne konstruktive Änderungen auf deren Eignung zu testen. Die Kamera- und Beleuchtungseinheiten wurden an der Düsendrehachse montiert, was diese folglich fest an der Strahlbewegung koppelt und eine direkte Verfolgung des Strahls (Strahlauftreffpunkt) ermöglicht.

Genauere Einzelheiten hinsichtlich der Beleuchtung können dem Zwischenbericht des Projektpartners iiM entnommen werden.

1.3 AP3 – Entwicklung Kamerasystem

- AP3.1: Funktionsmuster für Kamerasystem mit Funktionsnachweis im Labormaßstab
- AP3.2: Integration in Demonstrator für Beleuchtungs- und Kamerasystem

Hohe Tanne unterstütze die Projektpartner in AP 3 bei der Integration in das Gesamtsystem. Durch die Anforderung, dass das Gerät durch einen DN 125 Tankstutzen passen soll, ergeben sich definierte Grenzen in den Abmessungen der einzelnen Einheiten. Hohe Tanne hat einen Gehäuseentwurf konstruiert, der den zur Verfügung stehende Bauraum widerspiegelt. In engem Austausch mit den Partnern wurde dieser Entwurf weiter detailliert, siehe AP 4. Neben den Abmessungen der Einzelkomponenten stand das Thema der aktiven Kühlung im Fokus. Entsprechend der im Lastenheft verankerten Anforderungen hinsichtlich der Umgebungstemperaturen sowie den thermischen Parameter der Kamera- und Beleuchtungskomponenten wurde sich auf eine Luftkühlung geeinigt. Die konstruktive entwicklungsseitige Umsetzung obliegt hier Hohe Tanne, siehe AP 4.

1.4 AP4 – Entwicklung Adaptive Jet Cleaner mit Verschmutzungssensorik

- AP4.1: Konstruktiver Entwicklungsprozess
- AP4.2: Erste Funktionsmuster zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit einzelner Teillösungen
- AP4.3: Technologievalidierung Gesamtsystem

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt ein erstes vereinfachtes Funktionsmusters des Gesamtsystems. Die Sensoreinheit bestehend aus Kamera und Beleuchtung wurde direkt mit der Düsendrehachse verbunden. Mit dieser Umsetzung ist es möglich den Tank/Behälter in 360° segmentiell abzurastern. Darüber hinaus befindet sich stets der Strahlauftreffpunkt im Bildbereich. Der Prototyp wurde von Hohe Tanne konstruiert, gebaut und in Betrieb genommen.

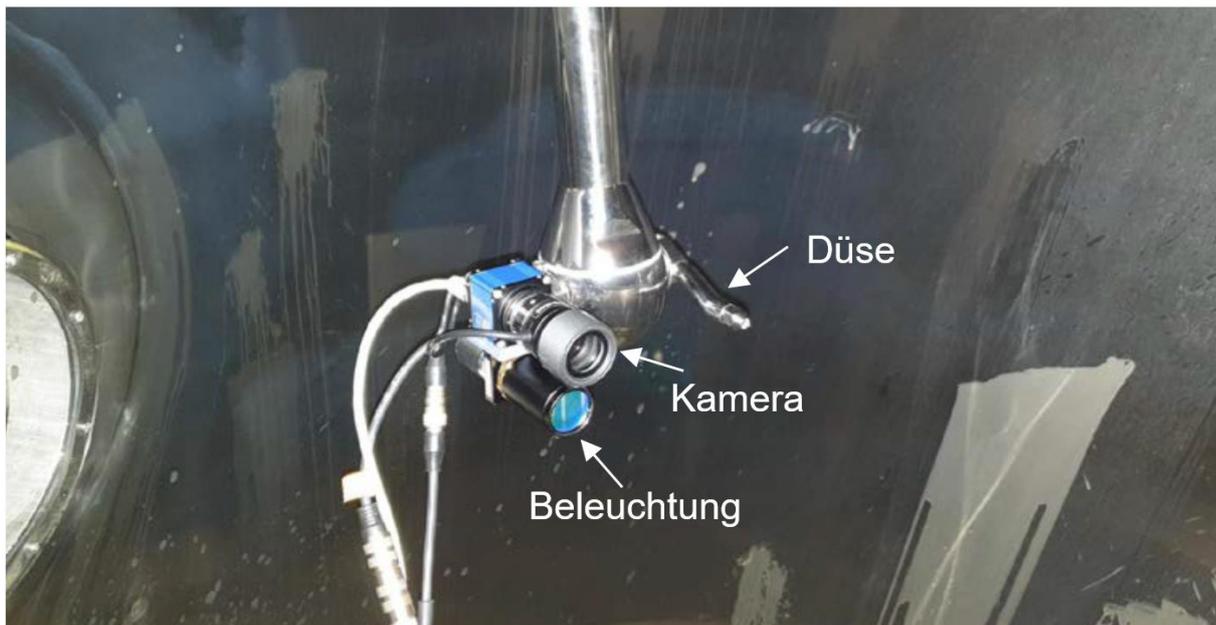


Abbildung 1-1: prototypische Hardware-Komponenten

Parallel zum ersten Prototyp erfolgte der konstruktive Entwicklungsprozess der späteren Sensoreinheit. Unter der Maßgabe einer späteren schnellen Integrierbarkeit in bestehende Systeme konnte das Projektteam die zuvor festgelegte Zielgröße von einem DN300 Flansch durch Miniaturisierung der einzelnen Komponenten deutlich übertreffen. Das Gesamtsystem ist nun in einem DN 125 Tankanschluss montierbar. In der folgenden Abbildung ist der maximale Außendurchmesser für einen DN125 Flansch in grün gekennzeichnet und es zeigt, dass keine Bauteile in diesen Bereich hineinragen.

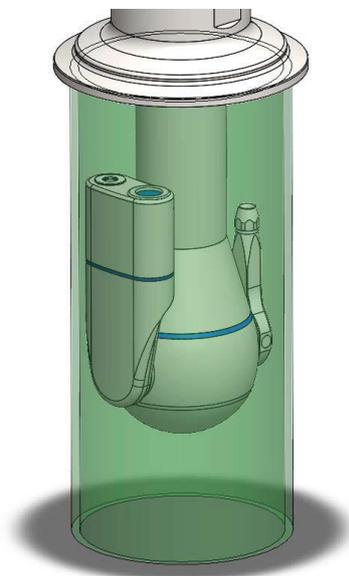


Abbildung 1-2: maximaler Bauraum Gesamtsystem für DN 125

Im Ergebnis des konstruktiven Entwicklungsprozesses konnte ein Gesamtkonzept erarbeitet werden, welches einen höhenverstellbaren Adaptive Jet Cleaner mit integriertem Sensorkopf umfasst. Das miniaturisierte Gesamtkonzept des Sensorkopfes ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Der Sensorkopf stellt einen verkleinerten Verschmutzungssensor dar, in dem eine UV-LED, Kamera, Objektiv, Weißlicht und benötigte Elektronik untergebracht sind. Jeweils die Kamera und die UV-Beleuchtung wurden als einschiebbare zylindrische Module realisiert. Die Kabel- und

Versorgungsleitungen für den Sensorkopf wurden komplett ins Gerätinnere gelegt und vom Reinigungsmittel gekapselt. Das CAD-Modell liegt vor und wird detailkonstruiert.

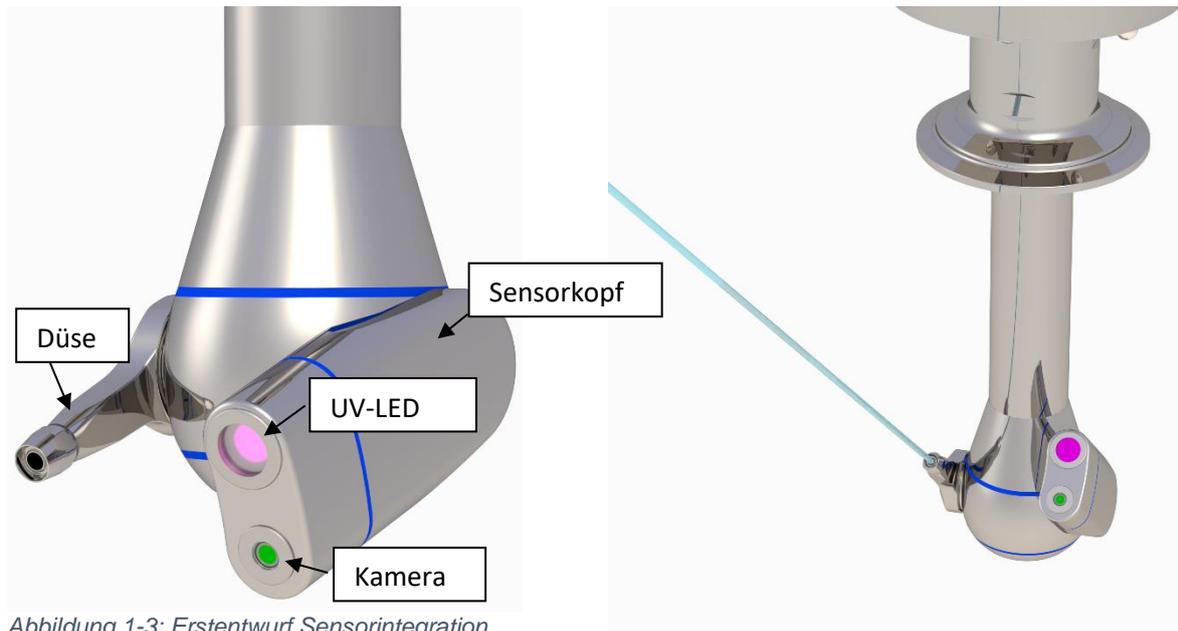


Abbildung 1-3: Erstentwurf Sensorintegration

Ausgehend der in AP 4.1 und AP 4.2 erhaltenen Ergebnissen erfolgte in AP 4.3 die Detailkonstruktion des Demonstrators sowie die Erstellung aller fertigungsrelevanter Unterlagen. Dazu gehören:

- Zeichnungssätze aller Bau- und Unterbaugruppen sowie aller Einzelteile
- Stücklisten
- Auslegung aller elektronischen Komponenten → Schaltpläne
- alle Arbeits- und Montagepläne

Abbildung 1-4-4 zeigt das Ergebnis des Entwicklungsprozesses.

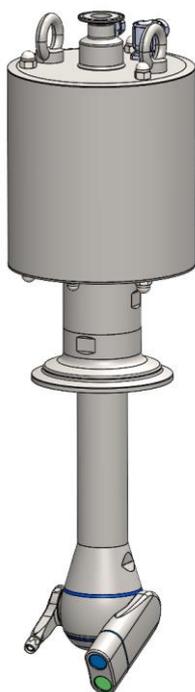


Abbildung 1-4: Detailkonstruktion



Die anfänglich beschlossene kompakte Bauweise konnte bis zum Ende durchgezogen werden. Das Reinigungsgerät wurde so gestaltet, dass es trotz integrierter Sensoreinheit durch einen Standard-DN125 Tankanschluss passt. Die einschlägigen Richtlinien der EHEDG (European hygienic engineering and design group) einer hygienegerechten Gestaltung wurden konsequent umgesetzt. Dazu gehören: glatte Oberflächen, keine Hinterschneidungen, keine „scharfen“ Ecken sowie horizontale Flächen, wo sich Verunreinigungen absetzen können.

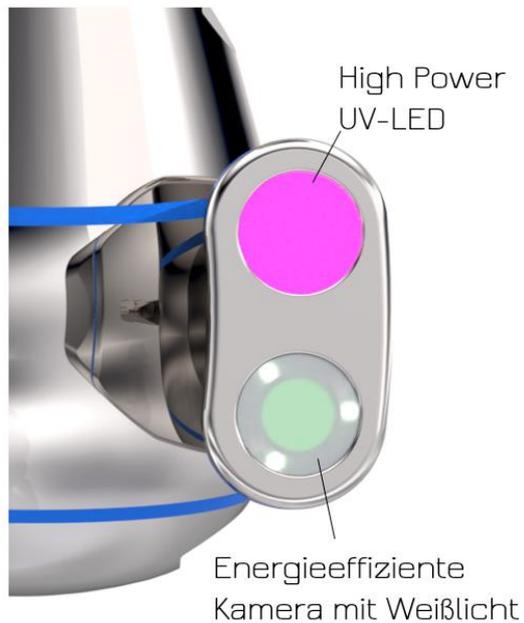


Abbildung 1-5: Aufbau Sensoreinheit

Abbildung 1-55 zeigt den finalen Aufbau der Sensoreinheit mit den integrierten Komponenten der Projektpartner.

Ausgehend vom abgeschlossenen konstruktiven Entwicklungsprozesses wurde die Fertigung des Demonstrators eingeleitet. Alle Teile wurden im eigenen Haus gefertigt und mit Kauf- und Normteilen entsprechend der Montagepläne zur Baugruppe montiert.



Abbildung 1-6: Demonstrator AJCsens



Abbildung 1-7: Aufbau Sensoreinheit mit allen Komponenten

Abbildung 1-66 und Abbildung 1-76 zeigen Ausschnitte des gefertigten Demonstrators, speziell der Sensoreinheit.

Zur Versorgung sowie zur Wärmeabfuhr wurden im Inneren insgesamt zwei Elektroleitungen und ein Pneumatikschlauch verlegt. Bei rotierenden Achsen und innenlaufender Reinigungsmittelführung kein leichtes Unterfangen.

Der Demonstrator ist in der Lage, den Tank in 360° abzufahren, wobei Hauptdrehachse und Düsendrehachse unabhängig voneinander ansteuerbar sind und sie somit jede beliebige Bewegungsbahn fahren können. Um die Kabelführung während der Bewegungen möglichst belastungsarm (stressfrei) sowie reproduzierbar zu gestalten, wurden physische Anschläge der Drehachsen vorgesehen. Diese wurden flexibel konzipiert und umgesetzt, so dass keine Verluste bei den Drehwinkeln in Kauf genommen werden mussten, siehe Abbildung 1-88.



Abbildung 1-8: flexibler Anschlag am Beispiel der Hauptdrehachse

Darüber hinaus hat die HoheTanne GmbH einen Kabelteststand entwickelt und umgesetzt, der in der Lage ist, die Kabelbelastung während des Prozesses zu simulieren. Ausgestattet mit einem Zyklenzähler und einer permanenten Leitungsüberwachung war er bei der Kabelauslegung/-auswahl ein sehr wichtiges Hilfsmittel.

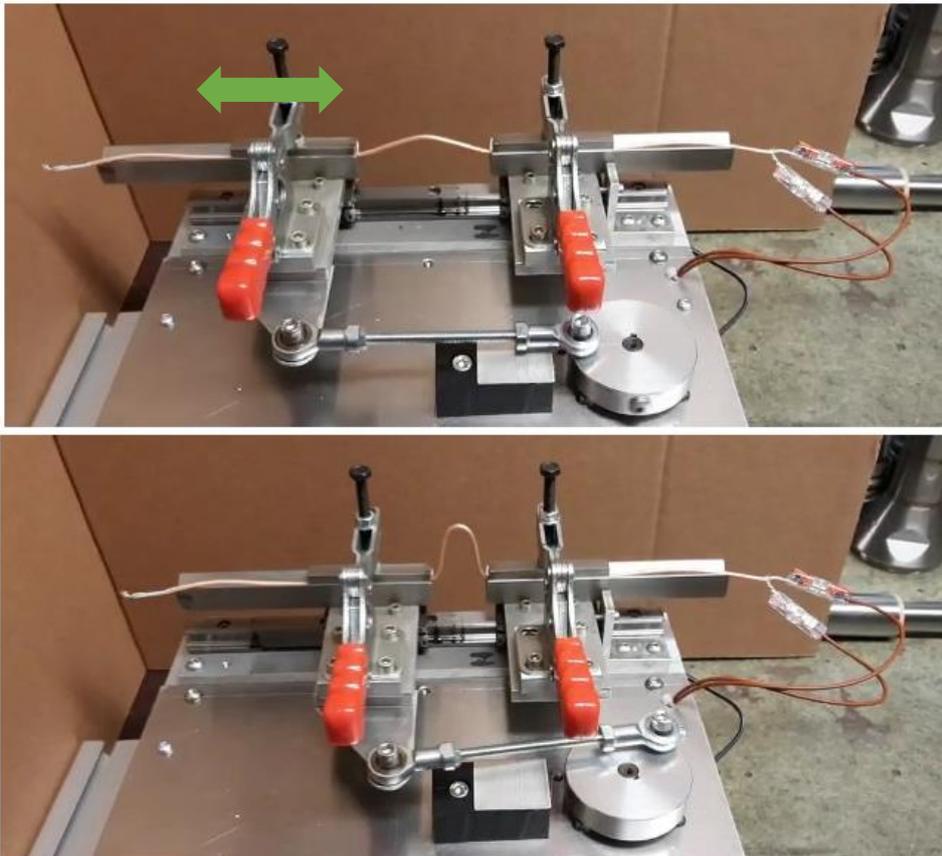


Abbildung 1-9: Kabelteststand

Die Z-Achse wurde ebenfalls im Detail durchkonstruiert und alle fertigungsrelevanten Unterlagen erstellt.

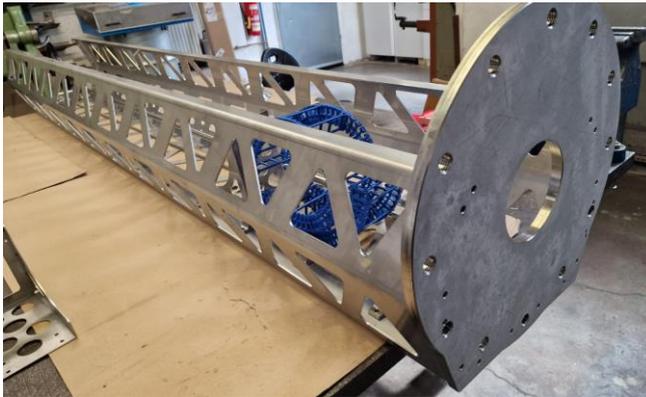
Hier kam es jedoch aufgrund von extremen Lieferengpässen zu starken Verzögerungen. Der benötigte Motor mit Getriebe war erst im 2. Quartal 2023 lieferbar. Die Fertigstellung der Z-Achse hat sich somit auf Mitte 2023 verschoben. Alle weiteren Komponenten waren fertiggestellt und lagen bereit.

Ebenfalls wurde das Gesamtkonzept des Reinigungssystems um eine Höhenverstellung des Adaptive Jet Cleaner erweitert, die es ihm ermöglicht, auch besonders schwierige Stellen im Tank gezielt zu reinigen und zu inspizieren. Beispielsweise können die Unterseiten von Rührwerken direkt mit Reinigungsfluid beaufschlagt werden, an denen herkömmlich positionierte Reinigungssysteme an ihre Grenzen kommen. Die Höhenverstellung wird mittels eines separaten Motors realisiert, welcher das Reinigungssystem über eine Spindel nach oben und unten bewegt. Dabei wird der Adaptive Jet Cleaner über Gleitführungen linear bewegt, wie es in der folgenden Abbildung beispielhaft dargestellt ist. Realisiert werden sollte eine Höhenverstellung um maximal 2,5m für den Demonstrator. Größere Längen könnten zu Instabilität an der Spitze führen, da das Reinigungssystem auch horizontal verbaut werden kann.



Abbildung 1-10: Erstentwürfe - Höhenverstellung

Die vertikale Verfahrachse wurde ebenfalls weiterentwickelt, im Detail konstruiert und alle fertigungsrelevanten Unterlagen erstellt.



Eigenentwickeltes Pendellager zum Ausgleich von Rohrungenauigkeiten und Verhinderung von Klemmungen beim Rein- und Rausfahren des Reinigungsgerätes.

In den folgenden Abbildungen ist die finale vertikale Verfahreinheit im hauseigenen Versuchsstand zu sehen. Zur besseren Übersicht wurde die Schutzumhausung (abgekanntete Edelstahlblech) weggelassen.



Abbildung 1-11: Z-Achse

1.5 AP5 – Entwicklung Bildauswertung, Verschmutzungs-/Objekterkennung

- AP5.1: Objekt- und Verschmutzungserkennung
- AP5.2: Orts- und zeitaufgelöste quantitative Auswertung der Restverschmutzung

Bei diesem Arbeitspaket hatte Hohe Tanne keine Anteile.

1.6 AP6 – Definition und Bereitstellung der Schnittstellen zur Datenanbindung

- AP6.1: Definition und Konzeptionierung der Schnittstellen → erledigt
- AP6.2: Bereitstellung der Schnittstellen zur Datenanbindung

In AP 6.1 ist federführend das Fraunhofer IVV tätig. Die Software- und Hardwareaufgaben wurden zunächst in verschiedene Module unterteilt. Dafür werden insgesamt 6 Module entwickelt. HoheTanne war hierbei vorwiegend unterstützend tätig. Insbesondere bei dem „Jet-Cleaner-Modul“, wo mittels TCP/IP die SPS des Reinigungsgerätes gesteuert werden soll sowie bei der Bahnplanung, wo die Algorithmen von HoheTanne mit integriert wurden.

Details zur gesamten Systemarchitektur können dem Bericht vom Fraunhofer IVV entnommen werden.

Im AP 6.2 hat Hohe Tanne mit dem Fraunhofer-Institut zusammengearbeitet, um Schnittstellen für die Datenanbindung bereitzustellen. Ein besonderer Fokus lag auf der Implementierung der Schnittstellen des Adaptive Jet Cleaners in das bestehende System. Diese Zusammenarbeit hat dazu beigetragen, eine effiziente Datenübertragung zwischen dem Adaptive Jet Cleaner und anderen Systemkomponenten zu gewährleisten, was Inline-Anpassungen während des Reinigungsvorgangs ermöglicht und somit zu einer verbesserten Systemperformance beiträgt.

1.7 AP7 – Entwicklung Software des selbstlernenden Reinigungssystems

- AP7.1: Entwicklung Softwarearchitektur → keine Anteile Hohe Tanne
- AP7.2: Erarbeitung und Optimierung des ML-Modells

Im Arbeitspaket 7.2 hat Hohe Tanne das Fraunhofer-Institut beratend unterstützt. Mit seiner fundierten Kenntnis der mechanischen Möglichkeiten und Begrenzungen des Adaptive Jet Cleaner sowie seiner Expertise als Vertreiber von Zielstrahlreinigern, hat Hohe Tanne maßgeblich zur Entwicklung effektiver Reinigungsstrategien beigetragen. Die Zusammenarbeit hat eine wichtige Rolle gespielt, um den Einfluss und die Anforderungen der mechanischen Komponenten auf das maschinelle Lernmodell zu verstehen, und so zur Optimierung des Modells beigetragen.

1.8 AP8 – Entwicklung Benutzeroberfläche und Visualisierung

- Hohe Tanne hatte keine Anteile in diesem Arbeitspaket

1.9 AP9 – Reinigungsoptimierung und Nachweis Ressourceneffizienz

- Hohe Tanne hatte keine Anteile in diesem Arbeitspaket

1.10 AP10 - Verwertung der Ergebnisse

AP10.1 industrielle Anwendbarkeit des Gesamtkonzepts

Die prinzipielle industrielle Anwendbarkeit des Funktionsmusters konnte durch die Tests beim Fraunhofer IVV nachgewiesen werden.

Das Funktionsmuster ist:

- funktionsfähig
- elektronische Bauteile sind erfolgreich von allen fluidführenden Bereichen gekapselt
- elektronische Bauteile sind erfolgreich von Umgebungsbedingungen abgeschirmt
- Gehäuse ist „wasserdicht“
- aktive Kühlung funktioniert, elektronische Komponenten heizen sich nicht auf
- Gesamtsystem ist hygienegerecht gestaltet
- Gesamtsystem kann problemlos dank seiner Kompaktheit in bestehende Tanks integriert werden → DN125

Dennoch handelt es sich um ein Funktionsmuster, welches in den nächsten Jahren weitere interaktive Optimierungsschritte durchlaufen muss. Dies beinhaltet ebenso Langzeit- sowie Pilottests in unterschiedlichen industriellen Bereichen. Erst dann kann ein marktreifes Produkt angeboten werden.

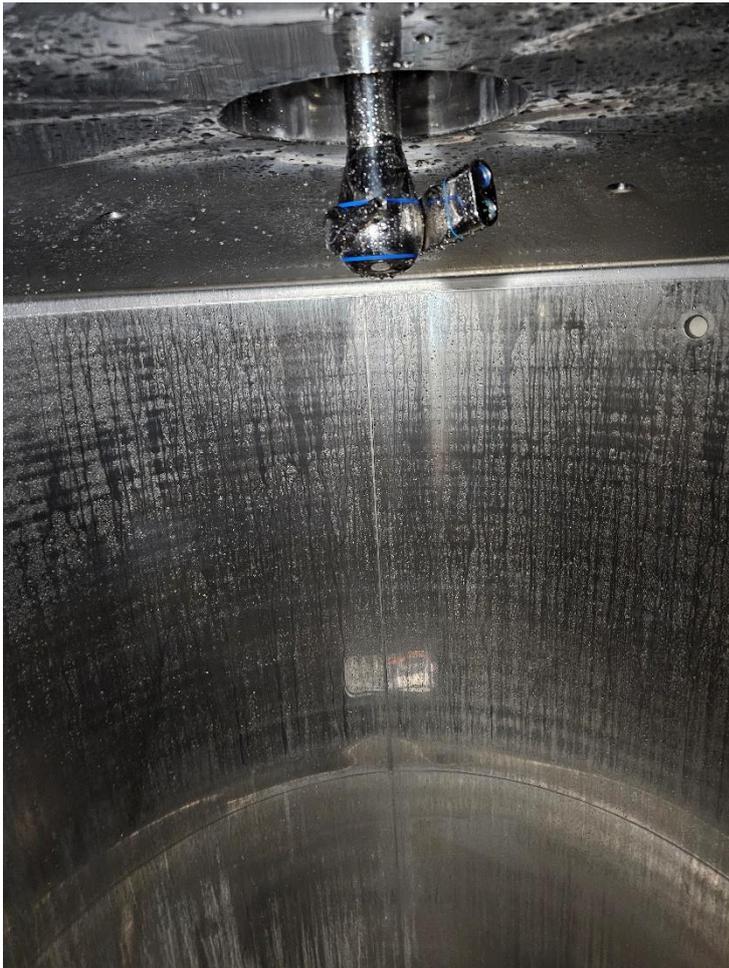


Abbildung 1-12: AJCsens im Testtank

AP10.2 Patentierbarkeit und Planung Ergebnispräsentation

Zusammen mit dem Fraunhofer IVV wurde bereits am 06.08.2021 ein Patent angemeldet:

EP000003950159A1

AP10.3 Verwertungswege und Präsentation

Folgende Veröffentlichungen und Öffentlichkeitsarbeiten gab es zum Projekt autoRein:

- Fachbeitrag im Magazin Branchenzeitschrift Lebensmittelbrief Titel: „Intelligente und selbstlernende Tankreinigungsrobotik“
- Fachbeitrag im Magazin Foodlab Titel: „Die Tankreinigung der nächsten Generation“
- veröffentlicht in Deutsch und Englisch
- Fachbeitrag im Magazin Getränke! Technologie & Marketing Erster Teil: „Tankreinigungssystem mit hochintegrierter Inline-Sensorik“ (<https://www.harnisch-digital.de/getranke-technologie-marketing-3-2022/67032998> S.18)
- Fachbeitrag im Magazin Getränke! Technologie & Marketing Zweiter Teil: Titel: „»AJCsens« - Die Tankreinigung von morgen“
- wissenschaftlich begutachteten Fachaufsatz in der Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb mit dem Titel „Cyberphysische Reinigungssysteme für ressourceneffiziente Tankreinigungsprozesse“ (DOI:10.1515/zwf-2023-1023)

Messen:

- Ausstellung des Hardware-Demonstrators auf der Drinktec 2022 auf dem Stand des VDMAs
- Ausstellung des AJCsens auf der InterClean 2024



Abbildung 1-13: Drinktec 2022

Konferenzen

- Vorstellung auf der Fachkonferenz „DLG-Food Industry: Digitale Transformation der Food Supply Chain“
- Vorstellung des Projekts mittels Plakats auf dem EHEDG World Congress
- Präsentation auf der Konferenz ModCaD mit dem Titel: „Modelling of cleaning and decontamination“
- Präsentation auf der Konferenz IFC Watercongress in Dänemark zum Thema Wasser sparen
- Vorstellung des Projekts mit Hilfe eines Plakats auf dem Netzwerktreffen in Berlin
- Vorstellung auf der Konferenz EHEDG Deutschland Kongress in Hamburg

2 Zusammenfassung

| Relevante Arbeitspakete Hohe Tanne GmbH | Bearbeitungszeitraum | Bearbeitungsstatus |
|---|-------------------------|--------------------|
| AP1 | Oktober - Dezember 2020 | erledigt |
| AP2 | Januar 2021 – Sep. 2022 | erledigt |
| AP3 | Januar 2021 – Sep. 2022 | erledigt |
| AP4 | Januar 2021 – Sep. 2022 | erledigt |
| AP 6 | Apr 2021 – Sep. 2022 | erledigt |
| AP 7 | Jan 2022 – März 2023 | erledigt |
| AP 10 | Apr. 2021 - Ende | erledigt |

3 Zentrale Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der größte Anteil der Projektausgaben wurde für Personalkosten aufgewendet, die für die Forschung und Entwicklung des Systems erforderlich waren. Die Hohe Tanne GmbH hat die im Projektantrag veranschlagten Kosten eingehalten und damit eine effiziente Ressourcenverwendung sichergestellt.

4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Der Nutzen der im Projekt geleisteten Arbeiten ergibt sich aus verschiedenen Aspekten, die sowohl technologische, wirtschaftliche als auch wissenschaftliche Erfolgsaussichten beinhalten. Zunächst besteht ein deutlicher technologischer Bedarf für die Entwicklung eines autonomen selbstlernenden Reinigungssystems für Tanks und Behälter. Das System kombiniert einen frei verfahrbaren Spritzstrahl mit einer stets in Strahlrichtung scannenden ebenso beweglichen Sensoreinheit zur Restschmutzerkennung. Speziell entwickelte Auswertelgorithmen reagieren situationsbezogen und passen entsprechend die Bewegungsbahnen des Spritzstrahls an. Hauptindustriezweige bilden die Lebensmittel- und Pharmazieproduktion.

Darüber hinaus bieten die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten großes Marktpotenzial und können sowohl den beteiligten Unternehmen als auch der deutschen Wirtschaft insgesamt Nutzen bringen. Die erfolgreiche Entwicklung und Verwertung des Reinigungssystems trägt zur Stärkung der wissenschaftlichen und technischen Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei. Die durchgeführten Funktionstests des Reinigungssystems haben gezeigt, dass das System effektiv für die Automatisierung grundlegender Tankreinigungsaufgaben eingesetzt werden kann. Basierend auf diesen Ergebnissen plant die Hohe Tanne GmbH, das System weiterzuentwickeln und eine industrienahere Reinigungslösung zu realisieren.

Der Wissenstransfer und die Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschriften und Präsentationen sowie die Integration der Ergebnisse in die Lehre (vertreten durch Projektpartner IVV) und Ausbildung ermöglichen zudem, dass die Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Insgesamt zeigen die geleisteten Projektarbeiten die Notwendigkeit und Angemessenheit des Projekts, da sie dazu beitragen, ein innovatives und leistungsfähiges Reinigungssystem zu entwickeln, das sowohl technologisch als auch wirtschaftlich und wissenschaftlich von Bedeutung ist.

5 Verwertung der Ergebnisse

Das Projekt Autonom situationsbezogenes Reinigen: Selbstlernende, echtzeitoptimierte Tankreinigung in der Lebensmittelwirtschaft bietet erhebliche wirtschaftliche und technische Erfolgsaussichten. Die Anwendungsbereiche reichen von der Lebensmittelindustrie über Chemie, Kosmetik und hin zur Pharmazie. Durch die Zusammenarbeit mit namhaften Unternehmen und die Integration der Ergebnisse in Lehr- und Forschungseinrichtungen wird der Technologietransfer gewährleistet. Die Verwertbarkeit des Projekts zeigt sich in der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen, Geschäftsmodellen, Aus- und Weiterbildungskonzepten sowie Marketingstrategien.

Die Hohe Tanne GmbH konzentriert sich insbesondere auf die Weiterentwicklung des Reinigungssystems mit integrierter Sensorik und dessen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten.

Darüber hinaus hat die HoheTanne GmbH seine Expertise im Bereich der Bildauswertung für die Verschmutzungsauswertung sowie Kamera, Beleuchtung und Filtertechnik deutlich weiterentwickelt. Die erworbenen Fähigkeiten tragen dazu bei, innovative Lösungen für die verschiedensten industriellen Anwendungen zu entwickeln und somit den Technologietransfer zu fördern.

Ein positiver Nebeneffekt konnte durch die Ableitung des Sensorsystems hin zu einer „Stand-Alone“-Variante, d.h. Sensor losgelöst vom Reinigungssystem, erzielt werden:



Abbildung 5-1:LumiHD

Der Sensor kann als eigenständige Lösung in Produktionsanlagen integriert werden, um den aktuellen Verschmutzungszustand von Maschinen kontinuierlich zu überwachen. Durch diese Informationen kann das System präzise bestimmen, wann eine Reinigung erforderlich ist und gleichzeitig die verbleibende Reinigungsdauer abschätzen, bis der Sichtbereich vollständig sauber ist.

Das Sensorgehäuse wurde von Hohe Tanne im Hygienic Design gestaltet und gefertigt.

6 FE-Ergebnisse von dritter Seite

Während der Durchführung des Vorhabens wurde kein signifikanter Fortschritt von anderen Stellen auf dem Gebiet des Projekts bekannt. Dies schließt sowohl Forschungs- und Entwicklungsergebnisse, als auch neue Technologien oder Ansätze ein, die von Dritten entwickelt wurden. Die Projektbeteiligten haben jedoch den aktuellen Stand der Technik und relevante Entwicklungen im Auge behalten, um mögliche Synergien oder Anpassungen des Projekts an neue Erkenntnisse zu identifizieren.

7 Ausblick/ Verwertung

Die Hohe Tanne GmbH wird nach Projektende das Funktionsmuster hinsichtlich eines industrie- und markttauglichen Produkts weiterentwickeln und anschließend verwerten. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf Bereichen, die Hygienestandards unterliegen. Gerade die Lebensmittel- und Pharmaindustrie verlangt nach weiterführender Automatisierung der Reinigungsprozesse, da diese die Voraussetzung für eine reproduzierbare Sauberkeit sind und somit gleichbleibende bzw. stabile Produktqualität realisieren.

Ein weiterer positiver Nebeneffekt war die Entwicklung eines „Stand-Alone-Verschmutzungssensors“ (LumiHD), der ebenso zur Industriereife weiterentwickelt werden soll und voraussichtlich bereits Mitte 2025 das Reinigungsportfolio von Hohe Tanne GmbH erweitern wird.