Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Technische Hochschule Mittelhessen Wiesenstr. 14 35390 Gießen Prof. Dr. Henning Schneider	**FKZ:** 13GW0438C Gießen, den 17.07.2025
Vorhabensbezeichnung: MICRO-JET-N – JET-Beatmung bei Neonaten mit respiratorischen Versagen **Teilvorhaben:** Etablierung von Modellen zur Simulation der JET-Beatmung von Neonaten mit respiratorischem Versagen	
Laufzeit des Vorhabens: 1.9.2020 - 31.12.2024	

Teil I - Kurzbericht

Aufgabenstellung

Das Mekoniumaspirationssyndrom (MAS) stellt eine bedeutende Ursache für respiratorisches Versagen bei Neugeborenen dar. Es entsteht durch das intrauterine oder perinatale Einatmen von Mekonium (Kindspech), was zu einer Obstruktion der Atemwege sowie einer ausgeprägten inflammatorischen Reaktion im Lungengewebe führt. Trotz der Schwere des Krankheitsbildes ist die Langzeitprognose bei adäquater Therapie in der Regel günstig.

Im Rahmen des Teilprojekts wurde die Entwicklung eines neuartigen Hochfrequenzbeatmungsgeräts („Micro-JET-N“) vorangetrieben, das hochfrequente Jet-Impulse (HFJV) mit einem konstanten positiven endexspiratorischen Druck (PEEP) kombiniert. Ziel war es zudem, eine kontinuierliche, echtzeitbasierte Überwachung der Lungenbelüftung zu ermöglichen.

Ein zentrales Projektbestandteil war die Entwicklung computergestützter, biomimetischer Simulationsmodelle zur Nachbildung der Lungenfunktion bei Neugeborenen sowie die Herstellung eines physikalischen Lungenmodells). Diese Modelle dienen der gezielten Optimierung relevanter Beatmungsparameter – wie Druck, Frequenz und Applikationsort – unter MAS-Bedingungen. Insbesondere ermöglichen sie die Simulation der Mekonium-Clearance bei gleichzeitiger Sicherstellung einer suffizienten Lungenbelüftung und erlauben eine systematische Anpassung der Anwendung des Micro-JET-N.

Die entwickelten in-silico- und 3D-Modelle bieten darüber hinaus tierversuchsfreie Alternativen und leisten einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des 3R-Prinzips (Replace, Reduce, Refine). Da bislang keine spezifischen präklinischen Modelle zur Untersuchung der Jetventilation beim neonatalen MAS existierten, besitzt dieses Projekt einen hohen Innovationscharakter – sowohl im Hinblick auf die klinische Forschung als auch auf die Entwicklung neuer Beatmungssysteme für die Neonatologie.

Wissenschaftlich-technischer Hintergrund

Die Anwendung der Jetventilation im neonatalen Kontext ist bislang nur unzureichend wissenschaftlich untersucht. Während tierexperimentelle Studien vielversprechende Ergebnisse liefern, stützen sich klinische Erkenntnisse auf wenige Untersuchungen aus den 1990er-Jahren. Diese deuten darauf hin, dass die Jetventilation insbesondere bei inhomogener Lungenbelüftung Vorteile gegenüber der konventionellen Beatmung bieten könnte – etwa hinsichtlich des Gasaustauschs und der Überlebensrate. Systematisch validierte, aktuelle Studien fehlen jedoch ebenso wie geeignete präklinische Modelle zur realitätsnahen Simulation dieser Technik.

In der computergestützten Modellierung kindlicher Lungenfunktionen (in-silico) gewinnt die Unterscheidung zwischen Erwachsenen- und Kinderlungen zunehmend an Bedeutung. Während für adulte Lungen bereits differenzierte Modelle sowohl physiologischer als auch pathologischer Zustände (z. B. Asthma, COPD) vorliegen, besteht für die pädiatrische Lunge ein erheblicher Nachholbedarf. Insbesondere Früh- und Neugeborene unterscheiden sich hinsichtlich ihrer anatomischen und funktionellen Lungenentwicklung deutlich von älteren Kindern und Erwachsenen, was spezifische, altersgerechte Modelle erforderlich macht.

Dank fortschrittlicher medizinischer Bildgebungsverfahren und gesteigerter Rechenkapazität ist es heute möglich, hochauflösende, komplexe Lungenmodelle zu erstellen. Diese erlauben eine detaillierte Analyse und Simulation von Volumina, Strömungsverhalten und

Gasaustauschprozessen und bilden damit eine realitätsnahe Grundlage zur gezielten Optimierung und Weiterentwicklung innovativer Beatmungstechniken – wie der Jetventilation – im neonatalen Bereich.

Projektverlauf und Umsetzung

Im Zentrum des Projekts stand die Entwicklung und Erprobung eines neuartigen Simulationskonzepts zur Untersuchung des Mekoniumaspirationssyndroms (MAS). Die wesentlichen Arbeitsschritte umfassten:

- die computergestützte Modellierung der Lungenfunktion bei Neugeborenen,
- die Entwicklung eines in-silico-Simulationsmodells zur Darstellung verschiedener Beatmungsszenarien,
- die Konstruktion eines physischen 3D-Modells zur experimentellen Simulation der Lungenbelüftung,
- sowie die systematische Analyse und Anpassung relevanter Beatmungsparameter wie Druck, Frequenz und Applikationsort der Jetventilation.

Diese interdisziplinäre Herangehensweise ermöglichte sowohl eine präzise Konfiguration der Beatmungsgeräte als auch die Simulation des Mekoniumtransports innerhalb der Lunge. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse konnte der Micro-JET-N-Ventilator gezielt weiterentwickelt und funktionell optimiert werden.

Ergebnisse und Erkenntnisse

Im Rahmen des Projekts wurden zwei zentrale Simulationsmodelle erfolgreich realisiert:

- ein in-silico-Modell zur detaillierten Abbildung der physiologischen Eigenschaften der Neugeborenenlunge,
- ein physisches 3D-Modell zur praxisnahen Erprobung und Validierung von Beatmungsparametern unter kontrollierten Bedingungen.

Beide Modelle erwiesen sich als wertvolle Werkzeuge zur nichtinvasiven Untersuchung und Optimierung der Jetventilation im Kontext des MAS. Sie ermöglichen die differenzierte Analyse des Gasaustauschs sowie die Visualisierung des Mekoniumtransports in den Atemwegen. Darüber hinaus leisten sie einen substantiellen Beitrag zur Reduktion von Tierversuchen und unterstützen die Umsetzung ethischer Standards gemäß dem 3R-Prinzip (Replace, Reduce, Refine).

Die entwickelten Simulationssysteme stellen einen wichtigen Fortschritt in der präklinischen Erforschung innovativer Beatmungstechnologien dar – insbesondere für Neugeborene mit akuten pulmonalen Funktionsstörungen, für die bislang keine adäquaten Modellierungsansätze existierten.

Kollaboration im Projektkonsortium

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern gestaltete sich von Beginn an konstruktiv und zielgerichtet. Zu Projektbeginn fanden regelmäßige Präsenztreffen statt. Mit Einsetzen der pandemiebedingten Einschränkungen wurde frühzeitig auf virtuelle Formate umgestellt, ohne negative Auswirkungen auf die Koordination oder den Arbeitsfortschritt. Ergänzend wurden themenspezifische Workshops organisiert, die den interdisziplinären Austausch intensivierten. Die erfolgreiche digitale Zusammenarbeit unterstreicht die hohe Anpassungsfähigkeit und Effizienz des Konsortiums.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Technische Hochschule Mittelhessen Wiesenstr. 14 35390 Gießen Prof. Dr. Henning Schneider	**FKZ:** 13GW0438C Gießen, den 17.07.2025
Vorhabensbezeichnung: MICRO-JET-N – JET-Beatmung bei Neonaten mit respiratorischen Versagen **Teilvorhaben:** Etablierung von Modellen zur Simulation der JET-Beatmung von Neonaten mit respiratorischem Versagen	
Laufzeit des Vorhabens: 1.9.2020 - 31.12.2024	

Teil II – Eingehende Darstellung der durchgeführten Arbeiten

Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

AP 8.1 Erstellung und Etablierung eines Computermodells zur Simulation der Ventilation unter JET Beatmung sowie der Mekonium Disposition

Ziel dieses Arbeitspakets war die Entwicklung eines computergestützten Modells zur Simulation der Strömungsverhältnisse in den Lungen von Neugeborenen unter Anwendung der Jetventilation (JET). Als Grundlage sollten hochauflösende CT-Scans neonataler Lungen dienen, die in eine Finite-Elemente-Simulationsumgebung integriert werden sollten, um anatomisch präzise und physiologisch realistische Modelle zu erstellen.

Die geplante detailgetreue Rekonstruktion der Lungenstruktur ließ sich jedoch auf Basis der verfügbaren CT-Daten von Neugeborenen nicht umsetzen, da deren Auflösung und Bildqualität für die Erstellung eines hochdetaillierten Computermodells nicht ausreichten.

Als alternative Datengrundlage wurden daraufhin CT-Aufnahmen von Lungen verstorbener Ferkel angefertigt, deren anatomische und physiologische Eigenschaften der neonatalen Lunge ähneln. In diesem Kontext wurden unterschiedliche experimentelle Parameter systematisch variiert, darunter:

- die endotracheale Intubation (Lage, Tiefe, Tubusdurchmesser),
- die Applikation von Mekonium,
- die Lagerungspositionen der Tiere,
- sowie verschiedene Beatmungsmodi.

Zur Erfassung der jeweiligen Versuchsbedingungen wurden während der Experimente CT-Scans durchgeführt, welche anschließend segmentiert und in digitale 3D-Modelle überführt wurden.
Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Segmentierung, einschließlich der präzisen Darstellung von Lage, Einführtiefe und Durchmesser des Endotrachealtubus.

Zur Optimierung der Sichtbarkeit und Verteilung des Mekoniums innerhalb der Lunge wurde das Präparat mithilfe eines Gewebehomogenisators verdünnt und zusätzlich mit einem Kontrastmittel angereichert. Dies ermöglichte eine verbesserte Darstellung in den CT-Aufnahmen und erleichterte die anschließende Segmentierung. Trotz dieser Maßnahmen konnte jedoch keine vollständig homogene Verteilung des applizierten Mekoniums erzielt werden (siehe Abbildung 2).

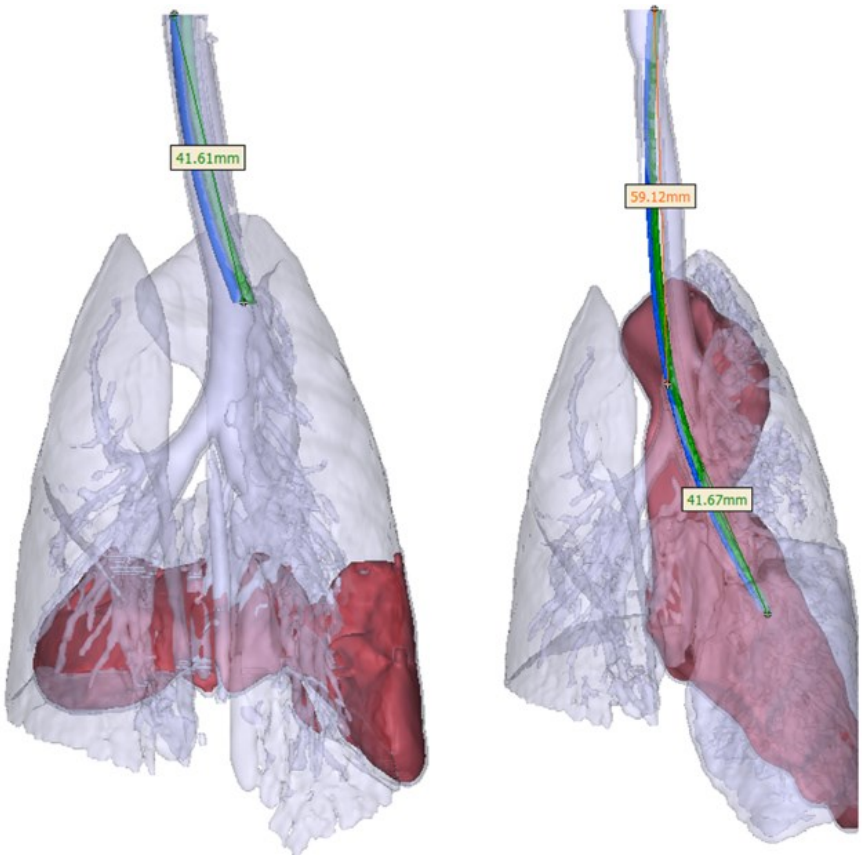

ABBILDUNG 1: SEGMENTIERTE CT-SCANS ZUR BESTIMMUNG DER POSITION DES ENDOTRACHEALTUBUS (BLAU-GRÜNER BEREICH)

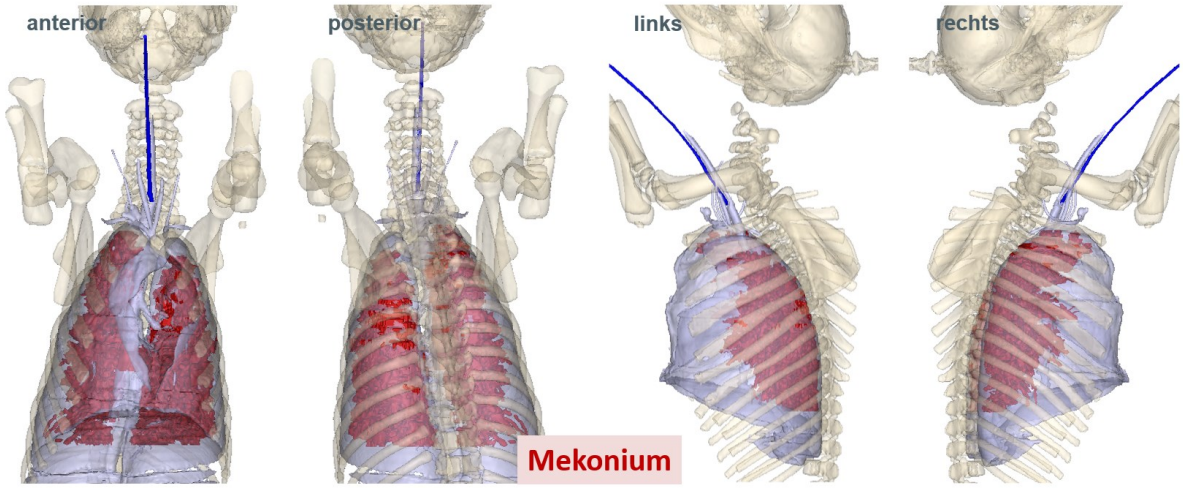

ABBILDUNG 2: SEGMENTIERTER CT-SCAN EINES TOTEN FERKELS IN RÜCKENLAGE MIT ERFOLGREICH DURCHGEFÜHRTER MEKONIUMAPPLIKATION.

Zur weiteren Verbesserung der Mekoniumverteilung innerhalb der Lunge wurde eine spezielle Haltevorrichtung zur standardisierten Lagerung der Versuchstiere entwickelt. Diese erlaubt eine kontrollierte Rotation der Tiere um ihre Longitudinalachse, wodurch die Lage während der Mekoniumapplikation und der nachfolgenden Beatmung gezielt variiert werden kann.

Die Haltevorrichtung wurde im selektiven Lasersinterverfahren (SLS-3D-Druck) gefertigt und verfügt über verstellbare Elemente, die eine individuelle Anpassung an die Körpermaße der jeweiligen Tiere ermöglichen (siehe Abbildung 3).

Der Einsatz dieser rotierbaren Lagerungshilfe führte zu einer nachweislich gleichmäßigeren Verteilung des Mekoniums in den pulmonalen Strukturen und stellt damit einen wesentlichen Beitrag zur Standardisierung und Reproduzierbarkeit der Versuchsanordnung dar.

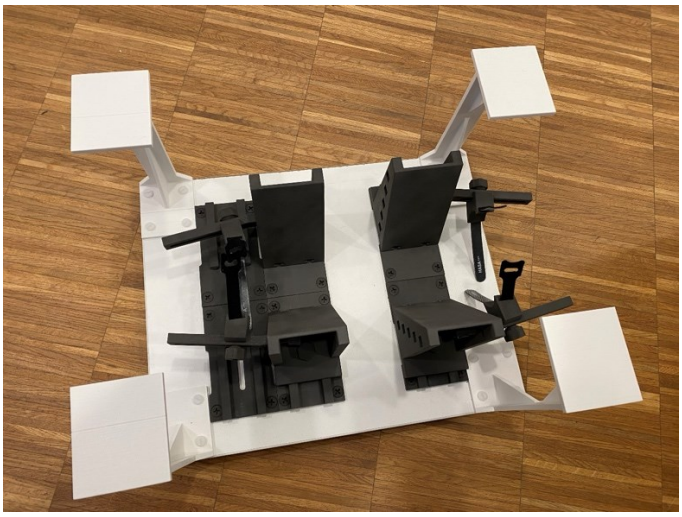

ABBILDUNG 3: LAGERUNGSHILFE ZUR STANDARDISIERTEN LAGERUNG DER ZU UNTERSUCHENDEN TIERE. ÜBER DIE AN DEN ECKEN ANGEBRACHTEN STREBEN LÄSST SICH DAS TIER UM DIE EIGENE ACHSE DREHEN, UM EINE OPTIMALE MEKONIUMVERTEILUNG ZU ERREICHEN.

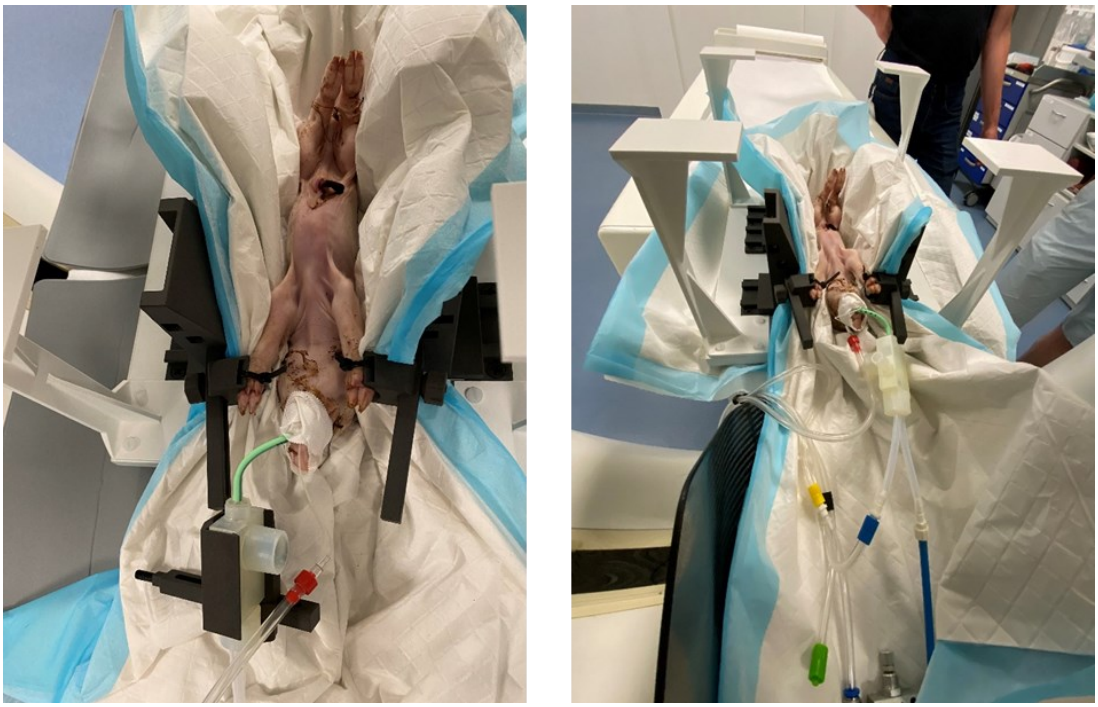

ABBILDUNG 4: VERSUCHSAUFBAU UND LAGERUNG DES FERKELS IM CT.

AP 8.2 Erstellung und Etablierung eines additiv gefertigten Lungenmodells sowie Applizieren und Mobilisation eines künstlichen Mekoniums

Zu Beginn des Arbeitspakets lagen keine ausreichend hochauflösenden CT-Daten vor, um ein realitätsnahes, detailgetreues 3D-Lungenmodell mittels Stereolithographie (SLA) zu erstellen. Als alternative Lösung wurde daher zunächst ein präpariertes Explantatlungenmodell entwickelt, das gezielt an die Anforderungen einer dynamischen Beatmungssimulation angepasst wurde.
Die funktionellen Spezifikationen des Modells wurden in enger Abstimmung mit den Projektpartnern der Justus-Liebig-Universität Gießen – Fachbereiche Medizin (JLU-M) und Veterinärmedizin (JLU-VET) – definiert. Als Spenderorgan diente die Lunge eines Schweins, deren anatomische Struktur und physiologische Eigenschaften in hohem Maße mit der menschlichen Lunge vergleichbar sind.
Der aktuelle Versuchsaufbau umfasst die präparierte Explantatlunge, sowie zwei additiv gefertigte Baugruppen (vgl. Abbildung 4), welche die anatomischen und funktionellen Eigenschaften der luftführenden Atemwege sowie der Thoraxstruktur nachbilden.
Diese modularen Komponenten ermöglichen den Anschluss und die Erprobung unterschiedlicher JET-Applikatoren unter standardisierten Bedingungen.
Im Rahmen des Projekts wurden umfangreiche Testreihen zur Evaluierung verschiedener Beatmungsparameter durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse flossen kontinuierlich in die Optimierung und Weiterentwicklung des Modells ein und bilden eine belastbare Grundlage für weiterführende präklinische Untersuchungen.

a)

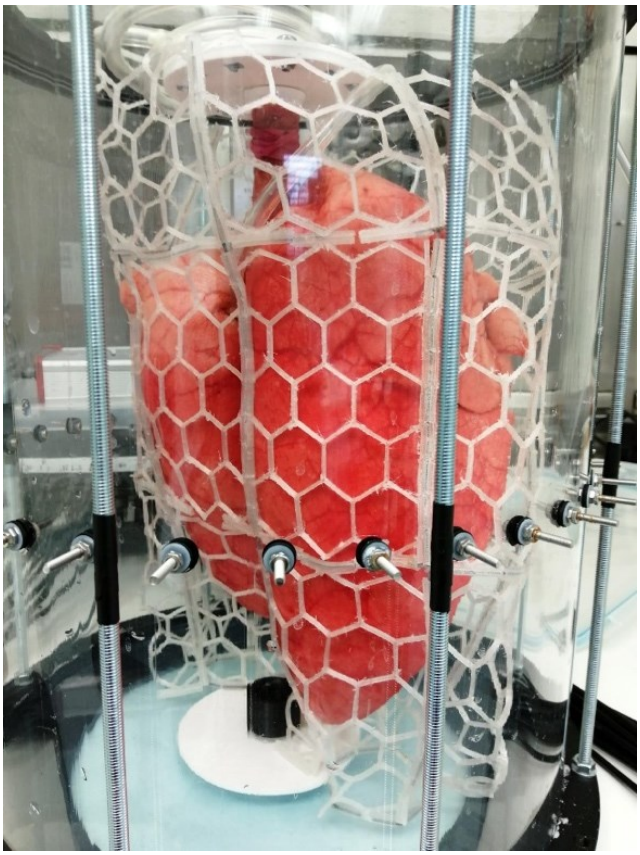

ABBILDUNG 4: TESTAUFBAU MIT EXPLANTATLUNGE

Auf Basis der in Arbeitspaket 8.2 generierten CT-Daten wurde eine Ferkellunge mittels Stereolithographie (SLA) aus elastischem Photopolymerharz additiv gefertigt. Trotz der erfolgreichen Umsetzung zeigte sich jedoch, dass die begrenzte Auflösung und Detailgenauigkeit einzelner Lungenareale die Eignung des Modells für weiterführende strömungsphysiologische Untersuchungen einschränkten.

Als ergänzende und realitätsnähere Alternative kam daher ein präpariertes Explantatlungenmodell zum Einsatz, das eine naturgetreuere Abbildung der komplexen Lungenmorphologie ermöglichte. Ein besonderer Vorteil dieses Modells bestand in der Möglichkeit zur stufenlosen Rotation um die Longitudinalachse, wodurch nach der Applikation des Mekoniums eine deutlich gleichmäßigere Verteilung innerhalb der Lungenstruktur erzielt werden konnte.

Die aus diesen Versuchen gewonnenen Erkenntnisse sind unmittelbar in die experimentellen Arbeiten des Arbeitspakets 8.1 eingeflossen, in denen verstorbene Ferkel zur weiterführenden Validierung eingesetzt wurden.

AP 8.3 Definition der Einstellungsparameter für die Studie im Tiermodell

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden systematische Untersuchungen zur Optimierung der Jetventilation im Tiermodell durchgeführt. Im Fokus standen zentrale Beatmungsparameter des JET-Systems, darunter:

- der positive endexspiratorische Druck (PEEP),
- der JET-Druck,
- die JET-Frequenz,
- sowie das Inspirations-zu-Exspirations-Verhältnis (I:E).

Darüber hinaus wurde der Einfluss unterschiedlicher Lagerungspositionen auf die Verteilung des applizierten Mekoniums analysiert.

Für jede getestete Konfiguration wurden hochauflösende CT-Scans erstellt. Diese dienten sowohl der volumetrischen Analyse der Lungenbelüftung als auch der Visualisierung der Mekoniumverteilung innerhalb der pulmonalen Strukturen. Es zeigte sich, dass die Homogenität der Verteilung durch gezielte Lagerungsstrategien signifikant verbessert werden konnte.

Die in den Arbeitspaketen 8.1 und 8.2 gewonnenen Erkenntnisse – in Kombination mit den in Arbeitspaket 8.3 ermittelten optimalen Beatmungsparametern – bilden die wissenschaftliche Grundlage für die geplante Tierstudie und ermöglichen eine evidenzbasierte Weiterentwicklung der Jetventilation im neonatalen Kontext.

AP 9.1 Messtechnische Unterstützung und Datenerfassung

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden der erste funktionsfähige JET-Demonstrator sowie alle für die Tierstudie benötigten Kommunikationsmonitore erfolgreich implementiert. In enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Acutronic wurden Anforderungen an eine strukturierte, studientaugliche Datenerfassung definiert und darauf basierend eine dedizierte Kommunikationsplattform entwickelt.

Diese Plattform ermöglicht die simultane Erfassung und Visualisierung zentraler Vitalparameter – darunter EKG, Atemfrequenz, Sauerstoffsättigung sowie intrathorakale Druckverhältnisse. Zusätzlich erlaubt sie die Dokumentation versuchsrelevanter Ereignisse wie die Applikation von Mekonium, Lagerungsänderungen oder den Wechsel des Beatmungsmodus. Alle Daten werden im standardisierten EDF-Format (European Data Format) gespeichert (vgl. Abbildung 5).

Zur Konvertierung verschiedener Datenformate in das EDF-Format wurde eine spezielle Softwarelösung entwickelt, deren Funktionalität in Bezug auf das Studienszenario umfassend verifiziert und getestet wurde.

ABBILDUNG 5: TESTSTAND ZUR VALIDIERUNG DER KOMMUNIKATIONSPLATTFORM MIT DEMO-MODI DER IM RAHMEN DER STUDIE EINGESETZTEN GERÄTE

AP 9.2 Algorithmen-Entwicklung und Risikokontrolle

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden methodische Ansätze entwickelt, die eine datenbasierte Analyse typischer klinischer Muster bei der Anwendung der Jetventilation (JET) ermöglichen. Grundlage bildet eine kontinuierlich aufgezeichnete EDF-Datei, in der über den gesamten Messzeitraum sämtliche Vital- und Beatmungsparameter erfasst wurden. Die Datenerhebung umfasste:

- EKG-Signale
- Pulsrate
- Inspirations- und Exspirationsdrücke sowie -flüsse
- Transkutanes CO_2 und Sauerstoffsättigung
- Hochauflösende Druck- und Flussmessungen

Diese umfassende Datenbasis ermöglicht eine zeitabhängige Analyse zentraler respiratorischer Kennwerte, darunter Atemmechanik, Effizienz des Gasaustauschs sowie die Stabilität und Regelmäßigkeit der Beatmung.

Zur Auswertung kamen moderne signalverarbeitende Verfahren, regelbasierte Analyse-algorithmen und Schwellenwertanalysen zum Einsatz. Kritische Grenzwerte wurden auf Basis klinischer Fachliteratur, empirischer Auswertungen und interdisziplinärer Expertise definiert. Sie dienen der Bewertung physiologischer Zustände während des Beatmungs-verlaufs.

Abweichungen von definierten Normbereichen werden durch das System automatisch erkannt und in Form von Schwellenwertüberschreitungen markiert. Diese Hinweise ermöglichen eine frühzeitige Identifikation potenzieller Risikozustände oder Optimierungspotenziale. Die finale Bewertung sowie therapeutische Entscheidungen verbleiben jedoch beim medizinischen Fachpersonal, das durch die datenbasierte Rückmeldung in seiner Entscheidungsfindung gezielt unterstützt wird.

Die entwickelten Auswertemethoden wurden zunächst unter kontrollierten Bedingungen mit Datensätzen aus simulierten Betriebsszenarien getestet. Diese Daten entstammten der im Rahmen des Projektes durch den Projektpartner Acutronic entwickelten Kommunikations-plattform und wurden aus den verschiedenen angeschlossenen Systemen zusammengeführt.

Die Validierungsphase diente der technischen Prüfung der Datenintegrität, der Verifikation der Auswertelogik sowie der Ableitung erster praxisrelevanter Schwellenwerte zur Beurteilung der respiratorischen Situation unter Jetventilation.

Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung

Bis zum Erreichen des Halbzeitmeilensteins im Projektmonat 22 wurde das Vorhaben planmäßig gemäß Arbeitsplan umgesetzt. Aufgrund projektweiter Verzögerungen wurde – mit Ausnahme des Partners Acutronic – für alle Projektpartner eine kostenneutrale Verlängerung um 16 Monate beantragt und genehmigt.
Die Verzögerungen resultierten insbesondere aus mehreren, teils extern bedingten Faktoren:

- Einschränkungen im Zuge der COVID-19-Pandemie,
- Schwierigkeiten bei der Rekrutierung qualifizierten Fachpersonals für die Durchführung von Tierversuchen,
- Herausforderungen bei der Beschaffung geeigneter Versuchstiere,
- sowie dem institutionellen Wechsel von Prof. Dr. Erhardt an die Universität Ulm zum 1. Dezember 2022.

Diese Entwicklungen führten insbesondere zu Verzögerungen in den Arbeitspaketen 13 und 14.1 der Konsortialpartner JLU-M und JLU-VET. In der Folge verzögerten sich auch die darauf aufbauenden Arbeitspakete 9.1 und 9.2 der THM.
Da auch im weiteren Projektverlauf kein geeignetes Personal zur Durchführung der Tier-versuche rekrutiert werden konnte, wurde im Rahmen der Projektverlängerung entschieden, das Arbeitspaket 14 vollständig zu streichen. Die ursprünglich darin vorgesehenen Validierungsmessungen zu Gasaustausch, Lungenschädigung und Lungenbelüftung wurden in angepasster Form umgesetzt:

- durch die Verwendung eines biomimetischen Simulationssystems,
- sowie durch Untersuchungen an 20 verstorbenen neugeborenen Ferkeln.

Die THM unterstützte die Partner JLU-M und JLU-VET bei der Durchführung dieser Untersuchungen durch messtechnische Betreuung und überführte die gewonnenen Erkenntnisse in die iterative Weiterentwicklung und Optimierung des Demonstrators.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

0812	Personalkosten: Beschäftigte E12-E15	132.450,19 Euro
0817	Personalkosten: Beschäftigte E1-E11	19.383,71 Euro
0846	Dienstreisen	356,10 Euro
0850	Investition: Gegenstände > 800/410/400 €	12.710,24 Euro
	Gesamt	**164.900,24 Euro**

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie die dafür eingesetzten Ressourcen waren notwendig und angemessen und entsprachen weitgehend der im Projektantrag formulierten Planung. Es kam jedoch zu Abweichungen von der ursprünglich vorgesehenen Vorgehensweise, die Anpassungen im Projektplan erforderlich machten. So war ursprünglich geplant, ein detailgetreues computergestütztes Modell der Lungentopographie auf Basis hochauflösender CT-Daten von neugeborenen Lungen zu erstellen. Dabei zeigte sich jedoch, dass die verfügbare Bildqualität und Auflösung der neonatalen CT-Daten nicht ausreichten, um ein hochdetailliertes und anatomisch präzises Modell zu generieren. Daher wurden stattdessen CT-Aufnahmen von Lungen verstorbener Ferkel verwendet, deren anatomische und physiologische Eigenschaften denen der neonatalen Lunge vergleichbar sind. Auch bei der Herstellung eines physischen Lungenmodells mittels Stereolithographie (SLA) aus elastischem Photopolymerharz traten Einschränkungen auf. Die begrenzte Auflösung und Detailgenauigkeit der SLA-Drucke schränkten die Eignung des Modells für weiterführende strömungsphysiologische Untersuchungen ein. Als ergänzende und realitätsnähere Alternative wurde daher ein präpariertes Explantatlungenmodell entwickelt und eingesetzt. Dieses Modell bildet die komplexe Lungenmorphologie naturgetreuer ab. Für das Projekt entstanden durch diese Anpassungen keine zusätzlichen Ressourceneinsätze.

Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Verwertbarkeit der erzielten Ergebnisse wird als vielversprechend eingeschätzt. Auch die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit des Projekts erscheint aussichtsreich. Konkrete Planungen zur weiteren Nutzung der Resultate sind im fortgeschriebenen Verwertungsplan vorgesehen.

Bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Während der Projektdurchführung sind dem Zuwendungsempfänger keine relevanten Fortschritte oder vergleichbaren Entwicklungen anderer Stellen bekannt geworden.

Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Die Ergebnisse werden gemeinsam mit den Projektpartnern veröffentlicht, sobald der Demonstrator inklusive Kommunikationsplattform erfolgreich im Tiermodell getestet wurde.