

Abschlussbericht

Konzeptionierung einer neuen Verfahrenstechnik (Zweistoffdüse) zur Stallluftkonditionierung sowie Reduktion von Emissionen in Ställen der Nutztierhaltung

Ergebnisse einer vorwissenschaftlichen Studie ohne statistische Datenauswertung

Abschlussbericht

über ein neuartiges Verfahren zur Versprühung von Aerosolen („Zweistoffdüsenteknik“) zur Feststellung des Emissionsminderungspotentials für Staub sowie zur Optimierung der Stallklimaparameter Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Ställen der Nutztierhaltung

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Landwirtschaft

Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

raumberg-gumpenstein.at

Autorinnen und Autoren: Ing. Irene Mösenbacher-Molterer und Michael Kropsch, BMA,

Ing. Eduard Zentner, Dr. Birgit Heidinger, Lukas Lackner,

Stefan Danglmaier, Gregor Huber, Daniela Vockenhuber

Projektpartner:

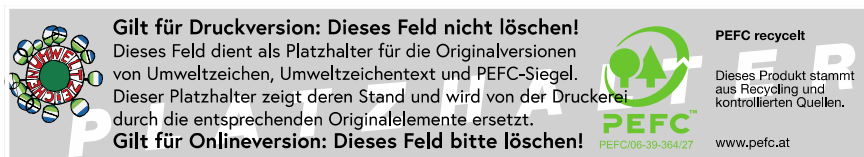
Firma aero-solutions Umwelttechnik GmbH, Linz

Peter Muckenhuber Consulting, Linz

Firma Ferkelhof H&O GmbH, Marktstein 3, 3354 Wolfsbach

Firma #frischundfrEI, Marktstein 3, 3354 Wolfsbach

Fotonachweis: HBLFA Raumberg-Gumpenstein



Irdning, 2023 Stand: 27. Mai 2023

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an irene.moesenbacher@raumberg-gumpenstein.at.

Inhalt

Zusammenfassung	5
Summary	6
1 Einführung	7
2 Material und Methoden	8
Kernkomponente „Sprühsystem“	9
Kernkomponente „Regel- und Steuerungstechnik“	10
Kernkomponente „Flüssigkeit für die Bildung von Tröpfchen mit besonderer Wirkung“ ..	11
2.1 Messbedingungen	11
2.2 Messgeräte	14
2.2.1 Staub	14
2.2.2 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit	15
2.2.3 Schadgasgehalte.....	16
3 Ergebnisse	17
3.1 Wintermessreihe Schweinemast	17
3.1.1 Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit.....	18
3.1.2 Staubgehalte	19
3.2 Sommermessreihe Schweinemast	24
3.2.1 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit	26
3.2.2 Staubgehalte	28
3.2.3 Schadgasgehalte.....	29
3.3 Frühjahrmessreihe Legehennen.....	30
3.3.1 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit	32
3.3.2 Staubgehalte	33
3.4 Adaption der Technik in Ställe der Nutztierhaltung	34
4 Diskussion	37
5 Fazit	38
Welche Einstellungen sind praktikabel?	38

6 Literatur 39

Zusammenfassung

Ein neuartiges System zur Versprühung von Wasser und vielseitigen Additiven kann helfen, die Staubbelastung in Ställen der Nutztierhaltung zu verbessern. Die Zweistoffdüsenteknik arbeitet ähnlich einer Hochdruckvernebelungsanlage, jedoch mit einem weitaus niedrigeren Druckniveau, da ein Kompressor zur feinsten Vernebelung der Wasserpartikel zwischengeschaltet ist.

Stäube üben in der Tierhaltung einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit der Lebewesen, aber auch das Betreuungspersonal und über die Immission auf die Umwelt aus. Wenn man den Weg Richtung mehr Tierwohl weiterhin forciert, so muss man sich eingehend Gedanken sowohl über das Einstreumaterial/-verfahren als auch die Qualität des angebotenen Beschäftigungsmaterials machen.

Einsetzbar ist dieses System überall dort, wo die vorhandene Technik gut beherrscht wird und alle Verbesserungsmöglichkeiten im Gebäude bereits ausgeschöpft sind. Klimatisch gesehen ist eine aktive Kühlung oder Zuluftkonditionierung vor allem bei Stallsystemen ohne aktiver Zu- und Abluftführung in Zukunft zwingend notwendig – die Anzahl an Hitzetagen steigt und die Funktionssicherheit wäre jedenfalls gefährdet.

Vorliegende Messungen zeigen einen wesentlichen und positiven Einfluss der verwendeten Zweistoffdüsenteknik (Firma aero-solutions Umwelttechnik GmbH, Linz) auf den Staubgehalt der Luft als auch die wesentlichen, in der Tierhaltung wichtigen Klimabestandteile wie Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass auf Grund der Versuchsbedingungen keine statistische Auswertung der Daten möglich war und daher die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit jener einer vorwissenschaftlichen Studie entsprechen. Zur Absicherung der Ergebnisse sind weiterführende Untersuchungen notwendig.

Summary

A new system for spraying water and a variety of additives can help to reduce dust levels in livestock housing. The two-substance nozzle technology works in a similar way to a high-pressure system, but with a much lower pressure level, since a compressor is interposed for the finest atomization of the water particles.

In animal husbandry dust has a significant impact on the health of living beings, but also on the care staff and the environment. If you continue to push the path towards more animal welfare, you have to think carefully about both the bedding material/method and the quality of activity material.

This system can be used wherever the existing technology is well mastered and all possibilities for improvement in the building have already been exhausted. From a climatic point of view, active cooling or supply air conditioning will be absolutely necessary in the future, especially for stable systems without active air conditioning - the number of hot days is increasing and functional reliability would be endangered in any case.

Available measurements show a significant and positive influence of the two-substance nozzle technology used (company aero-solutions GmbH, Linz) on the dust content of the air as well as the essential climate components important in animal husbandry, such as temperature and relative humidity.

When interpreting the results, it must be taken into account that due to the experimental conditions, no statistical evaluation of the data was possible and therefore the results of the present work correspond to those of a pre-scientific study. Further investigations are necessary to validate the results.

1 Einführung

Die Bedeutung der Luftqualität hinsichtlich der Entwicklung von Atemwegserkrankungen wird in zahlreichen Untersuchungen dokumentiert. Staub, hohe Schadgaskonzentrationen, Trockenheit und extrem hohe oder niedrige Luftfeuchtigkeit erhöhen die Empfindlichkeit von Nutztieren gegenüber Pneumonie und verursachen häufig Lungenveränderungen. Staubpartikel können Infektionserreger sowie Endotoxine beherbergen und gemeinsam mit anderen Luftschadstoffen den Atmungstrakt schädigen.

Diese Erkenntnisse sind vor allem im Hinblick auf Ställe für die Nutztierhaltung wichtig. Der Bau von Tierwohlställen nimmt zu: Mehr Platz und Einstreu, eine Strukturierung der Buchten zur Unterscheidung von Aktivitäts- und Ruhezone und das Anbieten von Außenklimareizen wird gefordert. Bezogen auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse während der Ernte sowie die Qualitätsparameter des Erntegutes – es ist beispielsweise nicht jedes Jahr Stroh von bester Qualität verfügbar. Vergleichbare Untersuchungen der Universität Göttingen zeigen erhöhte Staubemissionen bei Weizenstroh – Holzspäne oder Strohpellets sind günstiger zu beurteilen.

Um diese Mängel abzuschwächen und eine unbedenkliche Umgebung für die Tiere bereitzustellen, ist es in vielen Fällen notwendig, Techniken zur Bindung oder wesentlichen Vermeidung von Staub zu installieren. Bei der Minderung der Staubemissionen spielt der Feuchtigkeitsgehalt sowohl in der Luft als auch bauwerksbezogen im Stall eine wichtige Rolle. Eine feuchte Bodenfläche hemmt die Aufwirbelung von Partikeln deutlich.

Die Feuchtigkeit ist auch ein Parameter, den es im Auge zu behalten gilt, wenn es um die Vernebelung von Wasser im Tierbereich geht. In Anbetracht der Klimaverhältnisse während der letzten beiden Sommer, zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Temperaturen, des Weiteren benötigen die Tierbestände zur Gesunderhaltung und bestmöglichen Ausschöpfung des Leistungspotentials optimale Bedingungen das Stallklima betreffend.

Zusätzliche Maßnahmen wie das Versprühen von Wasser (oder die Beimischung flüssiger Aerosole), haben vielfältige Wirkungen und ermöglichen neben einer Staubreduktion zusätzlich die Kühlung der Abteile. Aus diesen Gründen und der Neuentwicklung eines Systems zur Vernebelung von Wasser und flüssigen Additiven, wurden in einem Tierwohlstall für Mastschweine Messungen durchgeführt. Diese Erkenntnisse sind wichtig für zukünftige Stallplanungen oder zur Sanierung von Problembetrieben – zum einen, um eine optimale Stallklimaumgebung bereitzustellen, zum anderen durch Einstreu hervorgerufene Staubansammlungen zu vermindern.

2 Material und Methoden

Nachstehend wird eine neuartige Zweistoffdüsenteknik zur Emissionsminderung von Stäuben und in weiterer Folge luftgetragenen Schadgasen, als auch zur Optimierung der Stallluft in Stallungen der Nutztierhaltung näher beschrieben.

Technische Kern-Komponenten:

1. Sprühsystem
2. Regel- und Steuerungssystem
3. Flüssigkeit für die Bildung von Tröpfchen mit besonderer Wirkung

Die technische Anlage ist modular aufgebaut. So werden im Technikraum die Anschlüsse sowie die Steuer- und Regeleinheit montiert. Die Lärmemission des im Betrieb verwendeten Schraubenkompressors liegt mit bis zu 62dB (A) niedriger als bei herkömmlichen Produkten, eine Reduktion erfolgt zusätzlich durch Einbau in einen Technikraum. Die sogenannten „Sprühköpfe“, welche mit bis zu 4 Düsen in 4 Richtungen eine flächige Abdeckung von ca. 50 m² erreichen, werden im Stall direkt montiert. Zusätzlich benötigt werden 2 Leitungen (Flüssigkeit bzw. Druckluft jeweils mit ca. 3,5 bzw. 2,5bar), die mittels genormtem Stecksystem – werkzeuglos und einfach – verbunden werden. Die Installation kann sehr einfach als Nachrüstlösung und auch sehr flexibel an das Stallgebäude angepasst werden.

Abbildung 1: Steuer- und Regeleinheit im Technikraum



Abbildung 2: Schraubenkompressor zur Beschickung der luftgeführten Leitung



Kernkomponente „Sprühsystem“

Damit die Verfahrenstechnik ein dauerhaftes Tröpfchenspektrum von ca. 15 Mikron bieten kann, bewährt sich das Zweistoffdüsensystem. D. h. durch die Düse wird einerseits die Flüssigkeit durch den Eigendruck (ca. 3,5bar) gepresst. Zusätzlich wird die Druckluft in der Düse zur Beschleunigung der Tropfen am Düsenende eingesetzt. Somit wird die gewünschte Tröpfchengröße von ca. 15 Mikron, das einem sehr feinem Nebel entspricht, erreicht. Ziel ist, dass diese Tröpfchen in der Luft schweben und dadurch ihre Wirkung erreichen. Diese Wirkung ist einerseits eine adiabate Kühlung (durch Verdunsten), andererseits binden sich andere Partikel an den Tropfen (z. B. Staubpartikel). Durch Absinken und Agglomeration an der Oberfläche wird somit das Partikel gebunden.

Damit das Zweistoffdüsensystem einsatzfähig ist, wird ein entsprechendes Druckluftvolumen zum Betrieb benötigt. Eine Düse hat einen Luftbedarf von ca. 38 Litern pro Minute. Die Praxis hat gezeigt, dass sich für den (Dauer-)Betrieb, u.a. im Sommer, Schraubenkompressoren gut eignen und empfohlen werden. Der Einsatz der Druckluft verhindert auch das „Verkrusten“ der Düse durch Kalkablagerungen, die das Tröpfchenspektrum nach kurzer Zeit wesentlich einschränken würde. Dies stellt einen systemrelevanten Vorteil des Zweistoffdüsensystems gegenüber der Einstoffdüsentchnik (z. B. Hochdrucksprühanlagen) dar.

Kernkomponente „Regel- und Steuerungstechnik“

Die Verfahrenstechnik kann in zwei Betriebszuständen betrieben werden. Bis zu einer gewünschten Soll-Temperatur im Stall wird die Anlage zum kontinuierlichen Sprühen für eine bestimmte Dauer aktiviert. Oberhalb dieser gewünschten Soll-Temperatur kommt die Zielwertregelung zum Einsatz, die in zeitlich definierten Abständen die Ist-Temperatur und Ist-Feuchtigkeit im Stall misst und danach automatisch eine berechnete Menge an Flüssigkeit als feinen Nebel einbringt. Dies ist speziell bei hohen Raumtemperaturen (wie z. B. im Sommer) der Fall und stellt einen entsprechenden Kühlfaktor dar.

Beide Betriebsmodi laufen in einem automatischen Betrieb und werden zusätzlich durch dauernde Kontrolle der oberen und unteren Grenzwerte von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Stall überwacht.

Abbildung 3: Sprüheinheit im Stallbereich



Kernkomponente „Flüssigkeit für die Bildung von Tröpfchen mit besonderer Wirkung“

Die Anlagentechnik ist so ausgelegt, dass im Technikraum nach der Wasserzuleitung eine Dosiermöglichkeit vorgesehen ist. Hier wird das konzentrierte Zusatzmittel („Bindungsmittel“ beinhaltet lebensmittelechte Komponenten) mit 2% dem Durchflussvolumen zugemischt. Die ausgebrachte Flüssigkeit in Form von Tröpfchen soll danach ihre Wirkung entfalten. Dies ist u. a. die adiabate Kühlung der Raumluft, Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit, Anhaften der Tröpfchen an luftgetragene Partikel, damit diese langsam absinken und an der Oberfläche dauerhaft anhaften bleiben. Angesichts der Vielzahl der Quellen für (Staub-)Partikel, u. a. eingetrocknete Futterreste bzw. Kot, Hautschuppen, Beschäftigungsmaterial, Einstreu uvm., kann die vorgestellte Verfahrenstechnik einen relevanten Beitrag zur Emissionsminderung der Stallluft im Gebäude und somit zur Gesunderhaltung von Menschen und Tieren beitragen.

2.1 Messbedingungen

Die Messungen erfolgten von Februar bis Juli 2020 auf einem Mastschweinebetrieb in Niederösterreich, welcher auf das Haltungssystem Tierwohlstall setzt. Konzipiert ist dieser Stall als Mehrraumsystem mit Fress-/Tränkebereich außen und einem mit Stroh eingestreuten Ruhebereich im Stallinneren. Das Einstreuen wird einmal wöchentlich von Hand durchgeführt. In 46 Buchten werden – aufgeteilt auf 4 idente Abschnitte - insgesamt 552 Schweine gemästet, Reserve-/Krankenbuchten stehen zur Verfügung.

Abbildung 4: Messeinheit im Ruhebereich des Tierwohlstalles

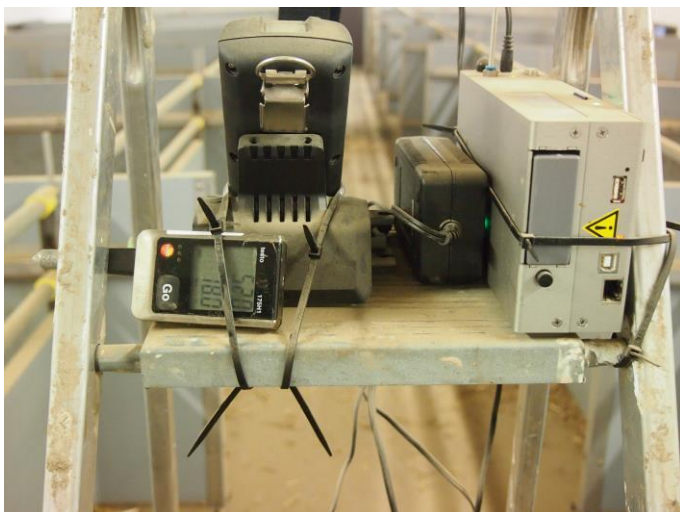


Abbildung 5: Überdachter Außenbereich des Tierwohlstalles (Aktivitätszone)



Aufgrund der Bauform und der einfachen Gestaltung nach Schweizer Vorbild (Be- und Entlüftung durch Schwerkraft), musste hinsichtlich des Klimas und der Stallluftqualität nachjustiert werden.

Vor allem im Sommer ist eine aktive Belüftung in Verbindung mit Stallkühlung erforderlich, andernfalls funktionieren diese Stallsysteme nicht und schränken die Tiergesundheit und Leistungsfähigkeit ein. Des Weiteren bringt die Arbeit mit Einstreumaterial Staub in den Stall – dieser belastet die Tiere nachhaltig und auch hier musste eine Lösung gefunden werden.

Die Nachbesserungen erfolgten in 2 Schritten: Im Innenbereich wurde eine Überdruckzulufteinbringung mit gelochten Rohren zentral über dem Bediengang installiert (Abluft über Kamine mittels Schwerkraft). Als zweiter Schritt wurde die Zweistoffdüsenteknik im Stall integriert.

Abbildung 6: Innenansicht des Ruhebereiches



Abbildung 7: Blick auf den eingestreuten Liegebereich



Die Durchführung der Messungen erfolgte im Bediengang des Ruhebereiches, nahe den Buchten-Trennwänden, platziert auf einer Stehleiter in einer Höhe von 1,50m.

Die Wahl auf diesen Messpunkt erfolgte aus mehreren Gesichtspunkten: Hier konnten äußere Einwirkungen ausgeschlossen werden, da die Messungen bei einem Messintervall von 6 Sekunden autonom durchgeführt wurden. Störende Einflüsse durch Licht, klimatische

Veränderungen im Außenbereich oder durch den Menschen herbeigeführte Verhaltensänderungen der Tiere wurden so vermieden bzw. allenfalls notwendige Managementmaßnahmen, Fütterungszeiten oder Einzeltierbehandlungen genau protokolliert.

2.2 Messgeräte

2.2.1 Staub

Zur Anwendung gelangte ein Messgerät der Firma Grimm (Environmental Dust Monitor - Spektrometer 11-C), wobei als Auswertegrößen die Klassen PM 10 – PM 2,5 – PM 1, sowie die Verteilung über 31 Größenkanäle festgelegt waren.

Das tragbare Mini-Laser-Aerosol-Spektrometer 11-C von Grimm erfasst jedes einzelne Partikel im Bereich von 0,25 bis 32µm und unterteilt es in 31 Kanäle. Es eignet sich für eine breite Palette von Anwendungen, von der Feinstaubüberwachung in Industrie- und Fertigungsstätten bis hin zu Arbeitsplatzmessungen.

Das Gerät gibt alle 6 Sekunden erhobene Messdaten als Partikelzahl und Staubmassenanteil aus. Durch Vor- und Rücklauf der permanenten Spülluft wird die optische Messzelle nicht verunreinigt.

Die gemessene Staubprobe wird auf einem integrierten herausnehmbaren PTFE-Filter gesammelt, so dass eine spätere Analyse jederzeit möglich ist. Der bequeme Zugriff auf Messdaten erfolgt über die integrierte Ethernet-Verbindung, die online über Laptop oder Tablet abgerufen und auf SD-Karte oder USB-Stick gespeichert werden kann.

Abbildung 8: Grimm 11-C Aerosol-Spektrometer



2.2.2 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit

Der Datenlogger testo 175 H1 misst und dokumentiert kontinuierlich die Temperatur und relative Feuchte in Gebäuden und geschlossenen Räumen. Dank externem Feuchtefühler ist eine schnelle Reaktionszeit garantiert.

Problemlose Langzeitmessung: Großer Speicher für bis zu 1 Million Messwerte, 3 Jahre Batteriestandzeit.

Während des Messdurchganges waren im gesamten Stall insgesamt 6 Fühler installiert, um sowohl die Außen- als auch Innenbedingungen für vergleichende Erhebungen messen zu können.

Tabelle 1: Messpositionen der testo 175-Datenlogger

Logger	Messort
B 63	Versuchsabteil Ruhebereich
B 111	Kontrollabteil Ruhebereich
B 114	Auslaufläche innenliegend
B 123	Versuchsabteil Auslauf
B 129	Kontrollabteil Auslauf
B 137	Außen

Abbildung 9: testo 175 H1 Mini-Datenlogger



2.2.3 Schadgasgehalte

Die Konzentrationen an Ammoniak (NH_3), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Schwefelwasserstoff (H_2S) wurden begleitend im Versuchsabteil mit einem Dräger X-am[®] 7000 kontinuierlich gemessen. Da diese Werte nicht grundlegender Versuchsbestandteil waren, sondern der Fokus auf Staub und Temperatur/rel. Luftfeuchtigkeit lag, fanden keine Vergleichsmessung statt. In Bezug auf die gegebenen Klimabedingungen sind die Schadgaskonzentrationen jedoch wesentliche Faktoren zur Beurteilung einer optimalen Haltungsumgebung.

Abbildung 10: Dräger X-am 7000



3 Ergebnisse

Zur Prüfung der Technik erfolgten mehrere Messreihen. Die Messungen in der Schweinemast wurden in zwei Teilbereiche gegliedert – zum einen die ab Februar stattgefundenen sowie andererseits die in den Sommermonaten durchgeführten Erhebungen unter Prüfung unterschiedlicher Varianten. In einem Legehennenstall wurde weiters eine Messserie zur Erhebung der Ist-Situation durchgeführt, da eine vollständige Messserie aufgrund äußerer Umstände im Vorjahr nicht stattfinden konnte. Eine Aktivierung der vor allem zu Kühlzwecken installierten Anlage konnte zum Zeitpunkt der Berichtslegung leider nicht durchgeführt werden, da die wechselnden klimatischen Bedingungen im Frühjahr 2023 eine zu hohe Unsicherheit bei der Erst-Inbetriebnahme dargestellt hätte und in punkto Tiergesundheit kein Risiko eingegangen werden wollte. Eine Gegenüberstellung der Ist- mit der Zielsituation unter Aktivierung der Zweistoffdüsenteknik im Geflügelbereich wird so zu einem späteren Zeitpunkt bei stabileren Bedingungen durchgeführt und die Ergebnisse zeitnah publiziert.

3.1 Wintermessreihe Schweinemast

Von 07. Februar bis 11. März 2020 fanden Vormessungen zur Erstbeurteilung der Zweistoffdüsenteknik statt, wo der Fokus neben dem Stallklima auf der Erhebung der im Stall vorherrschenden Staub-Grundbelastung lag sowie in tageweisen Abschnitten der Einsatz von Wasser als Vernebelungsprodukt, Wasser + Broncho Vital (Produkt der Fa. CD Vet) und Wasser + Wirkstoff auf Glukosebasis getestet wurde.

Tabelle 2: Versuchsplan Wintermessreihe

	von	bis	Variante
Start 1. Messung	13.02.2020	17.02.2020	KONTROLLE
2 Tage Pause / spülen / Technik umstellen	18.02.2020	19.02.2020	
Start 2. Messung	20.02.2020	24.02.2020	WASSER
2 Tage Pause / spülen / Technik umstellen	25.02.2020	26.02.2020	

Start 3. Messung	27.03.2020	02.03.2020	WASSER+BRONCHO VITAL
2 Tage Pause / spülen / Technik umstellen	03.03.2020	04.03.2020	
Start 4. Messung	05.03.2020	09.03.2020	WASSER+GLUKOSE

3.1.1 Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

Während des Versuchszeitraumes zeigte sich, dass die Zweistoffdüsenteknik mit einem Sprühintervall von 15min während der Wintermessung positive Einflüsse auf die Temperatur- und Feuchtegehalte erwirkte. Trotz klarer Erkennbarkeit der Sprühvorgänge durch kurzzeitige Werteänderungen ergaben sich im Vergleich der Temperatur- und Feuchtemittel annähernd gleiche Bedingungen im Tierbereich, die während des gesamten Versuchs trotz großer Schwankungen im Außenbereich im Optimum gehalten werden konnten.

Tabelle 3: Mittelwerte von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

	Außen rF	Außen °C	Ruhebereich rF	Ruhebereich °C	Auslauf rF	Auslauf °C
Kontrolle	80,48	14,91	49,95	20,17	68,09	13,16
Wasser	73,32	14,61	48,53	19,50	64,37	11,85
Wasser + BronchoVital	73,64	13,97	49,69	19,03	64,01	10,94
Wasser + Glukose	75,78	14,69	49,50	19,30	64,96	13,01

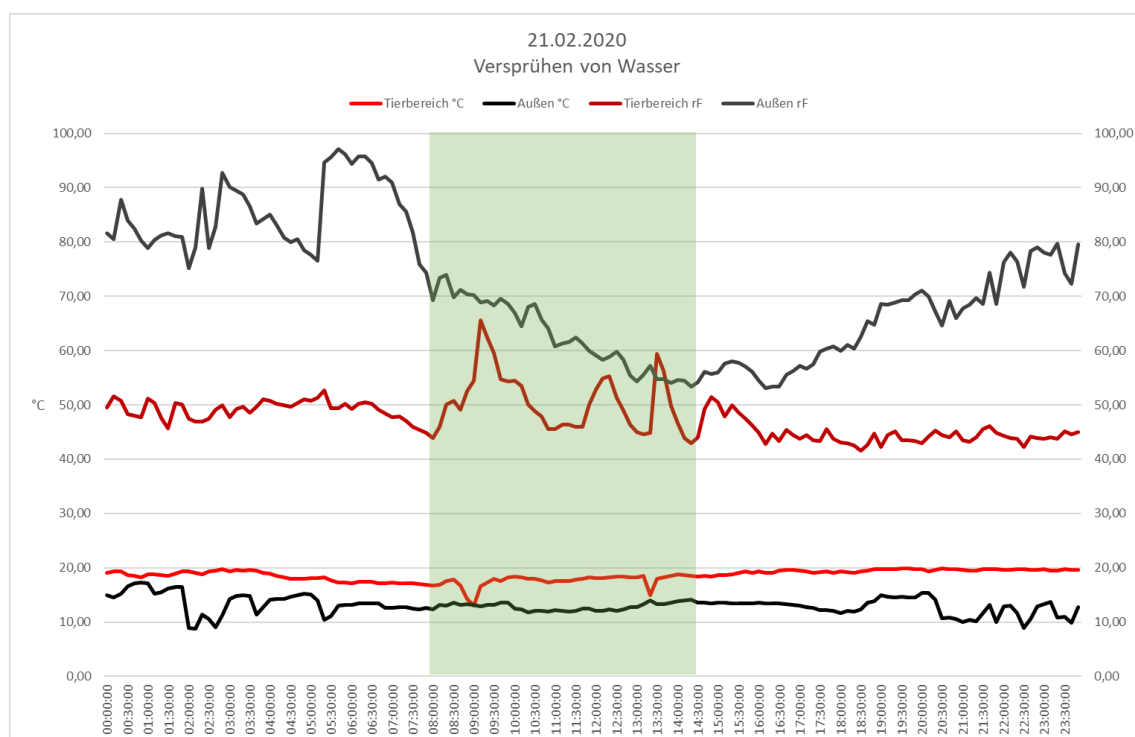
In Anbetracht der Klimabedingungen während einer Wintermessreihe lag das Hauptaugenmerk weniger auf abzusenkenden Temperaturen, als eher darauf, ein Gleichgewicht der vorherrschenden Luftfechtigkeiten herzustellen. Gerade im eingestreuten Ruhebereich ergeben sich aufgrund der Temperaturansprüche (Wohlfühlzone) rasch zu niedrige Luftfechtigkeiten (Optimum 50-70% rF). Nachfolgende *Abbildung 11* zeigt anhand eines Tagesverlaufes die Auswirkung einer geänderten Luftfeuchtigkeit der Zuluft.

Wäre keine Sprühanlage installiert, würde die Luftfeuchte in der Ruhezone rasch auf unter 40% absinken – somit wären für die Tiere suboptimale Bedingungen vorzufinden. Sehr niedrige Luftfeuchtigkeit unter 40% rF schädigt Schweine unmittelbar durch Austrocknung der

Schleimhäute und Behinderung der Zilienaktivität in den Atemorganen. Es kommt zu Reizhusten und verringerter Futteraufnahme.

Durch die Zweistoffdüsenteknik konnte die rel. Luftfeuchtigkeit an einem exemplarischen Tag (21. Februar 2020) durch die Regelungstechnik trotz Absinken der Außenfeuchte um 17 Prozentpunkte innerhalb von 6 Stunden im Stallinneren auf einem sehr konstanten Niveau von durchschnittlich 45% gehalten werden. Die Sprühvorgänge sind gut erkennbar und sorgten für kurzzeitige Feuchteanstiege um durchschnittlich 15 Prozentpunkte (Maximalwert während gesamter Versuchsdauer = 71,10% rel. Luftfeuchtigkeit) sowie Temperaturabsenkungen von 3,5-4 Kelvin – beide Effekte verflachten sich und dienten aufgrund der Einstellung des Systems zur Fixierung der zwei wichtigsten Stallklimakomponenten im Optimalbereich.

Abbildung 11: Kompensation niedriger Luftfeuchtigkeit durch gezielten Einsatz der Vernebelungsanlage, Beispiel 21.02.2020



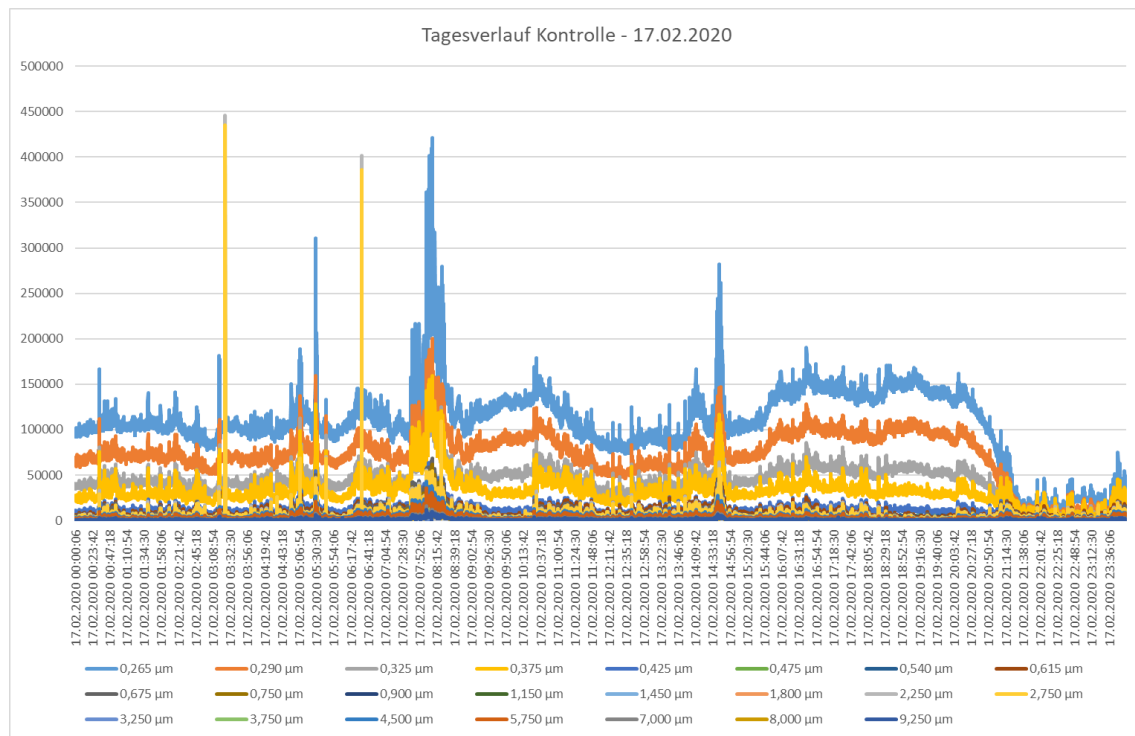
3.1.2 Staubgehalte

Bezüglich des Aufkommens von Stäuben in der landwirtschaftlichen Tierhaltung gab es bereits im Sommer 2019 Messungen in eingestreuten Tierwohlställen, um durch Entstaubung des

Strohs und Mechanisierung des Einstreuvorganges eine 80%ige Staubbminderung und somit eine Verbesserung der gesundheitlichen Aspekte für Mensch und Tier zu erreichen.

Im Kontrollzeitraum sind Schwankungen und kurzfristige Spitzen im Tagesverlauf vor allem auf Management- und Aktivitätsphasen zurückzuführen. Ein Anstieg der Werte ist vor allem in den Nachmittagsstunden zu verzeichnen, dieser Effekt hält bis etwa 21:00 Uhr an.

Abbildung 12: Tagesverlauf 17.02.2020, Partikelanzahl der Staubfraktionen < 10µm



Auf die Zweistoffdüsen-Technik bezogen scheint es auf den ersten Blick, dass durch das intensive Besprühen (Sprühintervalle alle 15min von 0:00-24:00 Uhr) das Staubaufkommen im Stall in Verbindung mit der Aktivität der Tiere, vor allem untertags steigt. Durch die intensive Verwirbelung wird vordergründig ein erhöhter Anteil an Feinstaub vermutet, durch die Bindungskapazität und Betrachtung längerer Zeiträume relativiert sich diese Beobachtung jedoch. Einzelne Spitzen zeigen Betreuungstätigkeiten durch den Landwirt. Eine Reduktion des Sprühintervalls auf 30min sowie eine Verlängerung der einzelnen Sprühzyklen auf 30 Sek. untertags ist als Anpassung empfehlenswert.

Für einen Vergleich wurden jeweils die Nachtstunden am letzten Tag der Messperiode herangezogen, da es hier keine Einflüsse durch Tierverhalten oder Management gab. Nachfolgend befindet sich eine grafische Darstellung der verschiedenen Varianten,

exemplarisch jeweils 30min zu Mitternacht. Die Grundkonzentration ohne Vernebelungstechnik lag während dieser Zeit bei durchschnittlich 280.000 Gesamtpartikeln.

Die Abbildungen zeigen sehr klar die durchgeführten Sprühvorgänge mit einem Intervall von 15min. Erkennbar ist ein Anstieg der Partikelkonzentrationen vor allem zu Beginn, dies ist ein durch die versprühten Wasserpartikel hervorgerufener Effekt.

Vor allem in den Varianten Wasser + Öl sowie Wasser + Glukose ist eine deutliche Verminderung der Grundkonzentration nach einem kurzzeitigen Anstieg zu sehen. Die Werte pendeln sich jeweils auf gerundet 50.000 Partikel ein – dies entspricht einer Minderung der Gesamtstaubkonzentration aller Partikel < 10µm um knapp 82 Prozent.

Abbildung 13: 00:00-00:30 Uhr, Kontrolle, Partikelanzahl der Staubfraktionen < 10µm

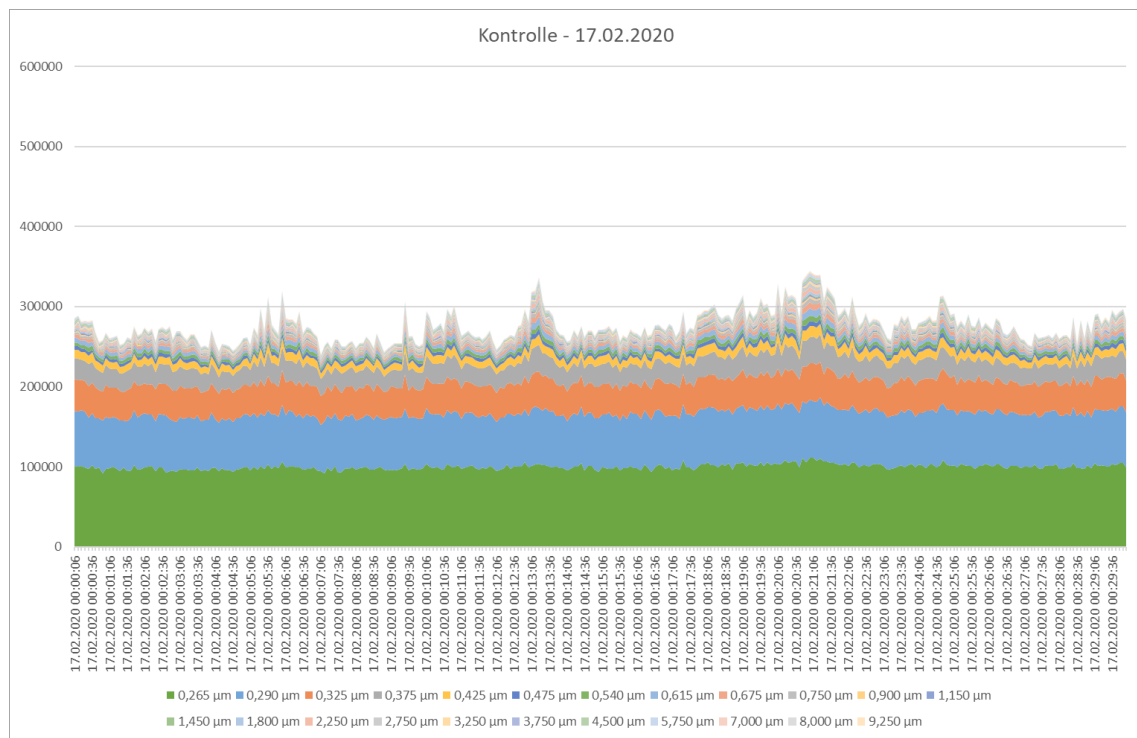


Abbildung 14: 00:00-00:30 Uhr, Wasser, Partikelanzahl der Staubfraktionen < 10µm

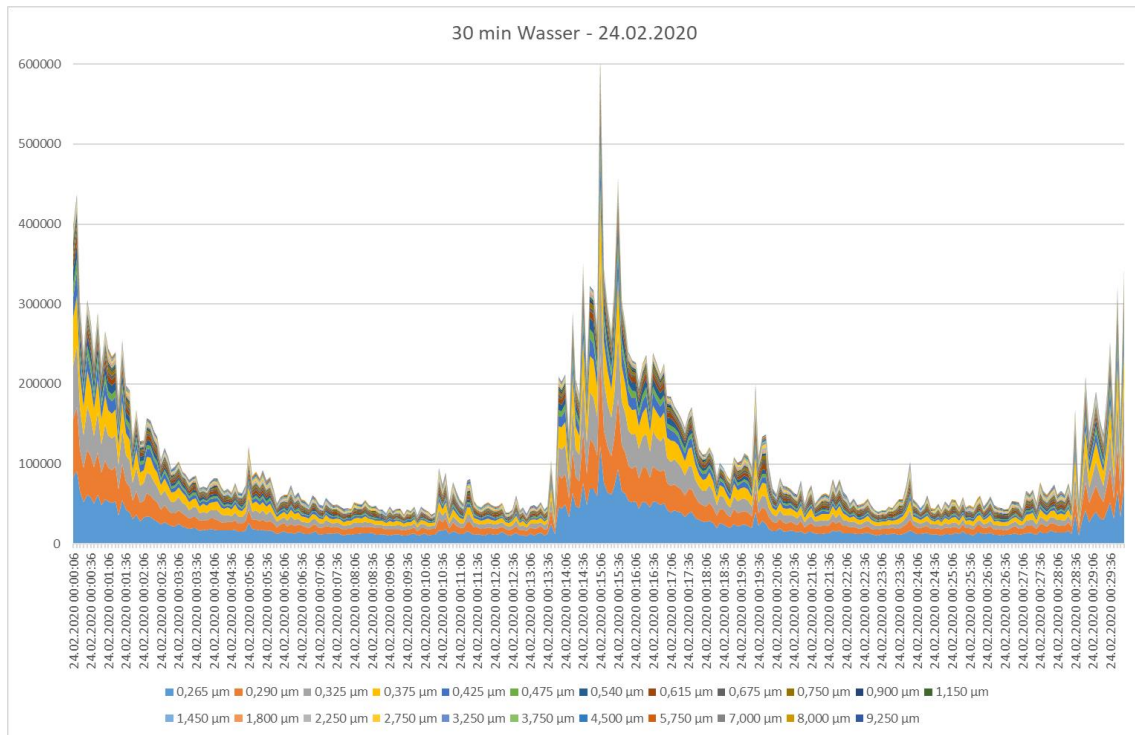


Abbildung 15: 00:00-00:30 Uhr, Wasser + Öl, Partikelanzahl der Staubfraktionen < 10µm

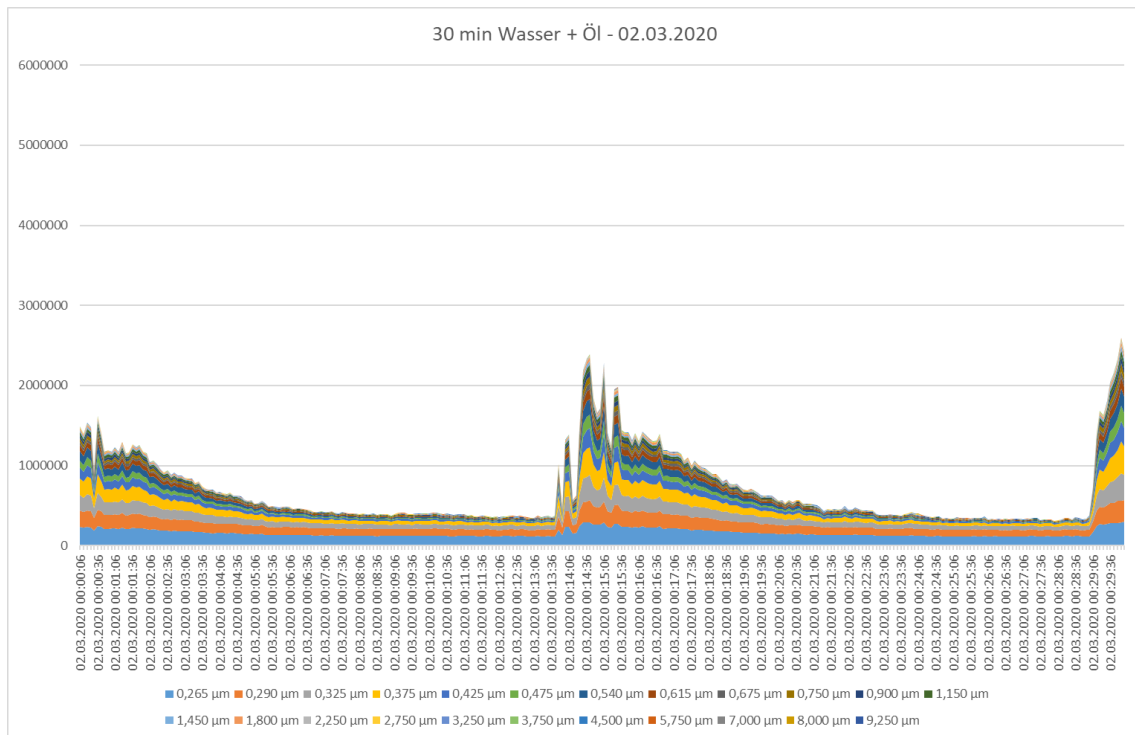
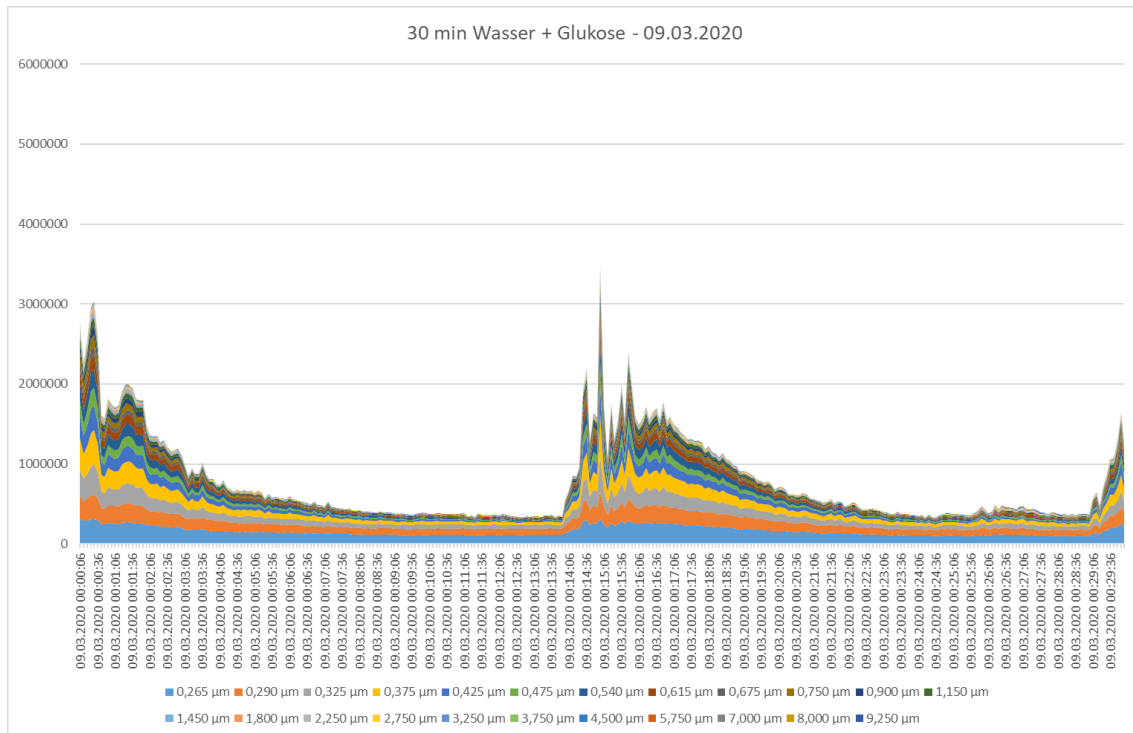


Abbildung 16: 00:00-00:30 Uhr Wasser + Glukose, Partikelanzahl der Staubfraktionen < 10µm



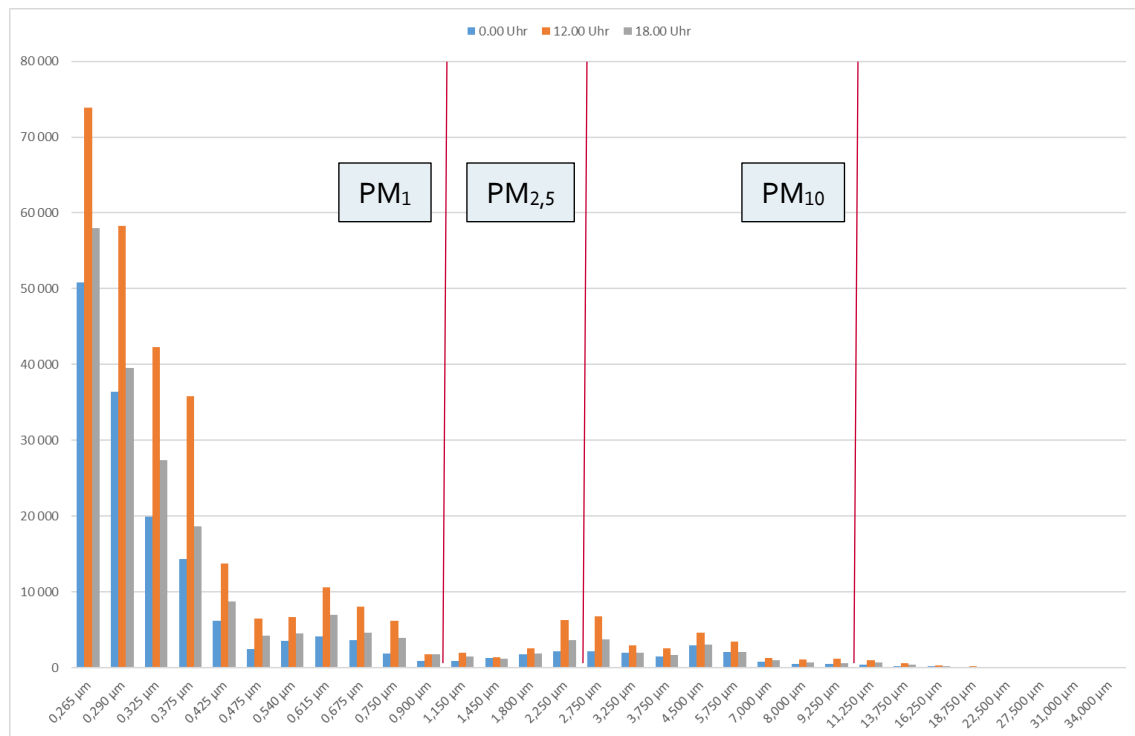
Beim Versprühen von Wasser ist die Reduktionszeit kürzer, jedoch etwas weniger ausgeprägt und pendelt sich mit einigen Schwankungen auf einen gerundeten Wert von 75.000 Partikeln ein – dies entspricht einer Reduktion von 73%. Diese Minderungswerte sind als maximale Möglichkeit einzustufen, da abhängig von Management und Aktivität der Tiere untertags große Schwankungsbreiten zu verzeichnen sind und die Reduktionsgrade dementsprechend variieren.

Tabelle 4: Mittelwerte der Gesamtpartikelanzahlen bis 10µm während einer Nachtmessung

Variante	Partikelanzahl aller Staubfraktionen < 10 nach dem Sprühvorgang (gerundet auf volle Tsd.)	Differenz
Kontrolle	280.000	
Wasser	75.000	-73%
Wasser + Öl	50.000	-82%
Wasser + Glukose	50.000	-82%

Neben der hervorragenden Fähigkeit des Systems, den Staubgehalt in der Stallluft zu reduzieren, wurde durch den Betriebsleiter vor allem durch das Bronchial-Elixier eine deutlich positive Wirkung auf den Tierbestand festgestellt. Die Zugabe von ätherischen Ölen oder ähnlichen Wirkstoffen ist vor allem in der Übergangszeit empfehlenswert, da diese unterstützend für den Respirationstrakt der Tiere wirken.

Abbildung 17: Verteilung der gezählten Partikel auf die einzelnen Größenklassen zu drei Zeitpunkten exemplarisch am 15.02.2020



3.2 Sommermessreihe Schweinemast

Mehrere Faktoren führen dazu, sich vermehrt mit neuen Techniken zur Luftoptimierung in Stallungen der Nutztierhaltung auseinandersetzen zu müssen. Zum einen war in den letzten beiden Sommern ein deutlicher Anstieg der Temperaturen spürbar, zum anderen benötigen die Tierbestände zur Gesunderhaltung und bestmöglicher Ausschöpfung des Leistungspotentials optimale Bedingungen das Stallklima betreffend. Zusätzliche Maßnahmen wie das Versprühen von Wasser (oder die Beimischung flüssiger Aerosole) haben vielfältige Wirkungen und ermöglichen neben einer Staubreduktion zusätzlich die Kühlung der Abteile.

Gerade der Bau von neuen Stallungen mit Hauptaugenmerk auf mehr Tierwohl, Mehrflächenbuchten, offene Gebäudestrukturen, natürlicher Belüftung, funktionieren ohne Klimatisierung des Ruhebereiches oder Vorkonditionierung der zugeführten Luft (Coolpads, Erdwärmetauscher, etc.) im Sommer nicht. Die Schweine verkoten die Liegebereiche, die Schadgasgehalte steigen und die Gesundheit der Tiere ist beeinträchtigt – nebenbei ergibt sich ein arbeitstechnischer (und meist händischer) Mehraufwand für die Reinigung.

Um das System hinsichtlich seiner Kühlwirkung zu testen, wurde von 20. Juni bis 28. Juli 2020 einer Sommermessung durchgeführt.

Abbildung 18: Schadgaskonzentration und Buchtenverschmutzung unter suboptimalen Bedingungen



Abbildung 19: Schadgaskonzentrationen und Bucht mit optimaler Stallklimagegestaltung



3.2.1 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit

Im Gegensatz zur Wintermessreihe wurden verschiedene Sprühintervalle getestet, um festzustellen, welchen Zeitraum der Staubgehalt der Luft bis zur maximalen Minderung benötigt als auch inwiefern Auswirkungen auf die im Stallabteil vorherrschenden Temperaturen im Vergleich zur Temperatur im Auslaufbereich (= Aktivitätszone, Näheverhältnis Außentemperatur) vorzufinden sind.

Bei 41 Messtagen gab es an 15 Tagen Außentemperaturen größer 30°C (Höchstwert 34,6°C). Die Technik konnte diese Temperaturanstiege bei einem via Temperatursensor gesteuerten Sprühintervall von 30 Minuten und einer Sprühdauer von jeweils 30 Sekunden vor allem in den Nachmittagsstunden sehr gut kompensieren, es kam lediglich an 2 Messtagen zu Temperaturen bis 31,1°C – die Durchschnittstemperatur im Innenbereich lag bei 25,36°C. Die Temperaturreduktion der eingesetzten Technik ergab Differenzen zwischen innen und außen von bis zu 4 Kelvin. Exemplarisch wird ein Nachmittagsverlauf visuell dargestellt (*Abbildung 20*).

Da der Innenbereich (Ruhebereich) bislang über ein geschlitztes Rohr mittels Ventilator durch Überdruck nur mäßig mit Frischluft versorgt wird (vgl. Strahllüftung), wird ein erhöhtes Potential bei deutlicherer Zufuhr von Frischluft in den Stall vermutet. Auch die Intensität der Sprühvorgänge kann an sehr heißen Tagen noch erhöht werden und wurde während der zweiten Versuchshälfte mit positiven Ergebnissen getestet.

Abbildung 20: Temperaturverlauf (°C) am Nachmittag des 28.06.2020

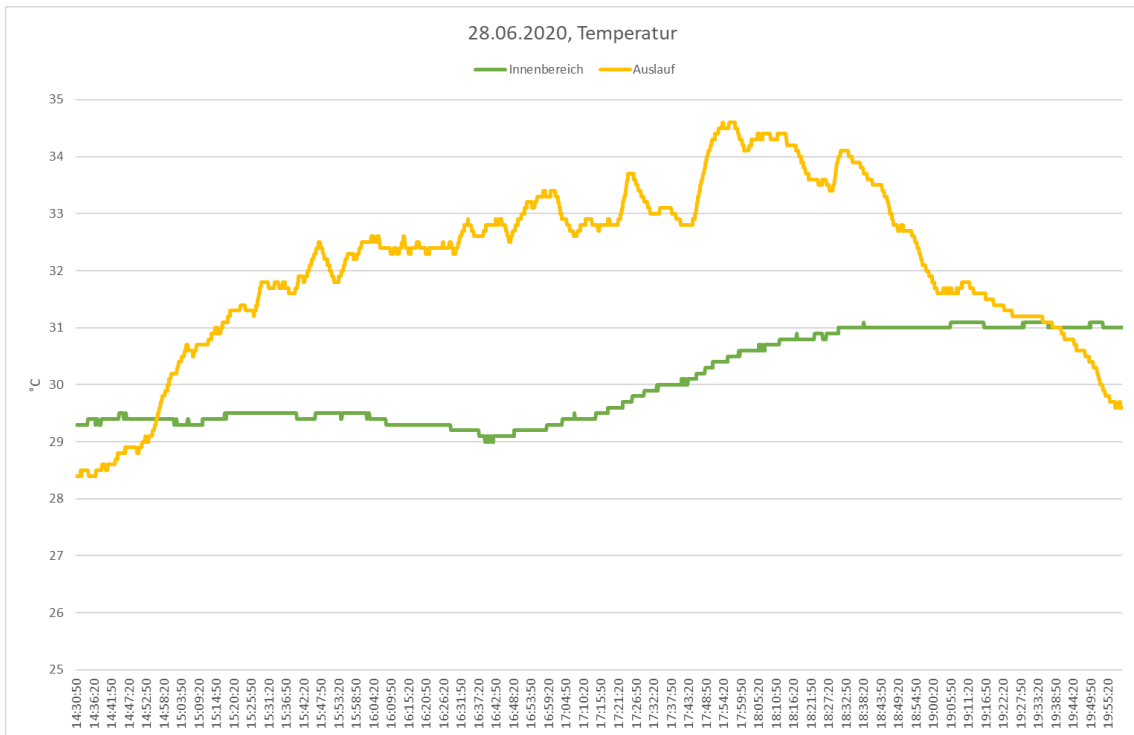


Abbildung 21: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeiten (%) am Nachmittag des 28.06.2020

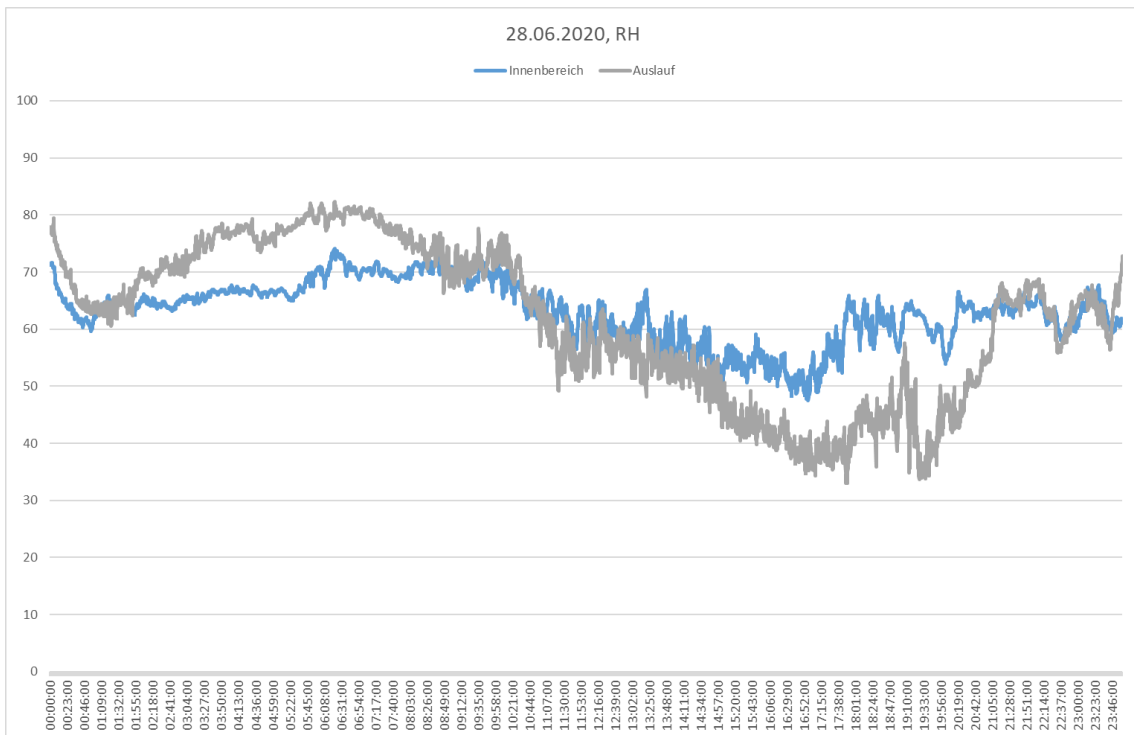


Tabelle 5: Mittelwerte, Minima und Maxima der Temperaturen in °C im Versuchsverlauf

	Versuch Ruhebereich	Versuch Aktivitätsbereich	außen
Mittel	25,36	21,09	19,55
Min	19,6	12	11,4
Max	31,1	34,6	31,7

Bezogen auf die relativen Luftfechtigkeiten konnte durch die gute Steuerung des Systems ein optimales Stallklima bereitgestellt werden. An Tagen mit intensiver Verrieselung von Wasser (vor allem bei Temperaturen nahe und über 30°C und einem gleichzeitigen Abfall der Außenfeuchte) schaffte es das System, die Bedingungen im Tierbereich im Optimum zwischen 50 und 70% zu halten und ein Austrocknen der Luft zu verhindern.

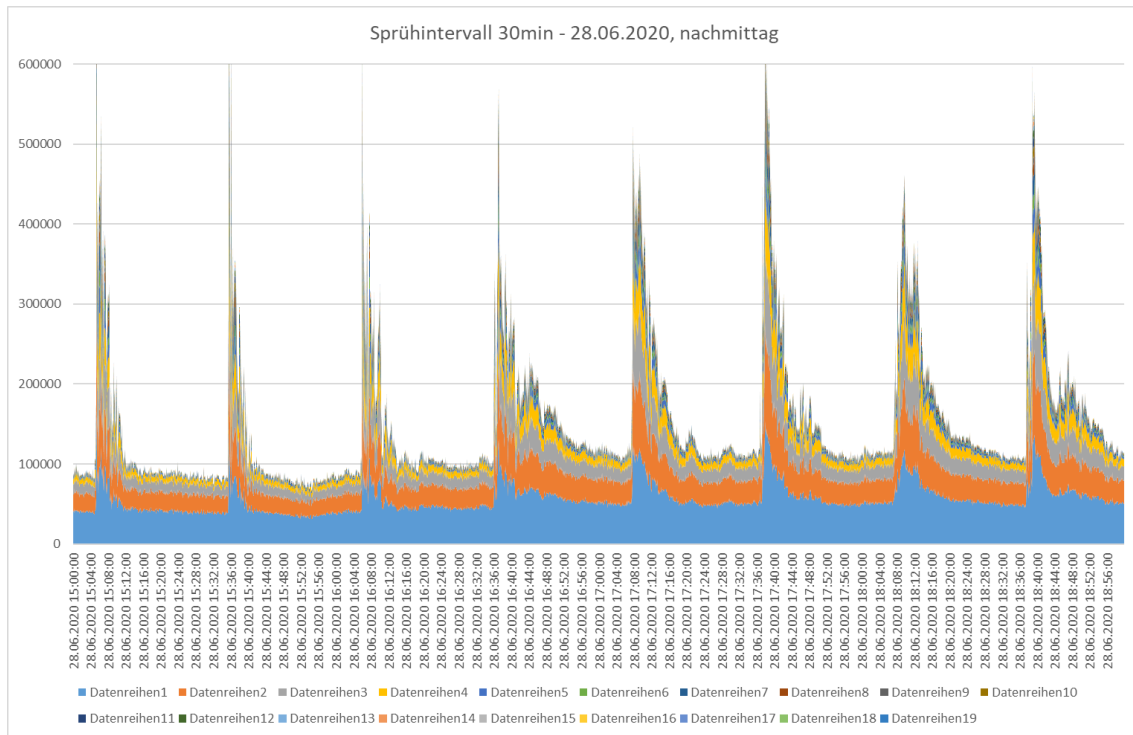
Tabelle 6: Mittelwerte, Minima und Maxima der relativen Luftfechtigkeiten in % im Versuchsverlauf

	Innenbereich	Auslauf	Außen
Mittel	65,90	69,29	80,19
Min	42,90	27,90	38,70
Max	88,90	96,30	99,90

3.2.2 Staubgehalte

Bezüglich der Messdaten von Staub wurden die Ergebnisse der im Februar durchgeführten Voruntersuchungen nochmalig bestätigt. Nach einem kurzfristigen Partikelanstieg durch den Sprühvorgang erfolgte eine deutliche Reduktion des Staubgehaltes auf 80.000-100.000 Teilchen mit einem leichten Anstieg in den Nachmittagsstunden.

Abbildung 22: Partikelanzahl der Staubfraktionen am Nachmittag des 28.06.2020



3.2.3 Schadgasgehalte

Die Erhöhung der Staubgehalte während der Nachmittagsstunden ist auf Managementmaßnahmen und Tieraktivität zurückzuführen, dies spiegelt sich auch in den Werten für Ammoniak und Kohlendioxid wieder.

Mit wenigen Ausnahmen wurden die Empfehlungen betreffend der maximalen Schadgasgehalte von 20ppm NH₃ sowie 2.000ppm CO₂ eingehalten und waren mit Mittelwerten von 1.659ppm CO₂ sowie 13,63ppm NH₃ als sehr gut einzustufen.

Überschreitungen wurden vor allem in den Morgen- und Nachmittagsstunden verzeichnet (5:30-7:00 Uhr sowie 13:00-19:00 Uhr), diese sind wiederum auf vermehrte Aktivität der Tiere zurückzuführen.

Abbildung 23: Tagesverlauf der Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentrationen (ppm) am 28.06.2020

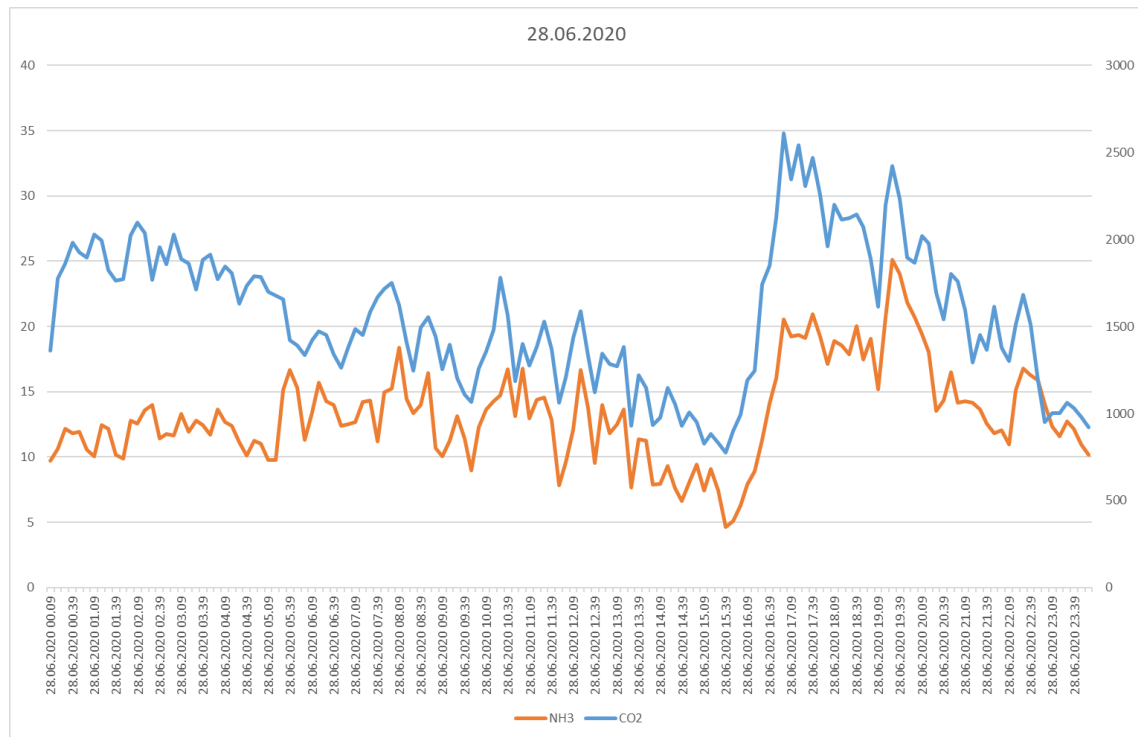


Tabelle 7: Mittelwerte, Minima und Maxima der Schadgaskonzentrationen in ppm

	Mittel	Min	Max
CO ₂	1659	636	3689
NH ₃	13,63	0	40,77

3.3 Frühjahrmessreihe Legehennen

In einem Legehennenstall für ca. 2.700 Legehennen wurde eine Erhebung der Ist-Situation und der tagesspezifischen Verläufe der Staubkonzentrationen durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Messung betrug das Alter der Tiere 84 Lebenswochen. Eine tägliche Eiabnahme fand statt zwischen 8.00 und 09.30 Uhr, hierzu wurden die Hennen aus den Nestern getrieben.

Abbildung 24: Montage des Temperatur-/Feuchtefühlers im Versuchsstall



Abbildung 25: Montage der Staubmesstechnik im Nahebereich des Scharraumes



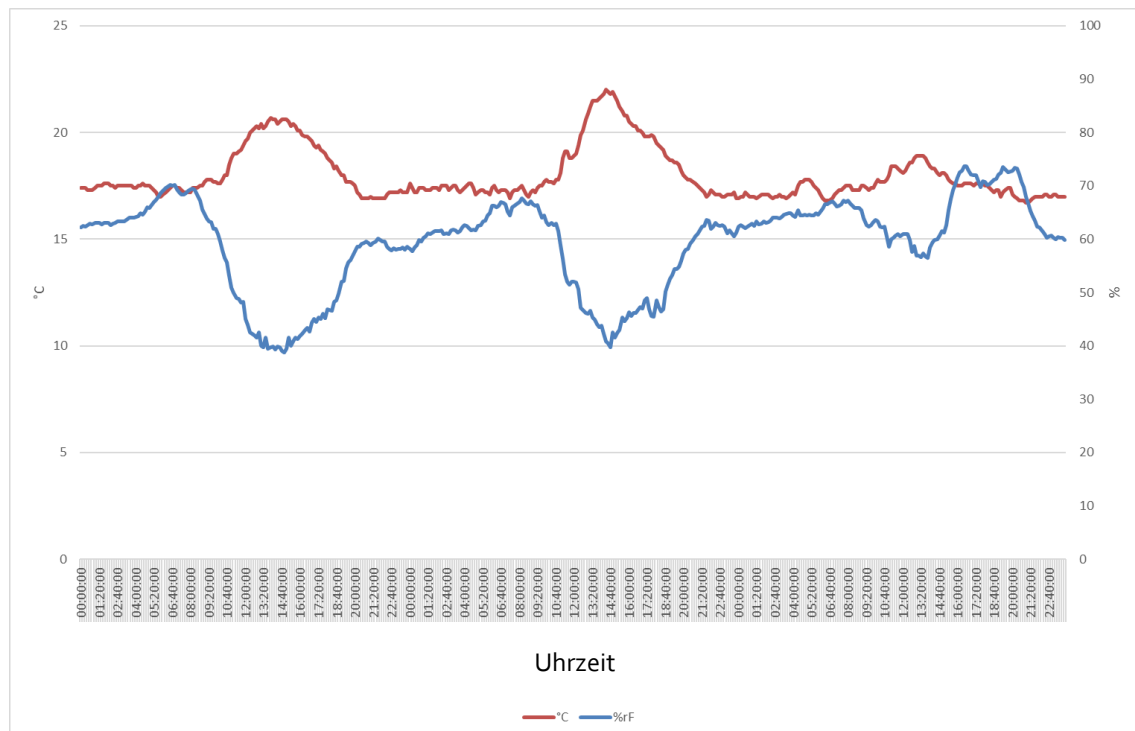
3.3.1 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit

Mit einer erkennbaren Schwankungsbreite zwischen Tag und Nacht zeigen sich die erhobenen Lufttemperaturen im Inneren des Stallgebäudes mit Werten zwischen 17,0 und 21,8 °C. Gerade im Legehennenbereich ist ein gewisser Tag-Nacht-Gang durch die untertags gebotenen Außenklimareize (außenliegender Scharraum) gut verträglich und erhöht mit einer moderaten Differenz von 4 Kelvin die Robustheit der Tiere.

Tabelle 8: Mittelwerte, Minima und Maxima von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit im Stall

	Temperatur in °C	Relative Feuchte in %
Mittel	18,0	59,4
Min	16,7	38,8
Max	22,0	73,6

Abbildung 26: Tagesverlauf von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit von 22.-24. März 2023



Die gemessenen relativen Luftfeuchtigkeiten liegen aufgrund der reduzierten Lüftrate nachts bei Höchstwerten um 70% und sinken untertags auf ein Minimum von 38,8%. Als Optimalbereich wird laut Empfehlungen eine Bandbreite von 50 – 70 % gesehen. Tiefer als 30% sollte die relative Luftfeuchtigkeit, welche für eine Reizung des Respirationstraktes sorgen kann, nicht sein. Hier könnte eine gut eingestellte Befeuchtungsanlage für eine gemäßigte Erhöhung der relativen Feuchte unter gleichzeitiger Kühlung der Stallluft und Bindung des Staubgehaltes sorgen (Einsatzzeitraum Sommer beispielhaft 12.00-18.00 Uhr).

3.3.2 Staubgehalte

Bei Betrachtung der gemessenen Staubteilchen pro Liter Luft ist an drei Messtagen (22.-24. März 2023) ein sehr einheitlicher Konzentrationsverlauf erkennbar. Während der Nachtstunden pendelte sich der Wert in Ruhe auf durchschnittliche 120.000 count values ein, wobei sich jeweils ab 4.00 Uhr morgens ein rasanter Anstieg der Werte zeigte und mit der Aktivierung des Deckenlichtes (aktiv 4.00-20.00 Uhr) konvergent ist. Dieser Tagesabschnitt erhöhter Aktivität dauerte bis etwa 12.00 Uhr und ging mit einer Absenkung der gezählten Staubteilchen pro Liter Luft auf durchschnittliche 110.000 parts einher, um ab 14.30 Uhr erneut anzusteigen mit Höchstwerten bis 428.000 count values per liter.

Abbildung 27: Tagesverlauf der Staub-Partikelzahlen von 22.-24. März 2023

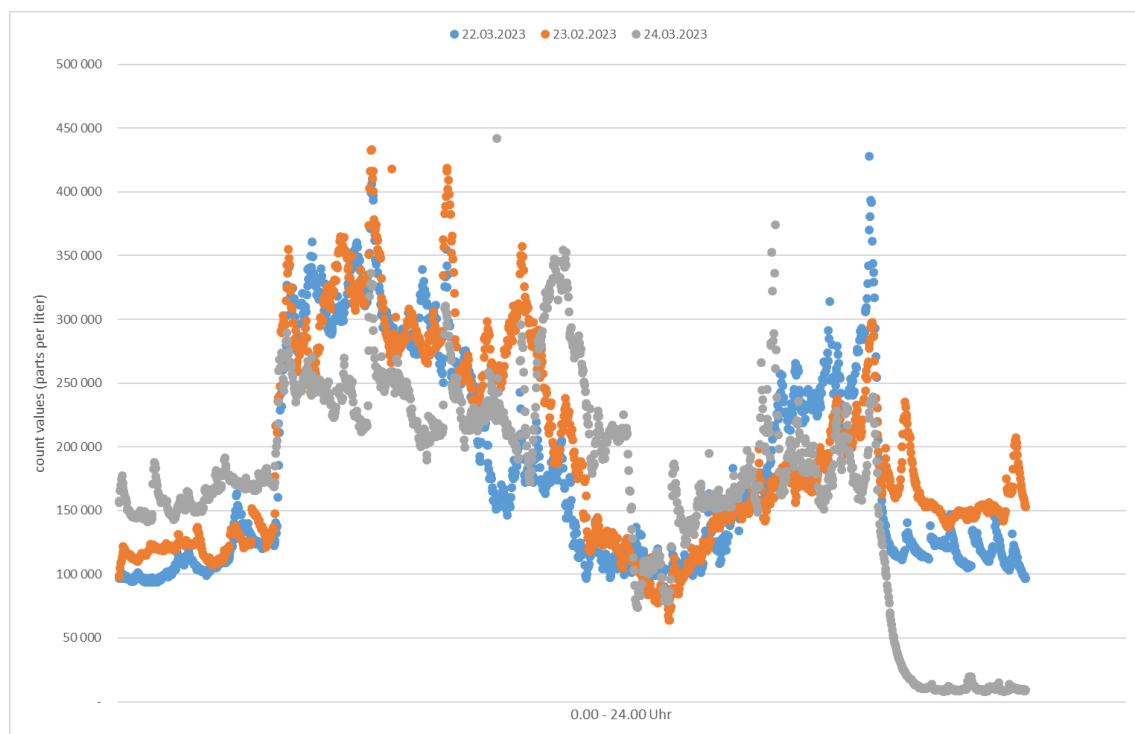
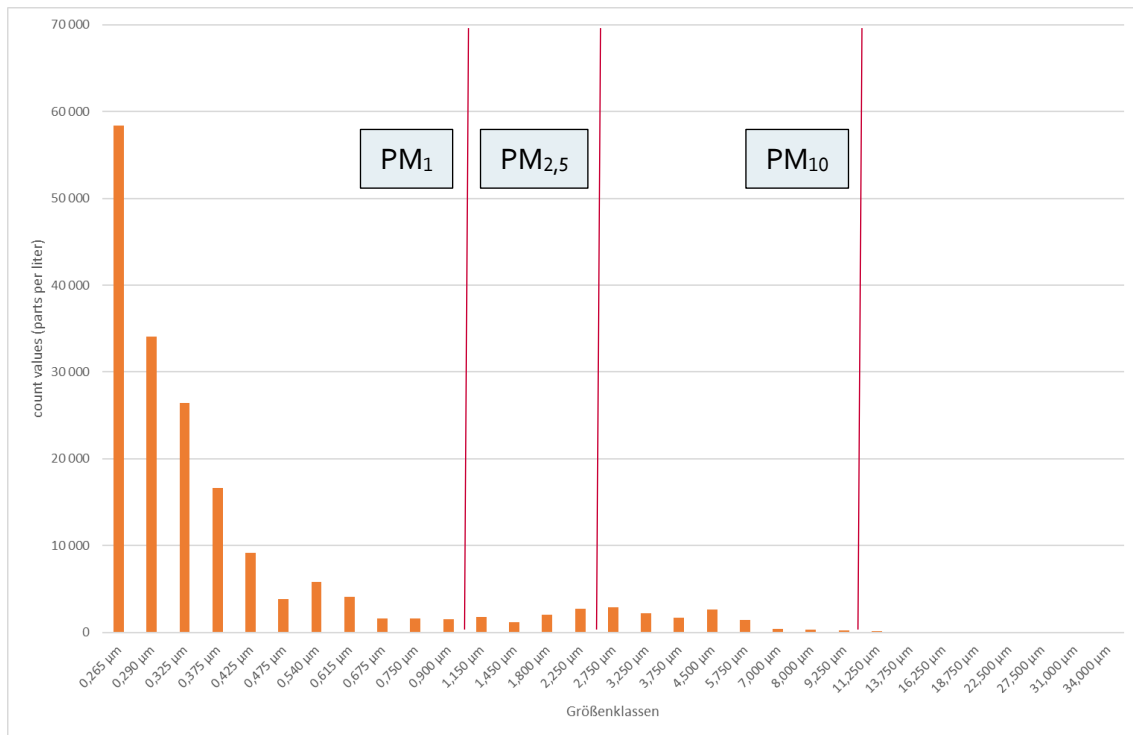


Abbildung 28: Verteilung der gemittelten Partikelzahlen über die einzelnen Größenklassen (22.-24. März 2023)



Betrachtet man die Verteilung der Staubpartikel in Abbildung 28 über die einzelnen Größenklassen, so zeigt sich, dass der größte Anteil bei einem Durchschnitt über alle 3 Messtage auf Partikelgrößen kleiner 5 µm entfällt.

3.4 Adaption der Technik in Ställe der Nutztierhaltung

Unter Beachtung der Faktoren Tierwohl und Tierschutz war ein eingehender Diskurs bzw. eine klar abgrenzbare Anforderung an das neue Verfahren nötig. In diesem Punkt konnte die langjährige Expertise in das Projekt zielgerichtet eingebracht werden, speziell die spezifischen Anforderungen der Tiere die Haltungsumwelt betreffend sowie die sich aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsrichtungen und Tierkategorien ergebenden Anforderungen. Es gibt für jede Tierart durch den Zusammenschluss von Wissenschaft und Praxis definierte Klimazonen (vgl. thermoneutrale Zone bzw. DIN 18910), welche die bestmögliche Unterstützung für Gesundheit und Leistung durch Thermoneutralität darstellen. Diese Bereiche gilt es ganzjährig einzuhalten, um Krankheiten oder Verhaltensanomalien durch Stress oder dergleichen vorzubeugen.

Im Fokus der Arbeiten lag die gesicherte Verbesserung der Haltungsbedingungen durch den geplanten Einsatz des Verfahrens.

Die Gebäudetechnik sowie die möglichen technischen Gestaltungsvarianten der Lüftungsanlagen ergaben und ergeben unterschiedliche Anwendungsszenarien, die eingangs von der Komplexität unterschätzt wurden. Dies hat sich jedoch im Detail als aufwändiger dargestellt und eine Variantenbildung verlangt, die im technischen Konzept der Verfahrenstechnik anfangs nicht geplant war. Jedoch konnten durch mehrere Betriebsbesuche und die Sichtbarmachung von Luftströmungen („Nebelversuche“ mittels farbiger Rauchpatronen) Lösungsansätze gefunden werden.

Nutztiere benötigen für optimale Leistungen beste Bedingungen und stellen hohe Ansprüche an die Fütterung, die Haltungsumwelt als auch das Klima. Eine ganzjährige Optimierung der Klimaparameter sowie die Reduktion von luftgetragenen Partikeln (Staub) ohne Erhöhung des bodennahen Feuchtegehaltes (Trockenhaltung der Streu) stehen im Fokus. Durch die durchwegs idente Ausgestaltung der Mastställe (Geflügel bspw. Bodenhaltung, mehrreihige Tränke- und Futterbahnen) ist eine Optimierung der Stallluft an definierten Punkten einfach zu realisieren und wirkungsvoll.

Abbildung 29: Masthähnchen in Bodenhaltung



Abbildung 30: Mehrgeschossige Voliere in der Legehennenhaltung



Im Legebereich sind die Anforderungen bei nicht ausschließlicher Bodenhaltung schwieriger zu definieren und einzuhalten – zumal durch den Einbau von mehrgeschossigen Volieren rasch ein Ungleichgewicht in der Klimagestaltung entsteht. Legeställe profitieren von einem gleichmäßigen und durchgehend angepassten Zustrom von Frischluft sowie Abtransport der verbrauchten Luft aus dem Stallgebäude, so kein Wintergarten oder kombinierte Freilandhaltung angeboten werden. Unterstützt werden kann dies durch den Einsatz der neuen Technik, wo mittels gezielter Positionierung der Düsen Bereiche unterstützt werden können, welche sich in Bezug auf die Klimaanforderungen suboptimal zeigen (z.B. Volierenbereich in Nähe der Aktivitätszonen Tränke/Fütterung unter Trockenhaltung der bodenseitigen Scharräume, Feinzerstäubung im Einflussbereich der Zuluftöffnungen, etc.).

Als Montageplan für jede Nutztierrichtung gilt eine deckennahe Anbringung von Leitungen und Düsen, um eine Konditionierung der Stallluft ohne Benetzung von Aufstallung, Streu oder der Tiere zu gewährleisten. Anzudenken ist ebenso eine Kühlung der Zuluft vor Eintreten in das Stallgebäude, möglich bei zentraler Ansaugung von außen oder Nutzung von Unterflurzuluftkanälen.

4 Diskussion

Das System zeigt sich im Praxisversuch als flexible Verfahrenstechnik, welche in bereits bestehende Gebäude nachrüstbar ist. Dies stellte einen kritischen Aspekt dar, da sich in der Konzeption herausstellte, dass die Anforderungen an die Haltungstechnik wie auch die Gebäude sehr unterschiedlich ausgeführt sein können. Nach eingehenden Überlegungen konnte eine Modularisierung für die unterschiedlichen Anforderungen, speziell jene betreffend die unterschiedlichen Ausführungen der Lüftungstechnik, gefunden werden.

Das Konzept sieht eine moderate sowie kontinuierliche Konditionierung der Stallluft, u.a. mit Aerosolen vor. Der Einsatz der definierten und für den Tierbereich zugelassenen Zusatzstoffe lässt eine weitere Verbesserung der klimatischen Bedingungen erwarten, da das Emissionsgeschehen in den Stallungen positiv beeinflusst werden kann. Dies liefert einen bedeutenden Beitrag zum Tierwohl sowie zur Stärkung der Vitalität der Tiere. Als zusätzlicher Aspekt kann diese Technologie zum „Stand der Technik“ beitragen und somit einen allgemeinen Weiterentwicklungsschritt in der Haltungstechnik für Schwein oder Geflügel, aber auch andere Nutzungskategorien, bedeutet.

Aus der Erprobung eines Prototyps zeigte sich eine nötige Umgestaltung des Düsensystems in seinen Einzelheiten, um verschiedenste Flüssigkeiten (Wasser, u.a. ölige Zusatzpräparate zur Unterstützung des Respirationstraktes) ganzjährig ohne großen Wartungs- und Reinigungsaufwand in den Tierbereich zu dosieren. Diese wichtigen Erkenntnisse lassen in Verbindung mit Messungen die Wassergüte betreffend auf eine große Erfolgsquote im laufenden Betrieb schließen. Auch Regenwasser wäre einer Nutzung zuzuführen, um ressourcenschonend zu arbeiten.

Mögliche Zusätze (Öle, Glukosepräparate, etc.) gelten als Möglichkeit zweiter Wahl, da alleinig mit Wasser bereits ein sehr guter Effekt hinsichtlich Bindung von Staub und Verbesserung der Klimaparameter erzielt werden kann. Wenn Additive zugesetzt werden, so sind ausschließlich geprüfte Produkte zu verwenden.

5 Fazit

Einsetzbar ist dieses System überall dort, wo die vorhandene Technik gut beherrscht wird und alle Verbesserungsmöglichkeiten im Gebäude bereits ausgeschöpft sind. Klimatisch gesehen ist eine aktive Kühlung oder Zuluftkonditionierung vor allem bei Stallsystemen ohne aktiver Zu- und Abluftführung in Zukunft zwingend notwendig, die Anzahl an Hitzetagen steigt und die Funktionssicherheit wäre jedenfalls gefährdet.

Auch Stäube üben in der Tierhaltung einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit der Lebewesen, aber auch das Betreuungspersonal und über die Immission auf die Umwelt aus. Wenn man den Weg Richtung mehr Tierwohl weiterhin forciert, so muss man sich eingehend Gedanken sowohl über das Einstreumaterial/-verfahren als auch die Qualität des angebotenen Beschäftigungsmaterials machen.

Vorliegende Messungen zeigen einen wesentlichen und positiven Einfluss der verwendeten Zweistoffdüsenteknik (Firma aero-solutions Umwelttechnik GmbH, Linz) mit einem Minderungspotential von bis zu 80% auf den Staubgehalt der Luft als auch die wesentlichen, für die Schweinehaltung wichtigen Klimabestandteile wie Temperatur einhergehend mit einer Kühlwirkung bis zu 4 Kelvin und einer Adaption der relativen Luftfeuchtigkeit.

Welche Einstellungen sind praktikabel?

- Betriebsarbeitsdruck unter 5bar (Wasserdruck von mindestens 3,5bar)
- Beste Ergebnisse bei Intervallen von 30 Minuten und einer Sprühdauer von jeweils 30 Sekunden (15 Minuten und 15-30 Sekunden während Hitzeperioden)
- Frei wählbare Maximalfeuchtigkeit bzw. Mindesttemperatur (ideal bis 80% rel. Luftfeuchte und ab 23°C Stalltemperatur)
- Betriebszeit von 8:00 bis 18:00 Uhr
- Schalten mit Zeitschaltuhr möglich
- Zerstäubung von Flüssigkeiten mit einer Tröpfchengröße von < 20µm als schwebendes Aerosol

6 Literatur

BERRY, N., ZEYER, K., EMMENEGGER, L., KECK, M. (2005): Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH₃) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung. Agroscope FAT Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

DÄMMGEN, U., LÜTTICH, M., HAENEL, H.-D., DÖHLER, H., EURICH-MENDEN, B., OSTERBURG, B. (2006): Landwirtschaftliche Emissionsinventare in Deutschland, In: KTBL (ed.) KTBL-Schrift 449, KTBL-Tagung „Emissionen der Tierhaltung – Messung, Beurteilung und Minderung von Gasen, Stäuben und Keimen“, 5. – 7. Dezember 2006, Kloster Banz, pp 24 – 36, ISBN 13: 978-3-939371-19-9.

GRIMM, E. (2006): Internationale und europäische Regelungen zur Luftreinhaltung und deren Auswirkungen auf die Landwirtschaft. In: KTBL (Hrsg.; 2006): Emissionen der Tierhaltung. KTBL-Tagung vom 5. bis 7. Dezember 2006. Kloster Banz. KTBL-Schrift 449.

HESSEL, E. (2012): Stäube und Schadgase in der Pferdehaltung –Quellen der Entstehung, Auswirkung auf die Pferdegesundheit und Möglichkeiten der Reduzierung. Stallbau Pferdehaltung, 13. März 2012, Georg-August-Universität Göttingen, Außenstelle Vechta, Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung Verfahrenstechnik

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000): Good Practice Guidance and Uncertainty Measurement in National Greenhouse Gas Inventories IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme Technical Support Unit Hayama.

MÖSENBACHER-MOLTERER, I. et.al. (2019): Staubkonzentration im Ruhebereich von Tierwohlställen. Messbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein

MÖSENBACHER-MOLTERER, I., et.al. (2020): Prüfung einer Zweistoffdüsenteknik zur Reduktion von luftgetragenen Stäuben und Optimierung des Stallklimas in der Schweinehaltung. Messbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein

NIEDERHAUSER, B. (2016): EMRP ENV55 MetNH₃: Towards a Consistent Metrological Infrastructure for Ammonia Measurements. In: ENV55 MetNH₃ "Metrology for ammonia in ambient air" 1st MetNH₃-workshop on the progress in ammonia metrology. PTB in Braunschweig, Germany.

SOGAARD, HT., SOMMER, SG., HUTCHINGS, NJ., HUIJSMANS, JFM., BUSSINK, DW., NICHOLSON, F. (2002): Ammonia Volatilization From Field-Applied Animal Slurry – the Alfam Model. Atmospheric Environment 36: 3309-3319.

SPILECKE, J., BLOCHWITZ, W., KREUTZMANN, O., HOEFT, M. (1964):- Aerosoldesinfektionsgerät R 410. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Anlagenbau Impulsa Eisterwerda, agrartechnik, Berlin 34 (1964) 2.



HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Landwirtschaft

Raumberg 38, 8952 Irdning

raumberg-gumpenstein.at