

## Institut für Boden und Umwelt

Jägerstr. 23 - 27  
26121 Oldenburg  
Telefon: (04 41) 801-868

Email [julian.markus@lufa-nord-west.de](mailto:julian.markus@lufa-nord-west.de)  
<http://www.lufa-nord-west.de>



Projekt-Nr.: 20221220-1735\_Vers.3

Datum: 14.10.2024

### **Messbericht**

**über die wissenschaftliche Untersuchung zur Herleitung  
eines Emissionsfaktors gemäß Anhang 11 der TA Luft für  
das Produkt ImproBed<sup>®</sup>-Pellets der Grillo-Werke AG**

Auftraggeber:

Grillo-Werke  
Aktiengesellschaft

Bundesverband bäuerlicher  
Hähnchenerzeuger e. V.

Weseler Straße 1  
47169 Duisburg

Claire-Waldoff-Straße 7  
10117 Berlin

Messzeitraum:

Januar 2023 bis Juni 2024

**Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen**

Name der nach § 29b BImSchG bekannt gegebenen Stelle für G, P, O: LUFA Nord-West

Projektnummer: 20221220-1735

Datum: 22.07.2024

Auftragsdatum: 20.12.22 (Standort 1-2) / 18.09.23 (Standort 3) / 05.03.24 (Standort 4)

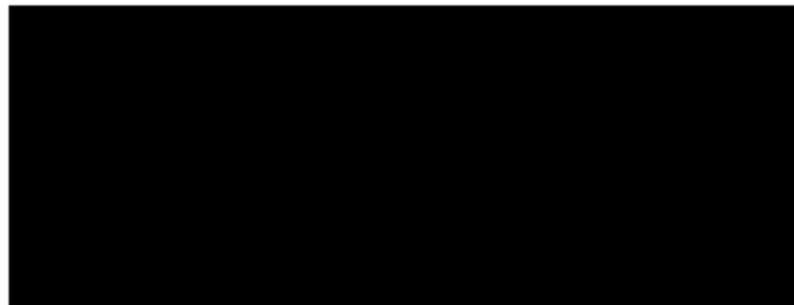
Messtermin: Januar 2023 bis Juni 2024  
(3 vollständige Mastdurchgänge je Standort)

Berichtsumfang: 83 Seiten  
2 Anlagen

Aufgabenstellung: Wissenschaftliche Untersuchung zur Herleitung eines Emissionsfaktors gemäß Anhang 11 der TA Luft für das Produkt ImproBed®-Pellets der Grillo-Werke AG in Anlehnung an das VERA-Prüfprotokoll für Tierhaltungs- und Management-Systeme (Version 3:2018-09) an vier Hähnchenschwermastbetrieben.

**Zusammenfassung:**

Anlagen:



Betriebszeiten: kontinuierlich, 24 h/d (während der Mast)  
7,5 Mastdurchgänge pro Jahr

Emissionsquelle: Mistauflage und Futter;  
Austritt giebelseitig über Ventilatoren

Messkomponenten: Gase (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), Randparameter, Klimaparameter, Einstreu-, Futter- und Mistanalysen

**Ergebnis: Ammoniak-Emissionsfaktor [kg/ (TP\*a)]**

| <b>Ammoniak-Emissionsfaktor [kg/ (TP*a)]</b> | Sommer | Übergang | Winter | <b>Mittelwert</b> |
|--|--------|----------|--------|-------------------|
| Betrieb 1                                    | 0,0008 | 0,0150   | 0,0066 | 0,0075            |
| Betrieb 2                                    | 0,0090 | 0,0032   | 0,0050 | 0,0057            |
| Betrieb 3                                    | 0,0061 | 0,0092   | 0,0067 | 0,0073            |
| Betrieb 4                                    | 0,0395 | 0,0153   | 0,0060 | 0,0203            |
| <b>Mittelwert (1-4)</b>                      | 0,0139 | 0,0107   | 0,0061 | <b>0,0102</b>     |

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>   | <b>Seite</b> |
|---|--------------|
| <b>1. Formulierung der Messaufgabe</b>                                | <b>5</b>     |
| 1.1 Auftraggeber:   | 5            |
| 1.2 Anlagen:  | 5            |
| 1.3 Datum der Messungen:  | 5            |
| 1.4 Anlass der Messung:   | 5            |
| 1.5 Aufgabenstellung:   | 5            |
| 1.6 Messobjekte:  | 6            |
| 1.7 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung:              | 6            |
| 1.8 Messplanabstimmung:   | 6            |
| 1.9 An der Probenahme beteiligte Personen:                            | 6            |
| 1.10 Beteiligung weiterer Institute:                                  | 6            |
| 1.11 stellv. fachlich Verantwortlicher:                               | 7            |
| <b>2. Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe</b>         | <b>8</b>     |
| 2.1 Art der Anlage:   | 8            |
| 2.2 Beschreibung der Anlagen:   | 8            |
| 2.3 Beschreibung der Emissionsquellen:                                | 8            |
| 2.4 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:      | 9            |
| 2.5 Betriebszeiten:   | 9            |
| 2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen            | 9            |
| <b>3. Beschreibung der Probenahmestelle</b>                           | <b>13</b>    |
| 3.1 Lage des Messquerschnittes:                                       | 13           |
| 3.2 Abmessungen des Messquerschnittes:                                | 13           |
| 3.3 Anzahl der Messachsen und Lage der Messpunkte im Messquerschnitt: | 13           |
| 3.4 Anzahl und Größe der Messöffnungen (Messstutzen):                 | 13           |
| <b>4 Messverfahren und Messreinrichtungen</b>                         | <b>14</b>    |
| 4.1 Abgasrandbedingungen  | 14           |
| 4.2 automatische Messverfahren  | 15           |
| 4.3 manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen       | 16           |
| <b>5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen</b>             | <b>18</b>    |
| 5.1 Betrieb 1   | 18           |
| 5.2 Betrieb 2   | 21           |
| 5.3 Betrieb 3   | 24           |
| 5.4 Betrieb 4   | 27           |
| <b>6. Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion</b>          | <b>30</b>    |
| 6.1 Betrieb 1   | 30           |
| 6.2 Betrieb 2   | 39           |
| 6.3 Betrieb 3   | 48           |
| 6.4 Betrieb 4   | 57           |
| 6.5 Diskussion der Ergebnisse   | 66           |
| 6.6 Berechnung der Emissionsfaktoren                                  | 66           |
| 6.7 Plausibilitätsprüfung   | 68           |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>7. Literatur .....</b> | <b>69</b> |
| <b>8. Anhang .....</b>    | <b>70</b> |

## 1. Formulierung der Messaufgabe

**1.1 Auftraggeber:** Grillo-Werke Aktiengesellschaft Bundesverband bäuerlicher Hähnchenerzeuger e. V.

Weseler Straße 1 Claire-Waldoff-Straße 7  
47169 Duisburg 10117 Berlin

### 1.2 Anlagen:

Vier Hähnchenmastbetriebe für Schwermast mit Additiven versetzten Strohpellets als Einstreu (ImproBed®-Pellets)

Betrieb 1:

Hähnchenmaststall mit 41.800 Tierplätzen für Schwermast

Betrieb 2:

Hähnchenmaststall mit 36.500 Tierplätzen für Schwermast

Betrieb 3:

Hähnchenmaststall mit 41.500 Tierplätzen für Schwermast

Betrieb 4:

Hähnchenmaststall mit 41.000 Tierplätzen für Schwermast

### 1.3 Datum der Messungen:

Januar 2023 bis Januar 2024  
(3 Mastdurchgänge je Standort)

### 1.4 Anlass der Messung:

Die TA Luft nennt für Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren Minderungsmaßnahmen um die in Anhang 11 der TA Luft festgesetzten Referenzwerte zu realisieren. Von diesen Minderungsmaßnahmen bzw. den damit einhergehenden Emissionsfaktoren kann abgewichen werden, wenn für andere Minderungstechniken in wissenschaftlichen Untersuchungen nachgewiesen werden kann, dass im Vergleich zu den Maßnahmen in Anhang 11 ein gleichwertiges Emissionsniveau erreicht wird. Die LUFA Nord-West wurde mit einer entsprechenden wissenschaftlichen Untersuchung zur Herleitung eines Emissionsfaktors für die Masthähnchenhaltung unter Einsatz des Produktes ImproBed®-Pellets der Grillo-Werke AG in Anlehnung an das VERA-Prüfprotokoll für Tierhaltungs- und Management-Systeme beauftragt.

### 1.5 Aufgabenstellung:

Das VERA-Prüfprotokoll setzt für die Berechnung von Emissionsfaktoren Untersuchungen an vier unterschiedlichen Betrieben zu unterschiedlichen Jahreszeiten voraus, da die Emissionen im Tages- und Jahresverlauf eine große Variabilität aufweisen, die vom Wachstumsabschnitt der Tiere, der Umgebungstemperatur und der Tieraktivität beeinflusst wird. Um eine möglichst lückenlose Nährstoffbilanzierung von Stickstoff und Phosphor zu gewährleisten wurden drei vollständige aufeinander folgende Mastdurchgänge in den drei unterschiedlichen Jahrestemperaturbereichen (Sommer, Übergang, Winter) untersucht.

Die Temperaturbereiche (Tagesmittel) wurden unter Berücksichtigung des langjährigen Mittelwertes (1991-2020) wie folgt festgelegt:

Winter: < 8 °C

Übergangszeit: 8 – 16 °C

Sommer: > 16 °C

Im Rahmen der Untersuchungen sollten Messungen der folgenden Parameter in dargestellter Häufigkeit an ausgewählten Positionen durchgeführt werden:

- Konzentrationsmessungen der Zu- und Abluft für die Parameter Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) kontinuierlich über den Messzeitraum
- Konzentrationsmessungen des Parameters Ammoniak mittels nasschemischem Referenzverfahren (diskontinuierlich)
- Messung der Klimabedingungen (kontinuierlich, außen und innen)
- Analyse von Einstreu-, Mist- und Futterproben
- Erfassung der Volumenströme (kontinuierlich), sowie die regelmäßige Überprüfung
- Dokumentation des Betriebsmanagements und der Medienverbräuche

- 1.6 Messobjekte:** Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas, Randparameter
- 1.7 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung:**  Ortsbesichtigungen durchgeführt am  
08.11.2022: Betriebe 1 und 2  
22.08.2023: Betrieb 3  
08.02.2024: Betrieb 4  
Messbedingungen entsprechend DIN EN 15259  
 nicht vorgefunden  
Nach o. g. Norm ist eine ausreichende Einlauf- und eine Auslaufstrecke für die Messebene erforderlich, die für laminare Strömungsbedingungen sorgen. Aus fachlicher und wirtschaftlicher Sicht wurde auf eine geführte Ein- und Auslaufstrecke verzichtet, da die Gasmessungen auch in der Turbulenz gemessen werden. Ein Frischlufteintrag kann zudem ausgeschlossen werden, da die Messungen im direkten Ansaugbereich der Lüfter stattfanden.
- 1.8 Messplanabstimmung:**  mit dem Betreiber  
 mit dem Auftraggeber
- 1.9 An der Probenahme beteiligte Personen:** 
- 1.10 Beteiligung weiterer Institute:** Die Beteiligung weiterer Institute war nicht vorgesehen.

**1.11 stellv. fachlich Verantwortlicher:**

Lars Broer

Tel.-Nr.:

0441 801 955

E-Mail-Adresse:

[lars.broer@lufa-nord-west.de](mailto:lars.broer@lufa-nord-west.de)

## **2. Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe**

### **2.1 Art der Anlage:**

Hähnchenmastställe mit 36.500 bis 41.800 Tierplätzen (Schwermast). Während des Untersuchungszeitraumes wurden die Ställe mit Strohpellets und Additiven aus Natriumhydrogensulfat (ImproBed®- Pellets) eingestreut.

### **2.2 Beschreibung der Anlagen:**

Bei allen vier Betrieben handelt es sich um Zwillingsställe mit je 36.500 bis 41.800 Tierplätzen. Um mögliche Unterschiede zwischen den beiden jeweils baugleichen Ställen festzustellen, wurden die Untersuchungen abwechselnd in beiden Ställen durchgeführt. Mit dem Wechsel der Ställe wird eine bessere Übertragbarkeit auf andere Standorte erzielt.

Die Zwillingsställe sind baugleich unmittelbar nebeneinander angeordnet und durch einen gemeinsamen Betriebsraum mit einem gemeinsamen Stallmanagementcomputer ausgestattet.

Alle Betriebe weisen mit der Genetik Ross 308 die gleiche Tierherkunft auf, welche in einer 42-tägigen Schwermast gemästet wird. Futter und Wasser für die Hähnchen werden aus dem Wartungsraum jeweils über ein Leitungssystem im gesamten Stall gleichmäßig verteilt. Die Ställe sind mit Nippeltränken und Auffangschalen (Tränke-Cups) ausgestattet, welche den Wasserverbrauch und eine Befeuchtung der Mistmatratze reduzieren soll.

Alle Ställe entlüften über die Rückseite des Stalles (Giebelseite) nach einer Umlenkung der Abluft über eine Wabenwand oder Ablufttürme, die der Staubabscheidung dienen. Die Ventilatoren sind in der Giebelwand der Ställe installiert und saugen die Luft aus den Ställen und drücken diese durch die Staubfilterwände bzw. -türme nach außen. Die Zuluft wird durch auf den gesamten Längsseiten der Ställe angeordnete verstellbare Seitenklappen den Ställen zugeführt.

Die Betriebe unterscheiden sich hauptsächlich durch Stallgröße, Tierzahl und Stallmanagement. In Tabelle 1 sind die Unterschiede dargestellt.

**Tabelle 1: Übersicht der Betriebe**

| Angaben (je Stall)                        | Betrieb 1                 | Betrieb 2                 | Betrieb 3                 | Betrieb 4                 |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Tierzahl (lt. Auslegung)                  | 41.800                    | 37.750                    | 41.500                    | 41.400                    |
| Futter                                    | 4-Phasen<br>N/P-reduziert | 4-Phasen<br>N/P-reduziert | 4-Phasen<br>N/P-reduziert | 4-Phasen<br>N/P-reduziert |
| Stallausrichtung<br>(vorne / hinten)      | NW / SO                   | O / W                     | O / W                     | NO / SW                   |
| Länge [m]                                 | 90                        | 84,3                      | 94,5                      | 90                        |
| Breite [m]                                | 20                        | 20                        | 20                        | 20                        |
| Fläche [m <sup>2</sup> ]                  | 1800                      | 1.686                     | 1.890                     | 1.800                     |
| Installierte Luftrate [m <sup>3</sup> /h] | 414.190                   | 348.660                   | 377.000                   | 354.000                   |
| Lüftungssteuerung                         | CO <sub>2</sub> / Temp.   | CO <sub>2</sub> / Temp.   | Temp.                     | Temp.                     |

### **2.3 Beschreibung der Emissionsquellen:**

#### **Emissionsquelle:**

Mistaufgabe und Futter;  
Austritt giebelseitig über Ventilatoren

Höhe über Grund:

Stallrückseite: 0,9 bis 10,0 m über Grund

Austrittsfläche:

Entspricht der Anzahl der sich in Betrieb befindlichen Ventilatoren (siehe Pkt. 2.6)

## 2.4 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

- entfällt -

## 2.5 Betriebszeiten:

### 2.5.1 Gesamtbetriebszeit:

Kontinuierlicher Betrieb

Zwischen den Durchgängen: Reinigung/ Desinfektion/ Wartung

### 2.5.2 Emissionszeit nach Betreiberangaben:

ca. 7,5 Mastdurchgänge pro Jahr (49 Tage-Rhythmus)

## 2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen

### 2.6.1 Betrieb 1

#### 2.6.1.1 Art der Emissionserfassung

Druckkammer mit insgesamt 11 vorgeschalteten Ventilatoren je Stall

#### 2.6.1.2 Ventilator肯ndaten

9x EM50: 1,50PS 08 Edelst. 41.930 m<sup>3</sup>

2x FE091-6DQ: 18.410 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> bei 50 Pa

#### 2.6.1.3 Ansaugfläche:

9x 1,29 m<sup>2</sup> + 2x 0,66 m<sup>2</sup> = 12,93 m<sup>2</sup>

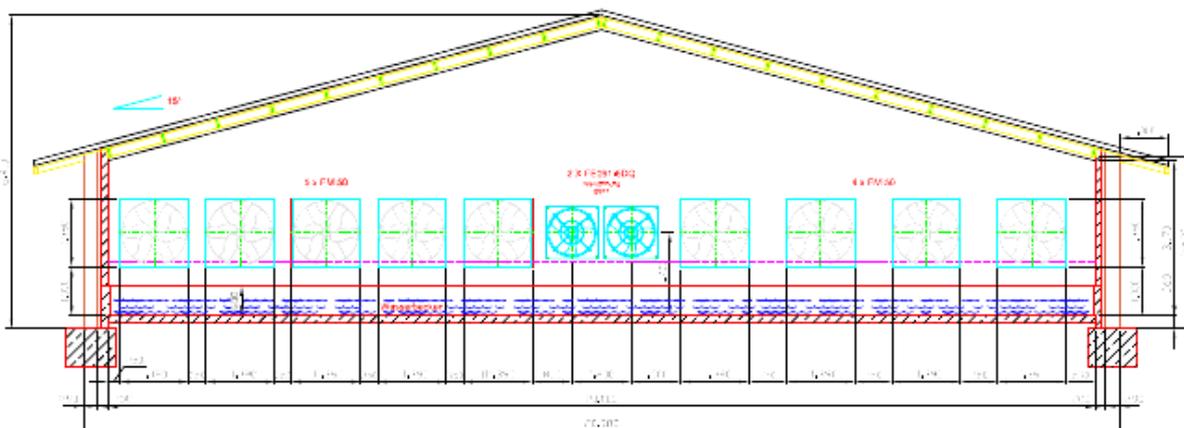


Abbildung 1: Skizze – Ventilatoranordnung Betrieb 1

### 2.6.2 Betrieb 2

#### 2.6.2.1 Art der Emissionserfassung

Druckkammer mit insgesamt 10 vorgeschalteten Ventilatoren je Stall

#### 2.6.2.2 Ventilator肯ndaten

8x EM50-3-1,5 400 Volt: 37.560 m<sup>3</sup> bei 30 Pa

2x FE091-6DT 400 Volt: 24.090 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> bei 30 Pa

#### 2.6.2.3 Ansaugfläche:

8x 1,29 m<sup>2</sup> + 2x 0,66 m<sup>2</sup> = 11,64 m<sup>2</sup>



Abbildung 2: Foto - Ventilatoranordnung Betrieb 2

### 2.6.3 Betrieb 3

|         |                            |   |
|---------|----------------------------|---|
| 2.6.3.1 | Art der Emissionserfassung | Druckkammer mit insgesamt 11 vorgeschalteten Ventilatoren je Stall                |
| 2.6.3.2 | Ventilator肯ndaten          | 9x EM50: 37.000 m <sup>3</sup><br>2x FE091: 22.000 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> |
| 2.6.3.3 | Ansaugfläche:              | 9x 1,29 m <sup>2</sup> + 2x 0,66 m <sup>2</sup> = 12,93 m <sup>2</sup>            |

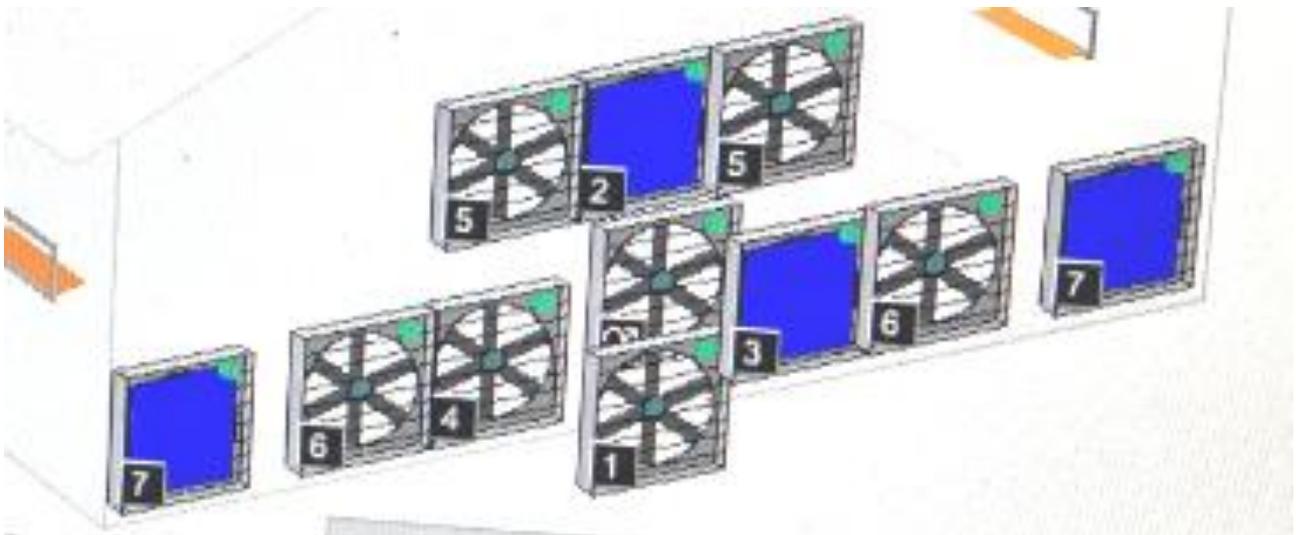


Abbildung 3: Skizzierte Ventilatoranordnung Betrieb 3

### 2.6.4 Betrieb 4

|         |                            |   |
|---------|----------------------------|---|
| 2.6.4.1 | Art der Emissionserfassung | Druckkammer mit insgesamt 11 vorgeschalteten Ventilatoren je Stall                |
| 2.6.4.2 | Ventilator肯ndaten          | 9x EM50: 35.000 m <sup>3</sup><br>2x FE091: 19.500 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> |
| 2.6.4.3 | Ansaugfläche:              | 9x 1,29 m <sup>2</sup> + 2x 0,66 m <sup>2</sup> = 12,93 m <sup>2</sup>            |

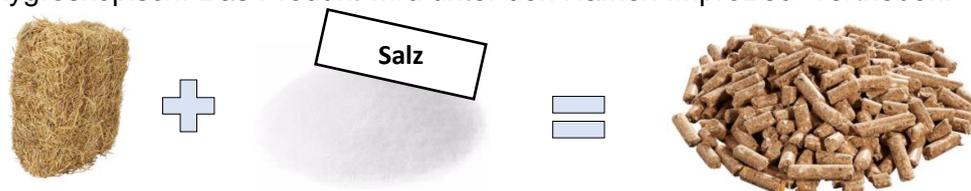


Abbildung 3: Skizzierte Ventilatoranordnung Betrieb 4

## 2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen

### Minderungstechnik:

Als Minderungsmaßnahme werden Strohpellets als Einstreu eingesetzt (Indoor-Maßnahme), welche mit einem pH-Wert reduzierendem Additiv (Natriumhydrogensulfat) versetzt wurden, bei dem es sich um ein perlförmiges, weißes bis schwach gelbliches Salz handelt. Das Salz ist geruchslos, gut wasserlöslich, weist einen sehr niedrigen pH-Wert (ca. 2) auf und reagiert hygroskopisch. Das Produkt wird unter den Namen ImproBed<sup>®</sup> vertrieben.



### Wirkweise:

Dem Gesamtstickstoff (Gesamt-N) der Geflügelexkreme eines Masthuhns werden 40-70% Harnsäure, 4-12% Harnstoff und 4-20% Ammonium zugerechnet (KIRCHGEßNER und KREUZER 1990, NAHM 2003). Die Mikroben im Kot-Einstreugemisch bilden Enzyme, welche die Harnsäure zu Harnstoff abbauen (Uricase, Allantoinase und Allantoicase), der Abbau von Harnstoff zu  $\text{NH}_3$  erfolgt wiederum unter Beteiligung von Ureasebildnern. Eine Absenkung des pH-Wertes in der Einstreu von ca. pH 7 (Standardeinstreu) auf ca. pH 2 hemmt die mikrobielle Aktivität (u.a. Enzymbildung) und damit die Aufspaltung von Harnsäure und Harnstoff und folglich die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung (Li et al. 2013; Toppel et al. 2018). Das Dissoziationsgleichgewicht verschiebt sich zugunsten von Ammonium. Nachgewiesen wurde bislang auch eine deutliche Reduktion von  $\text{NH}_3$  auf Tierhöhe ohne messbare N-Anreicherung in der Einstreu zum Mastende (Toppel et al. 2018; Toppel und Andersson 2022).

Das Natriumhydrogensulfat reagiert auch direkt mit dem dennoch entstehenden Ammoniak aus der Mistauflage und bildet Ammoniumsulfat und Natriumsulfat.

Die Anwendung von Natriumhydrogensulfat in Form eines Einstreupflegemittels ist neben dem Fokus auf die Minderung der Ammoniakkonzentration auch im Bereich der Fußballengesundheit vielfach unter den nationalen Gegebenheiten untersucht worden.

Bei der Applikation des Einstreupflegemittels lassen sich aus den bisherigen Versuchen keine Auffälligkeiten hinsichtlich der Tiergesundheit ableiten. Durch die Applikation von Natriumhydrogensulfat konnte eine Sicherstellung und auch Förderung der Fußballengesundheit bei Masthühnern erzielt werden (Toppel und Andersson 2018).

#### Anwendung:

Vor der Einnistung wird das Produkt als Einstreuersatz in den Stall gestreut. Für die Untersuchungen wurde eine Einstreumenge von 1,5 kg/ m<sup>2</sup> verwendet. Die genauen Einstreumengen je Durchgang sind in Tabelle 2 dargestellt.

Zudem wurde dem Betreiber für den Bedarfsfall Nachstreumaterial für alle Ställe bereitgestellt. Nachstreumengen und Zeiten wurden vom Betreiber ebenfalls dokumentiert.

Die Haltbarkeit von ImproBed<sup>®</sup> beträgt lt. Hersteller mindestens 12 Monate.

**Tabelle 2: Einstreumengen der Durchgänge**

| Betrieb   | Mengen [kg]   | DG 1         | DG 2         | DG 3         |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Betrieb 1 | Grundeinstreu | 2.700        | 2.700        | 2.700        |
|           | Nachstreu     | 1.000        | -            | -            |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>3.700</b> | <b>2.700</b> | <b>2.700</b> |
| Betrieb 2 | Grundeinstreu | 2.400        | 2.400        | 2.400        |
|           | Nachstreu     | 1.000        | 1.000        | 1.000        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>3.400</b> | <b>3.400</b> | <b>3.400</b> |
| Betrieb 3 | Grundeinstreu | 3.030        | 3.100        | 3.030        |
|           | Nachstreu     | -            | 1.000        | -            |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>3.030</b> | <b>4.100</b> | <b>3.030</b> |
| Betrieb 4 | Grundeinstreu | 3.040        | 3.110        | 2.910        |
|           | Nachstreu     | 1.040        | 1.010        | 1.020        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>4.080</b> | <b>4.120</b> | <b>3.930</b> |

### **3. Beschreibung der Probenahmestelle**

#### **3.1 Lage des Messquerschnittes:**

Für die Gasmessungen wurde auf die Einrichtung von ausreichenden Ein- und Auslaufstrecken gemäß DIN EN 15259, die mit erheblichem baulichem Aufwand einher gegangen wären, verzichtet. Aus fachlicher Sicht ist diese Vorgehensweise vertretbar, da sich die Gaskomponenten bereits im Stall vermischen und durch die Turbulenz am Lüfter, wo sich die Messpunkte befinden, nicht entmischen. Bei allen Ställen wurden die Gaskomponenten zur Vergleichbarkeit jeweils an der gleichen Stelle beprobt. Die Messpunkte wurden als Mischline an den frequenzgesteuerten zentralen Lüftern installiert, da für die kontinuierlichen Gasmessungen ein Luftvolumenstrom aus dem Stall vorliegen muss. Zudem wurde ein Absaugpunkt zur Erfassung der Hintergrundkonzentration mittig zwischen den beiden Ställen in unmittelbarer Nähe zum Einzugsbereich der Frischluft positioniert.

Die kontinuierliche Erfassung der physikalischen Außenrandparameter, wie Luftfeuchte, Temperatur und Luftdruck, fand in einer Höhe von ca. 3 m jeweils in Stallnähe statt.

#### **3.2 Abmessungen des Messquerschnittes:**

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| Durchmesser:           | 0,92 m              |
| Messquerschnitt:       | 0,66 m <sup>2</sup> |
| horizontal / vertikal: | Vertikal            |

#### **3.3 Anzahl der Messachsen und Lage der Messpunkte im Messquerschnitt:**

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Messquerschnitt:            | 0,66 m <sup>2</sup> |
| Anzahl Messpunkte je Achse: | 2                   |
| Abstand zur Innenwand:      | 0,14 m bzw. 0,79 m  |

#### **3.4 Anzahl und Größe der Messöffnungen (Messstutzen):**

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Größe der Messöffnungen | 8 mm |
| Messstutzen vorhanden:  | nein |

## 4 Messverfahren und Messreinrichtungen

### 4.1 Abgasrandbedingungen

#### 4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Ermittlungsmethode:  Prandtl-Staurohr  
 Flügelrad  
 Thermisches Anemometer  
 Sonstiges:

Messeinrichtung:  
Hersteller: TSI GmbH  
Bezeichnung: TSI Model 9565 (9565-4)  
Inventar-Nr.: 830806

Berechnungsverfahren: DIN EN ISO 16911-1 - Bestimmung des Volumensstroms aus punktuellen Geschwindigkeitsmessungen

kontinuierliche Ermittlung:  ja  nein  
Messbereich: +0...+50 m s<sup>-1</sup>

#### 4.1.2 statischer Druck

Messeinrichtung:  
Hersteller: TSI GmbH  
Bezeichnung: TSI Model 9565 (9565-4)  
Inventar-Nr.: 830806

Messbereich: -3735...3735 Pa

#### 4.1.3 Luftdruck

Messeinrichtung:  
Hersteller: Testo SE & Co. KGaA  
Bezeichnung: Testo 511  
Inventar-Nr.: 831673

#### 4.1.4 Stalltemperatur und -feuchte

Messeinrichtung:  
Hersteller: Testo SE & Co. KGaA  
Bezeichnung: Testo 440-1 dp  
Inventar-Nr.: 831253

kontinuierliche Ermittlung:  ja  nein  
Messbereich: -20...+180°C  
0...100 %rF

## 4.2 automatische Messverfahren

### 4.2.1 Messkomponente NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>

**4.2.1.1 Messverfahren** FTIR mit Messzelle gemäß DIN CEN/TS 17337: 2019-08

**4.2.1.2 Analysator** FTIR Analysator CX4000 (FTIR 3, FTIR 4, FTIR 5), Fa. Gaset Technologies GmbH

#### 4.2.1.3 Eingestellter Messbereich

|                  | Messbereich<br>(ppm) | Messunsicherheit<br>(%) | Nachweisgrenze<br>(ppm) | Bestimmungsgrenze<br>(ppm) |
|------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| CO <sub>2</sub>  | 0 – 3500             | 5,2                     | < 1                     | 6                          |
| NH <sub>3</sub>  | 0 – 20               | 5                       | < 0,05                  | 0,2                        |
| N <sub>2</sub> O | 0 – 10               | 5                       | < 0,2                   | 0,4                        |
| CH <sub>4</sub>  | 0 - 50               | 4,1                     | < 0,05                  | 0,3                        |

**4.2.1.4 Gerätetyp eignungsgeprüft** Für das Gerät liegt eine Eignungsprüfung des TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH für die Komponenten CO, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, und H<sub>2</sub>O vor (Prüfbericht Eignungsprüfung 0000001013\_06 / Juli 2021).

Zertifizierung nach DIN EN 15267-3

#### 4.2.1.5 Probenahme und Probenaufbereitung

Staubfilter

Material:

Quarzfaser

beheizt auf: / unbeheizt

unbeheizt (Stalltemperatur)

Probengasleitung

beheizt auf: / unbeheizt

50 °C

Länge:

20 m

#### 4.2.1.6 Überprüfen von Null- und Referenzpunkt mit Prüfgasen

Nullgas:

N<sub>2</sub> 5.0

Prüfgas:

CH<sub>4</sub> 50 ppm      Trägergas: N<sub>2</sub> 5.0

Hersteller:

Westfalen AG

Zertifikat gültig bis:

02.2025

#### 4.2.1.7 Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Aufgabe des Prüfgases drucklos über die gesamte Probenahmeleitung.

T<sub>90</sub>-Zeit: 15 sek.

#### 4.2.1.8 Erfassung / Registrierung der Messwerte

Messwernerfassungssystem:

Notebook Fujitsu, Calcmet Software

## 4.2.2 Klimadaten (Wetterstation)

### 4.2.2.1 Temperatur

METER Group, ATMOS 41 All-in-one Wetterstation mit ZL6 Funk-Datenlogger

Messbereich: -50 bis 60° C

Auflösung: 0,1° C

Genauigkeit: ± 0,6° C

### 4.2.2.2 relative Luftfeuchte

METER Group, ATMOS 41 All-in-one Wetterstation mit ZL6 Funk-Datenlogger

Messbereich: 0 bis 100%

Auflösung: 0,1%

Genauigkeit: 3% typisch, abhängig von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

### 4.2.2.3 Luftdruck

METER Group, ATMOS 41 All-in-one Wetterstation mit ZL6 Funk-Datenlogger

Messbereich: 500 bis 1100 hPa

Auflösung: 0,015 kPa

Genauigkeit: ± 1 hPa

## 4.3 manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen

### 4.3.1 Messkomponente

#### Ammoniak

#### 4.3.1.1 Messverfahren

VDI 3878 (2017-09): Messen gasförmiger Emissionen; Bestimmung der durch Absorption in Schwefelsäure erfassbaren basischen Stickstoffverbindungen und DIN EN ISO 21877:2019: Emissionen aus stationären Quellen- Ermittlung der Massenkonzentration von Ammoniak- Manuelles Verfahren. Die Abluft wurde ca. 30 min mit einem Volumenstrom von 0,18 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> über die Waschflaschen mit 30 ml Absorptionslösung (0,05 mol l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) geleitet.

Die Analytik erfolgte nach dem Indophenol-Verfahren. Hierbei wurde die Konzentration an Ammoniak in der Probenlösung photometrisch bestimmt.

#### 4.3.1.2 Probenahme und Probenaufbereitung

Entnahmesonde:

Material PTFE; Ø 6 mm innen

beheizt auf: / unbeheizt 50 °C

Partikelfilter

Material: Quarzfaser

beheizt auf: / unbeheizt unbeheizt (Stalltemperatur)

Ab-/Adsorptionseinrichtungen Desaga – Waschflaschen mit Fritteneinsätzen

Sorptionsmittel / Menge: 0,05 mol l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; je Probe 3 x 30 ml

|   |   |
|---|---|
| Abstand (Strömungsweg) zwischen Eingang Entnahmesonde zum Sorptionsmittel / Abscheideelement: | Die Entnahme fand aufgrund Validierungszwecken der kont. Messeinrichtung unmittelbar am Ausgang der Messzelle statt.  |
| Absaugeinrichtung:  | Absorptionsgefäße, Trockenturm, Pumpe, Volumenzähler, Durchflussmessgerät<br>Die zu untersuchende Luft wird durch 0,05 mol l <sup>-1</sup> Schwefelsäure (Absorptionslösung) geleitet, wobei Ammoniak als Ammoniumsulfat gebunden wird.<br>Zur Probenahme werden jeweils 30 mL Absorptionslösung in die Waschflaschen gefüllt. Diese werden über den Trockenturm und der Saugpumpe mit dem Gasmengenzähler verbunden. Der Abstand von der Ansaugöffnung der Entnahmesonde und den Absorbern wird dabei möglichst kurzgehalten.<br>Die Dichtigkeit des Probenahmesystems muss vom Sondeneintritt bis zum Gasmengenzähler überprüft werden. Die Dichtigkeitsprüfung ist mit verschlossener Sonde bei einem Unterdruck durchzuführen, der größer ist als der zu erwartende Betriebsunterdruck. Der zulässige Volumenstrom bei Fritten-Waschflaschen beträgt 1 l min <sup>-1</sup> bis 3 l min <sup>-1</sup> .<br>Nach der Probenahme werden die Absorptionslösungen direkt verschlossen und bis zur Analyse gekühlt. |
| Bezeichnung:  | Komplettsystem (Typ Desaga) mit Pumpe, Rotameter, Regeleinheit, Volumenzähler und Trockeneinheit  |
| Inventarnummer:   | 831651  |
| Zeitraum zwischen Probenahme und Analyse:   | ca. 10 Tage   |
| <b>4.3.1.3 analytische Bestimmung</b>   |   |
| Analyseverfahren:   | Messen der Ammoniak-Konzentration; Indophenol-Verfahren (interne Arbeitsanweisung AA 1/1-929)   |
| Aufarbeitung des Probenmaterials:   | Im Labor wird die Absorptionslösung mit 0,2 n NaOH, Phenol-Lsg., Hypochlorit-Lsg. und bidest.-Wasser versetzt. Anschließend wird die Extinktion der Lösung bei 623 nm photometrisch gemessen.<br>Die Probelösung wird auf bis zu 1:200 verdünnt bzw. 1:1 gemessen.  |
| Analysengeräte:   | Kontron<br>Uvikon 710, Spectrophotometer  |
| Standards -Stammlösung:   | 0,315 g NH <sub>4</sub> Cl wurden in 100 ml 0,1 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gelöst.  |
| Kalibrierstandards:   | 10 – 1000 µg NH <sub>3</sub> /100 ml  |
| Beteiligung eines Fremdlabors:  | Kein Fremdlabor beteiligt   |

## 5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Im Folgenden werden die wichtigsten Parameter zum Anlagenbetrieb aller drei Mastdurchgänge (DG) der Betriebe (1-4) dargestellt, die bei den wöchentlichen Messtagen aufgenommen wurden. Neben den Angaben zum Tierbesatz wurden die Stallsensoren durch Vergleichsmessungen im Stall überprüft. Weiterhin wurden die stallspezifischen Verbräuche von Gas und Wasser aufgenommen. Stromverbräuche konnten nicht stallspezifisch ermittelt werden, da dieser lediglich für beide Zwillingställe gemessen wurde.

### 5.1 Betrieb 1

#### 5.1.1 Durchgang 1

**Tabelle 3: Randbedingungen DG 1 (Teil 1)**

| Datum  | 31.01.2023 | 06.02.2023 | 14.02.2023 | 20.02.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 41.800     | 41.585     | 41.235     | 41.057     |
| Tiergewicht [kg]                                       | 0,04       | 0,17       | 0,50       | 0,91       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 10.000     | 37.000     | 42.500     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 9.300      | 28.600     | 38.500     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 11.047     | 30.468     | 74.387     | 119.482    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 35         | 31         | 28         | 26         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 35         | 68         | 66         | 70         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 36         | 31         | 29         | 27         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 45         | 65         | 66         | 66         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 4          | 13         | 37         | 34         |
| Gaszählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 269.822    | 271.628    | 274.054    | 275.504    |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 0          | 12         | 48         | 90         |

**Tabelle 4: Randbedingungen DG 1 (Teil 2)**

| Datum  | 27.02.2023 | 06.03.2023 | 15.03.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 40.986     | 30.263     | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,47       | 2,06       | -          |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | 50.000     | 56.800     | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 37.600     | 53.600     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 170.042    | 160.670    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 27         | 24         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 64         | 71         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 27         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 65         | 72         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 38         | 34         | -          |
| Gaszählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 277.038    | 278.812    | 279.980    |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 149        | 208        | 272        |

## 5.1.2 Durchgang 2

Tabelle 5: Randbedingungen DG 2 (Teil 1)

| Datum                                     | 21.03.2023 | 28.03.2023 | 04.04.2023 | 11.04.2023 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl                                  | 41800      | 41462      | 41156      | 41004      |
| Tiergewicht [kg]                          | 0,04       | 0,21       | 0,52       | 0,98       |
| Luftraten (gemessen) [m³/h]               | -          | 25.200     | 31.600     | 55.300     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m³/h]               | -          | 18.000     | 28.100     | 40.000     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m³/h] | 10.730     | 35.462     | 76.682     | 126.256    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]           | 37         | 29         | 27         | 24         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]               | 48         | 51         | 56         | 67         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]            | 38         | 28         | 26         | 26         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                | 56         | 57         | 60         | 71         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]             | 0          | 7          | 29         | 21         |
| Gaszählerstand [m³]                       | 196784     | 198708     | 200475     | 201143     |
| Wasserzählerstand [m³]                    | 278        | 292        | 322        | 368        |

Tabelle 6: Randbedingungen DG 2 (Teil 2)

| Datum                                     | 18.04.2023 | 24.04.2023 | 03.05.2023 |
|---|------------|------------|------------|
| Tierzahl                                  | 40833      | 30234      | -          |
| Tiergewicht [kg]                          | 1,61       | 2,12       | -          |
| Luftraten (gemessen) [m³/h]               | 109.400    | 52.800     | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m³/h]               | 97.200     | 46.000     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m³/h] | 180.866    | 164.096    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]           | 24         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]               | 67         | 70         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]            | 25         | 24         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                | 69         | 71         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]             | 13         | 34         | -          |
| Gaszählerstand [m³]                       | 201235     | 201279     | 201379     |
| Wasserzählerstand [m³]                    | 436        | 486        | 551        |

## 5.1.3 Durchgang 3

Tabelle 7: Randbedingungen DG 3 (Teil 1)

| Datum  | 27.06.2023 | 05.07.2023 | 13.07.2023 | 20.07.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 41300      | 41124      | 40985      | 40926      |
| Tiergewicht [kg]                                       | 0,04       | 0,22       | 0,59       | 1,08       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 30.900     | 64.100     | 88.800     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 19.500     | 50.000     | 85.900     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 10.602     | 37.305     | 84.671     | 135.558    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 34         | 29         | 29         | 27         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 29         | 65         | 65         | 58         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 34         | 29         | 28         | 26         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 45         | 64         | 70         | 63         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 0          | 8          | 16         | 23         |
| Gaszählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 289232     | 290741     | 291066     | 291088     |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 816        | 832        | 871        | 925        |

Tabelle 8: Randbedingungen DG 3 (Teil 2)

| Datum  | 27.07.2023 | 04.08.2023 | 09.08.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 30137      | 21996      | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,68       | 2,43       | -          |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | 64.800     | 91.400     | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 47.500     | 77.800     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 137.649    | 133.312    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 28         | 26         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 77         | 69         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 27         | 25         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 78         | 73         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 30         | 38         | -          |
| Gaszählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 2911169    | 291609     | 291973     |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 989        | 1045       | 1078       |

## 5.2 Betrieb 2

### 5.2.1 Durchgang 1

**Tabelle 9: Randbedingungen DG 1 (Teil 1)**

| Datum  | 16.02.2023 | 23.02.2023 | 02.03.2023 | 09.03.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 36500      | 36058      | 35929      | 35806      |
| Tiergewicht [kg]                                       | 0,04       | 0,20       | 0,53       | 0,90       |
| Lüfterleistung (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]          | -          | 10.100     | 19.600     | 31.700     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 10.500     | 17.300     | 36.200     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 9.370      | 29.585     | 67.472     | 103.321    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 32         | 30         | 27         | 26         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 53         | 65         | 63         | 60         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 34         | 32         | 27         | 26         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 59         | 65         | 65         | 65         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 6          | 16         | 19         | 22         |
| Flüssiggasverbrauch (kumuliert) [l]                    | 450        | 1986       | 3842       | 5442       |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 3598       | 3612       | 3640       | 3684       |

**Tabelle 10: Randbedingungen DG 1 (Teil 2)**

| Datum  | 17.03.2023 | 23.03.2023 | 30.03.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 25056      | 20248      | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,61       | 2,29       | -          |
| Lüfterleistung (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]          | 23.900     | -          | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 28.500     | -          | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 110.735    | 116.775    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 26         | 24         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 67         | 75         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 27         | 24         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 70         | 72         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 24         | 35         | -          |
| Flüssiggasverbrauch (kumuliert) [l]                    | 6534       | 6534       | 6662       |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 3745       | 3787       | 3829       |

## 5.2.2 Durchgang 2

**Tabelle 11: Randbedingungen DG 2 (Teil 1)**

| Datum  | 03.04.2023 | 13.04.2023 | 20.04.2023 | 26.04.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 36.500     | 36.050     | 35.909     | 35.853     |
| Tiergewicht [kg]                                       | 0,04       | 0,39       | 0,79       | 1,15       |
| Lüfterleistung gemessen [m <sup>3</sup> /h]            | -          | 20.900     | 35.200     | 38.300     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 15.000     | 32.300     | 34.000     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 8.955      | 52.890     | 93.193     | 124.259    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 23         | 30         | 28         | 24         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 34         | 64         | 64         | 69         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 23         | 31         | 27         | 26         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 47         | 66         | 69         | 70         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 0          | 28         | 34         | 36         |
| Flüssiggasverbrauch (kumuliert) [l]                    | 512        | 3.520      | 4.800      | 4.800      |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 5.182      | 5.208      | 5.245      | 5.290      |

**Tabelle 12: Randbedingungen DG 2 (Teil 2)**

| Datum  | 05.05.2023 | 11.05.2023 | 15.05.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 35.808     | 35.776     | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 2,00       | 2,45       | -          |
| Lüfterleistung (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]          | 47.800     | 57.100     | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 40.000     | 53.000     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 185.757    | 218.658    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 24         | 24         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 67         | 71         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 25         | 25         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 70         | 75         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 33         | 27         | -          |
| Flüssiggasverbrauch (kumuliert) [l]                    | 4.800      | 4.800      | 4.800      |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 5.362      | 5.403      | 5.426      |

## 5.2.3 Durchgang 3

Tabelle 13: Randbedingungen DG 3 (Teil 1)

| Datum  | 03.07.2023 | 11.07.2023 | 18.07.2023 | 25.07.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 36500      | 36113      | 35968      | 35918      |
| Tiergewicht [kg]                                       | 0,04       | 0,23       | 0,53       | 0,91       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 29.338     | 66.743     | 79.920     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 31.824     | 56.000     | 73.000     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 9.370      | 34.494     | 67.968     | 104.438    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 26         | 31         | 28         | 27         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 49         | 61         | 66         | 67         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 35         | 31         | 29         | 27         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 52         | 68         | 68         | 72         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 3          | 20         | 24         | 20         |
| Flüssiggasverbrauch (kumuliert) [l]                    | 490        | 2762       | 3680       | 3680       |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 5673       | 5692       | 5722       | 5771       |

Tabelle 14: Randbedingungen DG 3 (Teil 2)

| Datum  | 01.08.2023 | 07.08.2023 | 14.08.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 35874      | 35836      | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,35       | 1,89       | -          |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | 67.816     | 100.551    | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 62.200     | 86.000     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 139.813    | 178.010    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 26         | 25         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 75         | 68         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 26         | 25         | 27         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 73         | 71         | 61         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 26         | 19         | 0          |
| Flüssiggasverbrauch (kumuliert) [l]                    | 3680       | 3680       | 3680       |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 5827       | 5873       | 5921       |

## 5.3 Betrieb 3

### 5.3.1 Durchgang 1

**Tabelle 15: Randbedingungen DG 1 (Teil 1)**

| Datum  | 31.08.2023 | 06.09.2023 | 14.09.2023 | 20.09.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | -          | 42323      | 42183      | 42056      |
| Tiergewicht [kg]                                       | -          | 0,12       | 0,43       | 0,79       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 35.961     | -          | 145.731    |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 34.400     | 38.700     | 152.000    |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | -          | 24.039     | 66.627     | 109.581    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | -          | 31         | -          | 25         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | -          | 59         | -          | 65         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | -          | 30         | 26         | 26         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | -          | 62         | 64         | 62         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | -          | 5          | 26         | 23         |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 28471      | 28478      | 28509      | 28549      |

**Tabelle 16: Randbedingungen DG 1 (Teil 2)**

| Datum  | 28.09.2023 | 04.10.2023 | 12.10.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 41902      | 28028      | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,39       | 1,90       | -          |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | 250.121    | 115.099    | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 229.000    | 115.900    | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 166.883    | 140.098    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 27         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 60         | 64         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 26         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 56         | 67         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 27         | 33         | -          |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 28623      | 28671      | 28728      |

## 5.3.2 Durchgang 2

Tabelle 17: Randbedingungen DG 2 (Teil 1)

| Datum  | 23.10.2023 | 01.11.2023 | 07.11.2023 | 14.11.2023 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 41500      | 40928      | 40745      | 40607      |
| Tiergewicht [kg]                                       | 0,04       | 0,26       | 0,54       | 0,99       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 26.742     | 32.729     | 84.143     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 24.000     | 40.500     | 77.400     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 62.190     | 42.568     | 78.662     | 125.805    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | -          | 28         | 26         | 25         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | -          | 69         | 66         | 70         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | -          | 28         | 26         | 25         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | -          | 65         | 61         | 68         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | -          | 9          | 18         | 21         |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 28410      | 28421      | 28448      | 28496      |

Tabelle 18: Randbedingungen DG 2 (Teil 2)

| Datum  | 20.11.2023 | 29.11.2023 | 04.12.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 40492      | -          | -          |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,44       | 2,22       | -          |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]               | 84.997     | 37.332     | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 76.000     | 41.100     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 165.682    | -          | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 24         | 22         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 67         | 74         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 23         | 20         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 66         | 64         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                          | 24         | 37         | -          |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 28552      | 28624      | 28656      |

### 5.3.3 Durchgang 3

**Tabelle 19: Randbedingungen DG 3 (Teil 1)**

| Datum   | 14.12.2023 | 22.12.2023 | 05.01.2024 |
|---|------------|------------|------------|
| Tierzahl  | 41500      | 41108      | 40857      |
| Tiergewicht [kg]  | 0,04       | 0,23       | 0,99       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]                  | -          | 23.468     | 70.220     |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]                  | -          | 20.600     | 68.700     |
| 100% Sommerluftrate<br>nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 10.653     | 38.421     | 126.289    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                           | 27         | 26         | 24         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                               | 44         | 66         | 75         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                            | 28         | 25         | 24         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                                | -          | 68         | 65         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                             | 0          | 8          | 22         |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 28989      | 29006      | 29091      |

**Tabelle 20: Randbedingungen DG 3 (Teil 2)**

| Datum   | 11.01.2024 | 18.01.2023 | 24.01.2024 |
|---|------------|------------|------------|
| Tierzahl  | 40132      | 23094      | 23201      |
| Tiergewicht [kg]  | 1,48       | 2,09       | 3,00       |
| Luftraten (gemessen) [m <sup>3</sup> /h]                  | 62.573     | 42.471     | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]                  | 53.000     | 44.500     | -          |
| 100% Sommerluftrate<br>nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 167.476    | 123.746    | 171.767    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                           | 20         | 17         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                               | 70         | 69         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                            | 19         | 17         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                                | 67         | 67         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                             | 28         | 35         | -          |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 29144      | 29216      | 29263      |

## 5.4 Betrieb 4

### 5.4.1 Durchgang 1

**Tabelle 21: Randbedingungen DG 1 (Teil 1)**

| Datum   | 15.02.2024 | 22.02.2024 | 29.02.2024 | 07.03.2024 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl  | 41000      | 40520      | 40293      | 40111      |
| Tiergewicht [kg]  | 0,045      | 0,207      | 0,599      | 0,883      |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]                  | -          | 17.410     | 25.038     | 37.450     |
| 100% Sommerluftrate<br>nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 11.301     | 34.937     | 84.271     | 114.060    |
| Stalltemperatur (gemessen)<br>[°C]                        | -          | 30         | 28         | 26         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                               | -          | 60         | 60         | 65         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                            | 36         | 31         | 29         | 26         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                                | 44         | 60         | 60         | 62         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                             | 3          | 24         | 21         | 28         |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 8810       | 8825       | 8855       | 8905       |

**Tabelle 22: Randbedingungen DG 1 (Teil 2)**

| Datum   | 12.03.2024 | 21.03.2024 | 27.03.2024 |
|---|------------|------------|------------|
| Tierzahl  | 40034      | 19707      | -          |
| Tiergewicht [kg]  | 1,437      | 2,003      | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]                  | 77.896     | 31.672     | -          |
| 100% Sommerluftrate<br>nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 163.398    | 102.424    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                           | 24         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                               | 75         | 72         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                            | 26         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                                | 71         | 70         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                             | 27         | 29         | -          |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                       | 8946       | 9012       | 9040       |

## 5.4.2 Durchgang 2

**Tabelle 23: Randbedingungen DG 2 (Teil 1)**

| Datum  | 02.04.2024 | 08.04.2024 | 15.04.2024 | 22.04.2024 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl                                     | 41000      | 40763      | 40508      | 40331      |
| Tiergewicht [kg]                             | 0,042      | 0,172      | 0,454      | 1,064      |
| Luftraten (lt. EBTB) [m³/h]                  | 14.766     | 16.050     | 25.466     | 32.742     |
| 100% Sommerluftrate<br>nach DIN 18910 [m³/h] | 10.836     | 30.154     | 67.463     | 132.108    |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]              | 34         | 31         | 28         | 26         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                  | 47         | 61         | 61         | 61         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]               | 33         | 33         | 29         | 28         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                   | 45         | 57         | 59         | 55         |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                | 28         | 26         | 23         | 29         |
| Wasserzählerstand [m³]                       | 29052      | 29065      | 29095      | 29144      |

**Tabelle 24: Randbedingungen DG 2 (Teil 2)**

| Datum  | 18.04.2023 | 24.04.2023 | 03.05.2023 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl                                     | 40833      | 30234      | -          |
| Tiergewicht [kg]                             | 1,61       | 2,12       | -          |
| Luftraten (lt. EBTB) [m³/h]                  | 97.200     | 46.000     | -          |
| 100% Sommerluftrate<br>nach DIN 18910 [m³/h] | 180.866    | 164.096    | -          |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]              | 24         | 23         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                  | 67         | 70         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]               | 25         | 24         | -          |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                   | 69         | 71         | -          |
| Differenzdruck (Anzeige) [Pa]                | 13         | 34         | -          |
| Wasserzählerstand [m³]                       | 436        | 486        | 551        |

### 5.4.3 Durchgang 3

**Tabelle 25: Randbedingungen DG 3 (Teil 1)**

| Datum  | 16.05.2024 | 24.05.2024 | 30.05.2024 | 07.06.2024 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | -          | 40694      | 40418      | 40179      |
| Tiergewicht [kg]                                       | -          | 0,21       | 0,47       | 0,87       |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | -          | 20.500     | 26.900     | 38.700     |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | -          | 35.087     | 69.276     | 112.954    |
| Lüfterleistung (Anzeige) [%]                           | -          | 12         | 14         | 17         |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 33         | 31         | 30         | 27         |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 49         | 56         | 63         | 60         |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 34         | 31         | 29         | 28         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 54         | 60         | 65         | 63         |
| Differenzdruck-Anzeige [Pa]                            | -          | 20         | 33         | 28         |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 9293       | 9309       | 9334       | 9381       |

**Tabelle 26: Randbedingungen DG 3 (Teil 2)**

| Datum  | 13.06.2024 | 19.06.2024 | 26.06.2024 |
|--|------------|------------|------------|
| Tierzahl   | 39804      | 30281      | 27640      |
| Tiergewicht [kg]                                       | 1,34       | 1,80       | 1,99       |
| Luftraten (lt. EBTB) [m <sup>3</sup> /h]               | 64.900     | 78.500     | -          |
| 100% Sommerluftrate nach DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h] | 154.463    | 145.409    | 142.953    |
| Lüfterleistung (Anzeige) [%]                           | 10         | 10         | 91         |
| Stalltemperatur (gemessen) [°C]                        | 25         | 27         | -          |
| Stallfeuchte (gemessen) [%]                            | 57         | 53         | -          |
| Stalltemperatur (Anzeige) [°C]                         | 25         | 25         | 24         |
| Stallfeuchte (Anzeige) [%]                             | 67         | 65         | 74         |
| Differenzdruck-Anzeige [Pa]                            | 29         | 23         | 15         |
| Wasserzählerstand [m <sup>3</sup> ]                    | 9430       | 9474       | 9525       |

## 6. Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

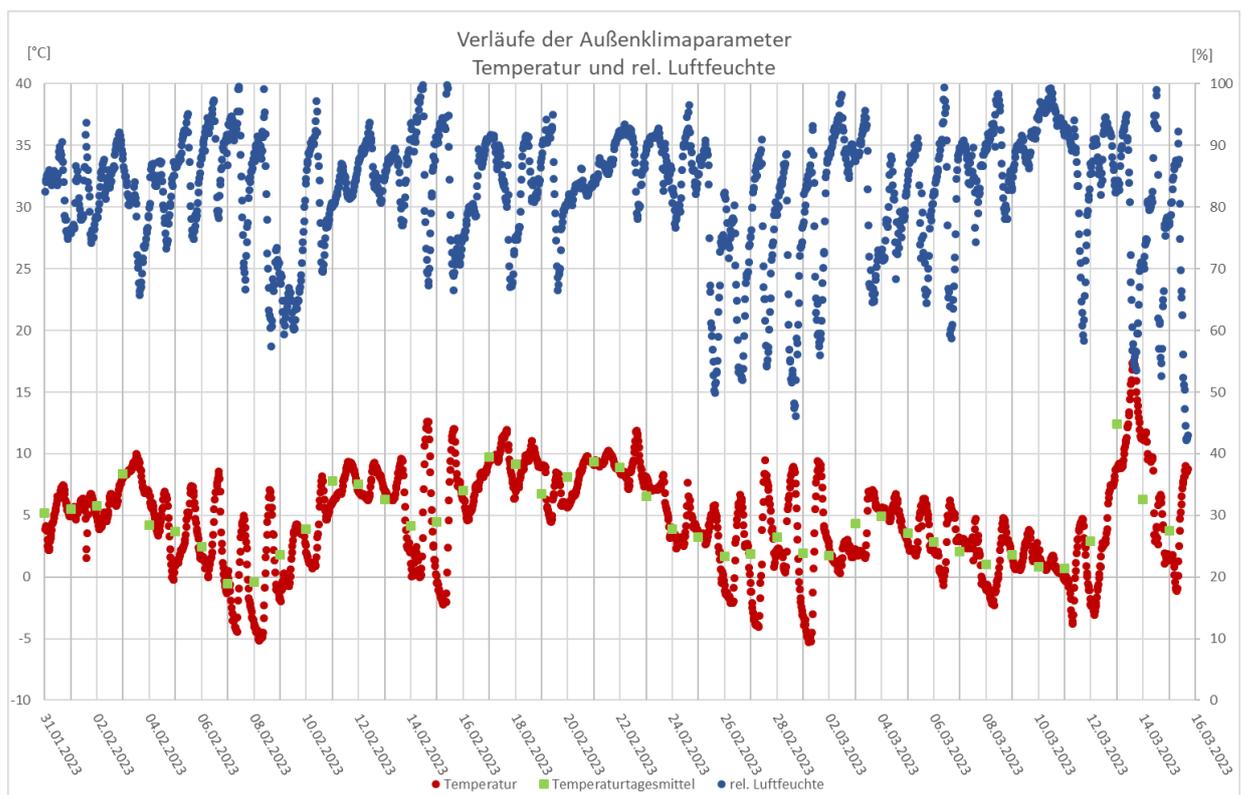
Während der Untersuchungen wurden mittels FTIR kontinuierlich u.a. die Ammoniak (NH<sub>3</sub>)-Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-, Methan (CH<sub>4</sub>)- und Lachgas (N<sub>2</sub>O)- Konzentrationen der Zu- und Abluft gemessen. Zur Validierung der Ergebnisse wurden nasschemische Ammoniakmessungen am Ausgang des FTIR durchgeführt. Während des Untersuchungszeitraums wurden die Außenklimadaten kontinuierlich mit einer Wetterstation erfasst. Außerdem wurden die Stallparameter durch die Stallklimacomputer aufgezeichnet und ausgewertet. Die Stallparameter wurden an den wöchentlichen Messtagen durch die LUFA Nord-West überprüft. Die Volumenströme wurden zudem mit der CO<sub>2</sub>-Methode validiert. Abschließend wurde jeder Mastdurchgang über die Stickstoff- und Phosphorwiederfindungsraten in Futter, Tier, Einstreu, Mist und Gas bilanziert.

Die folgenden Abbildungen und Tabellen zeigen die Ergebnisse der Untersuchungen.

### 6.1 Betrieb 1

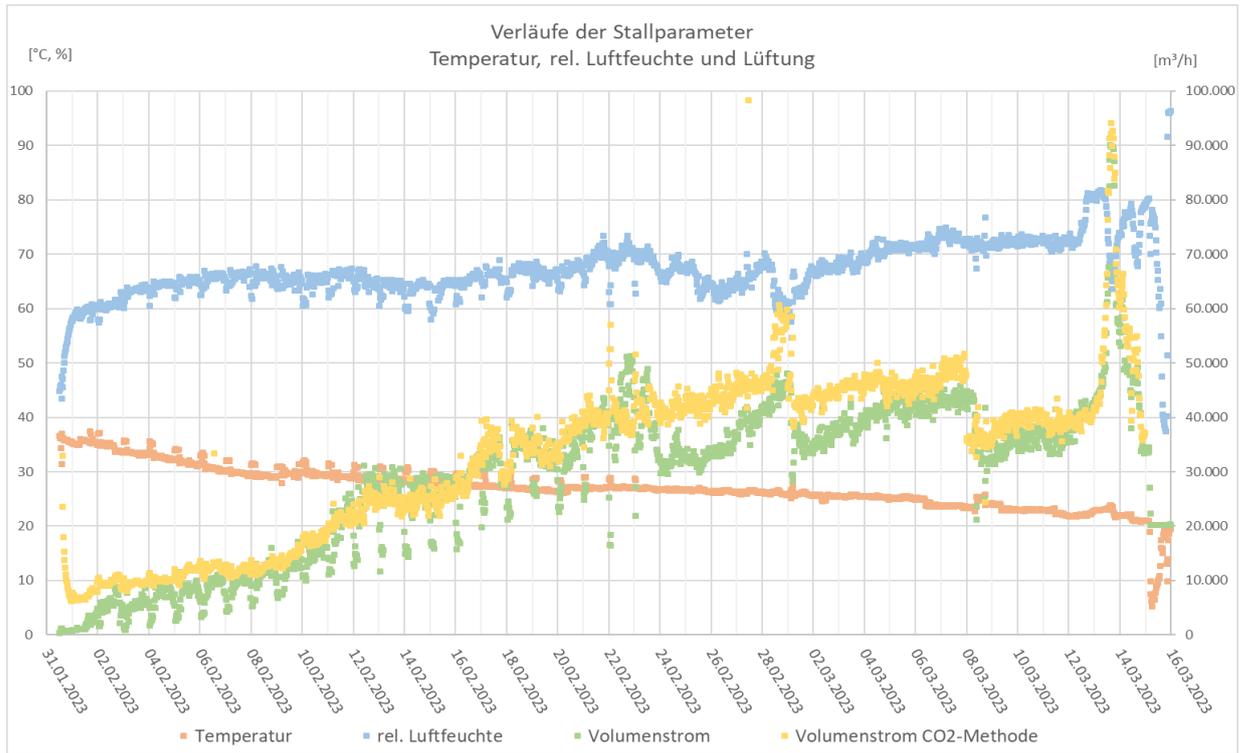
#### 6.1.1 Durchgang 1 - Winter (31.01. bis 15.03.2023)

##### 6.1.1.1 Außenklimaparameter



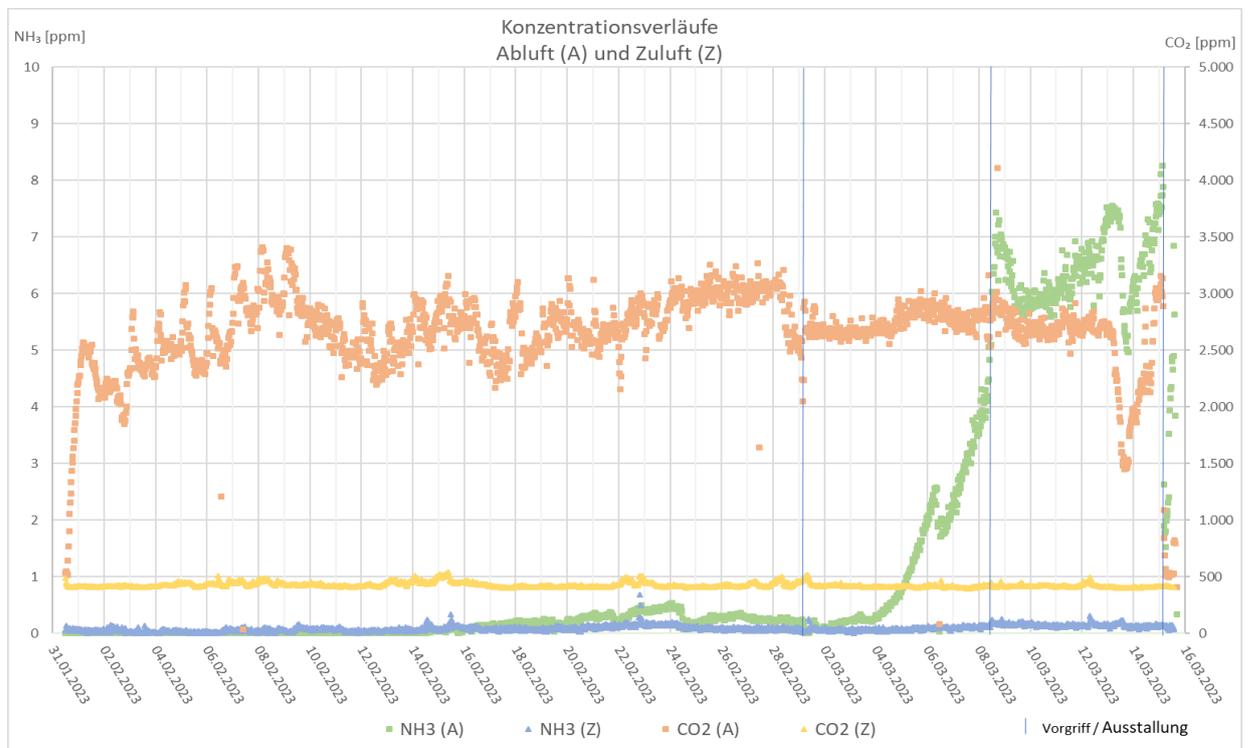
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes vor allem Winterbedingungen (< 8 °C) vorlagen.

##### 6.1.1.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.1.1.3 Gasmessungen



Um die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung einzuhalten, wurde in Absprache mit allen Beteiligten die Lüftungssteuerung mit dem Parameter CO<sub>2</sub> am 09.02.23 ergänzt.

Die Ammoniakkonzentrationen zeigen bis zum 04.03.23 ein deutlich reduziertes Emissionsniveau. Eine mögliche Ursache für den Anstieg ist die Beendigung des regelmäßigen Nachstreuens am 03.03.23 mit Impro-Bed Pellets. Die Zuluftkonzentrationen

sind während der gesamten Zeit unauffällig.

Die Stickstoffemissionen wurden bei der Ausstellung ebenfalls durch kontinuierliche Messungen über die vollständige Entmistungsphase am 15.03.23 erfasst.

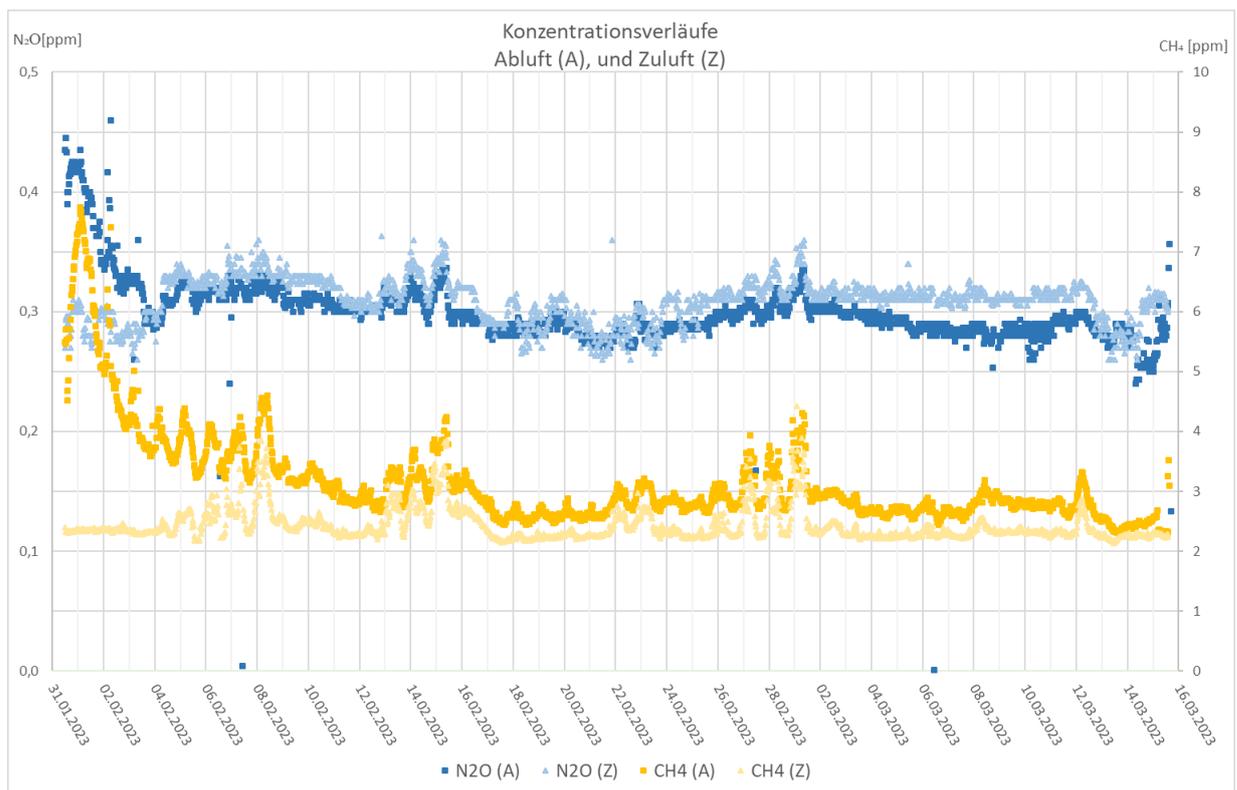
**Diskontinuierliche Ammoniakmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 27: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 06.02.2023  | 06.03.2023  |
|--|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start  | 12:32       | 11:58       |
| Uhrzeit Ende   | 13:02       | 12:28       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0860      | 0,0841      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,00        | 1,42        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,08</b> | <b>0,82</b> |

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten decken sich die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit den kontinuierlichen Messungen.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.1.1.4 Bilanzierungen

Über den gesamten Mastdurchgang wurden je Stall Bilanzierungen der Parameter Stickstoff (N) und Phosphor (P) durchgeführt, bei denen sämtliche Ein- und Austräge ermittelt wurden.

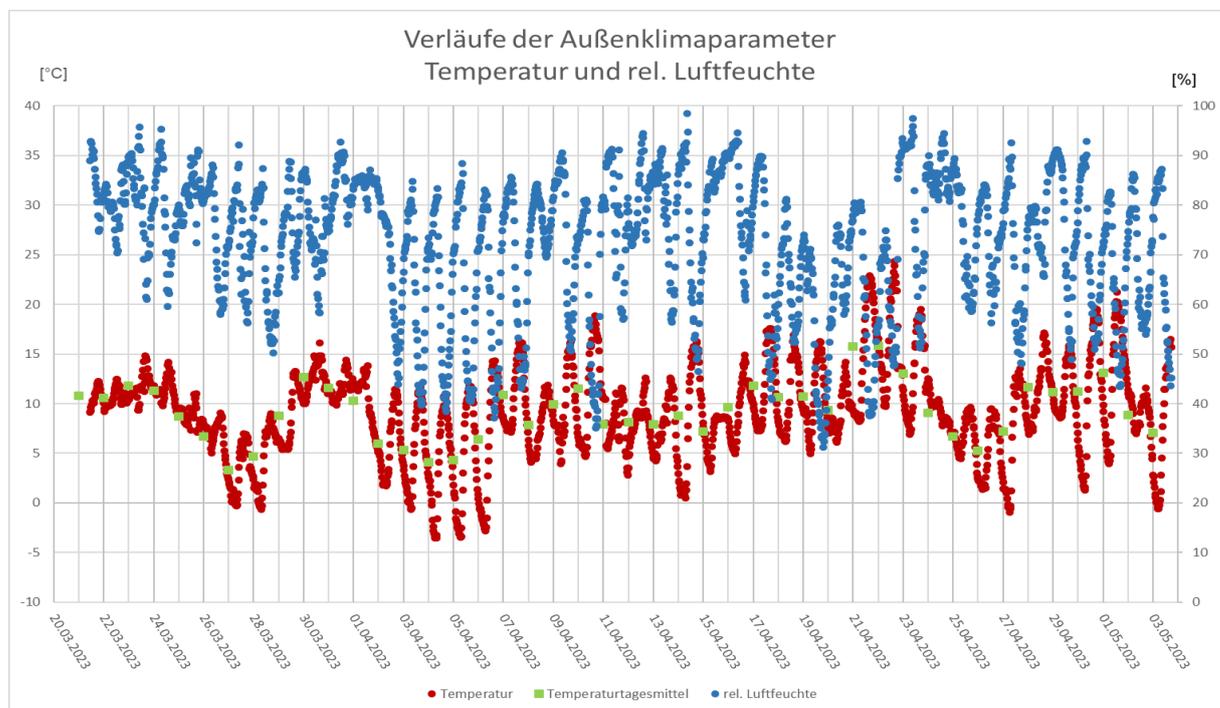
Tabelle 28: Nährstoffbilanz Durchgang 1

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 10,4          | 1,3           |
|                          | Futter        | 4228,8        | 630,7         |
|                          | Gas           | 1,8           | 0,0           |
|                          | Tier          | 50,2          | 6,7           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4291,1</b> | <b>638,6</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1386,5        | 185,9         |
|                          | Gas           | 32,7          | 0,0           |
|                          | Tier          | 2884,0        | 384,5         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4303,1</b> | <b>570,4</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>100,3</b>  | <b>89,3</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 100,3 % für Stickstoff bzw. 89,3 % für Phosphor sehr gute Wiederfindungen.

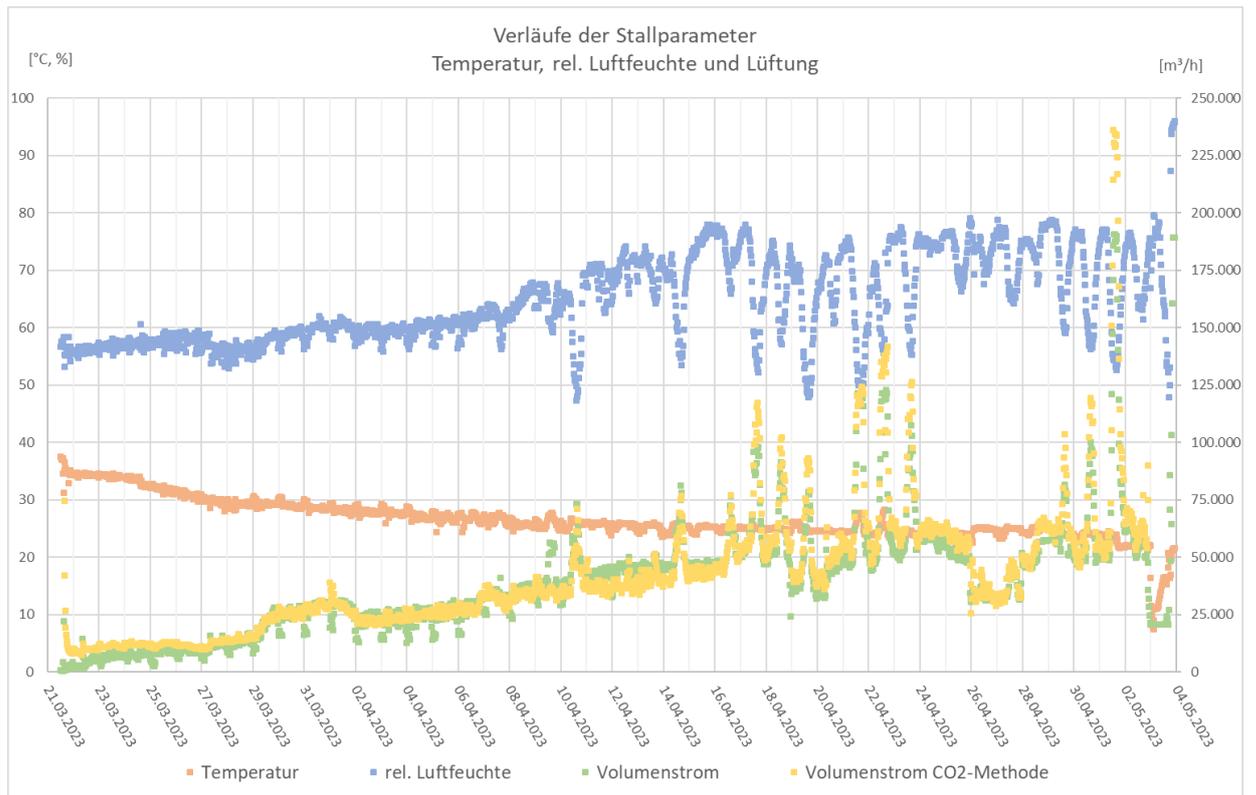
### 6.1.2 Durchgang 2 - Übergang (20.03. bis 03.05.2023)

#### 6.1.2.1 Außenklimaparameter



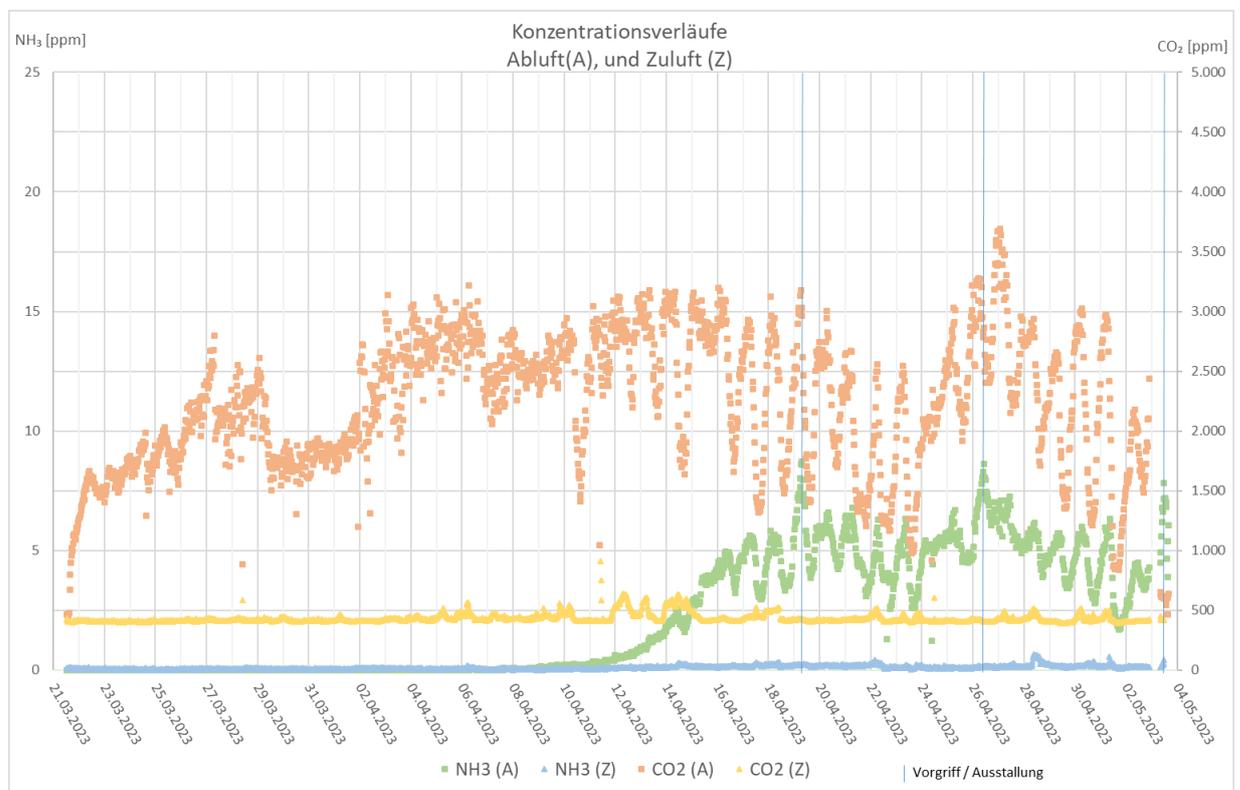
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes fast ausschließlich Übergangsbedingungen (8 – 16 °C) vorlagen.

### 6.1.2.2 Stallparameter



Alle dargestellten Verläufe sind unauffällig und plausibel

### 6.1.2.3 Gasmessungen



**Diskontinuierliche Ammoniakmessungen:**

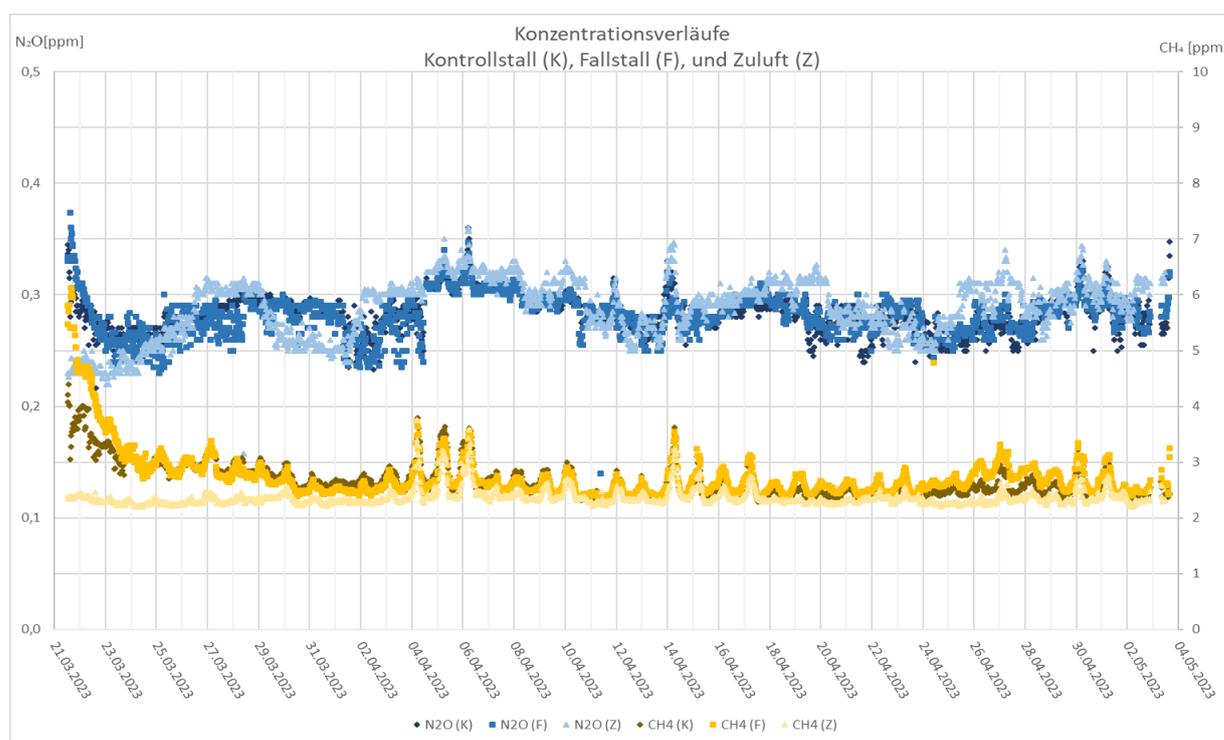
Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 29: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 04.04.2023  | 24.04.2023   |
|--|-------------|--------------|
| Uhrzeit Start  | 12:23       | 10:40        |
| Uhrzeit Ende   | 12:53       | 11:10        |
| Messdauer [min]  | 30          | 30           |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0875      | 0,0836       |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,00        | 3,41         |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,00</b> | <b>n.B.*</b> |

\*Fehlerhafte Probenahme: Die Validierung der Messungen konnte durch eine weitere Vergleichsmessung am Zwillingstall mit der gleichen Messtechnik sichergestellt werden (FTIR: 7,11 mg/m<sup>3</sup>; Referenzverfahren: 6,79 mg/m<sup>3</sup>).

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten decken sich die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit den kontinuierlichen Messungen.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.1.2.4 Bilanzierungen

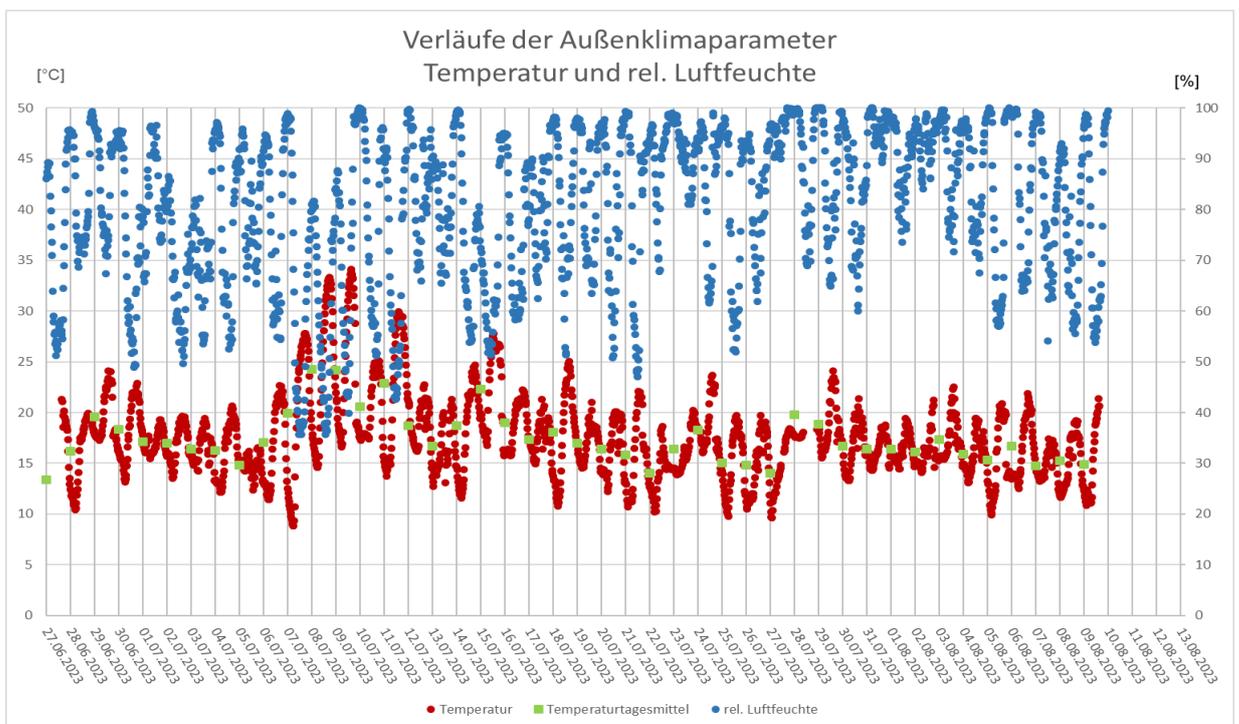
Tabelle 30: Nährstoffbilanz Durchgang 2

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 8             | 2             |
|                          | Futter        | 4406          | 655           |
|                          | Gas           | 3             | 0             |
|                          | Tier          | 50            | 7             |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4468</b>   | <b>663</b>    |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1862          | 222           |
|                          | Gas           | 73            | 0             |
|                          | Tier          | 3055          | 407           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4990</b>   | <b>630</b>    |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>111,7</b>  | <b>95,0</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 111,7 % für Stickstoff bzw. 95,0 % für Phosphor unter Berücksichtigung der erhöhten Messunsicherheit durch die Beprobung der Mistauflage sehr gute Wiederfindungen.

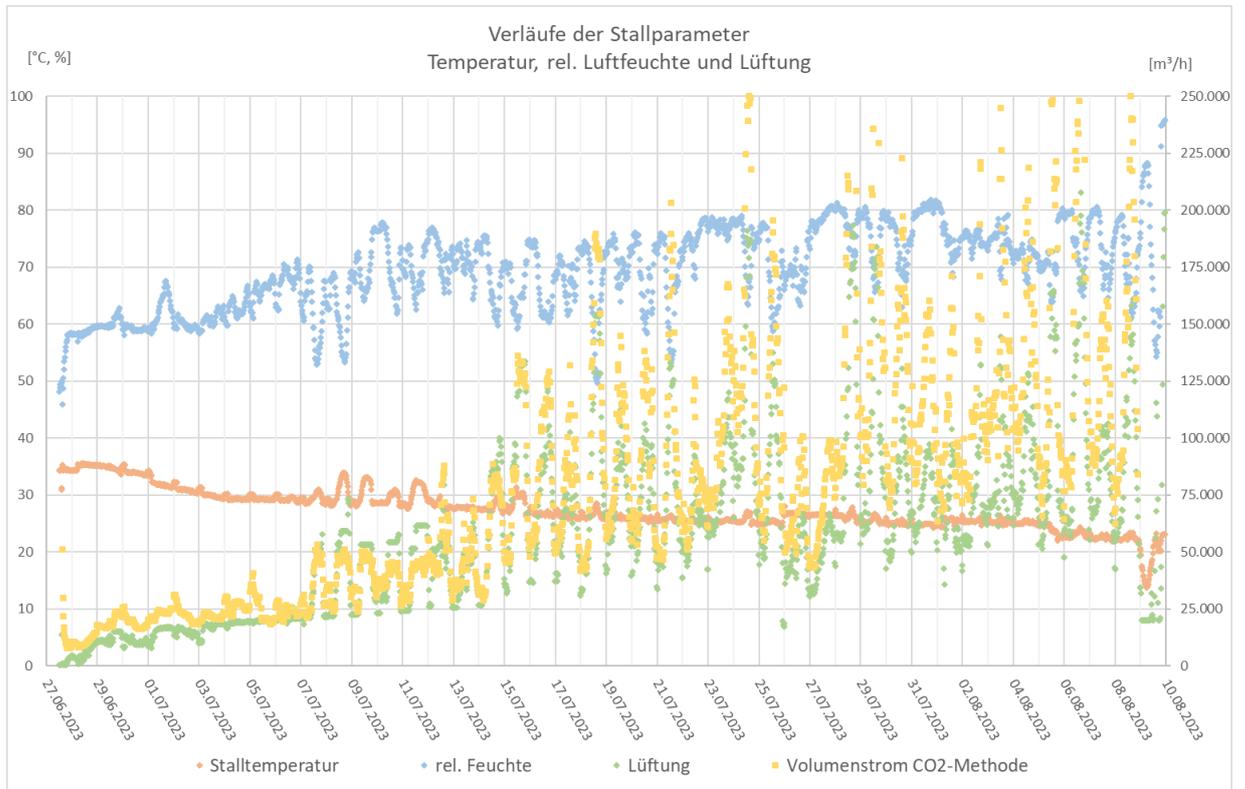
### 6.1.3 Durchgang 3 - Sommer (27.06. bis 09.08.2023)

#### 6.1.3.1 Außenklimaparameter



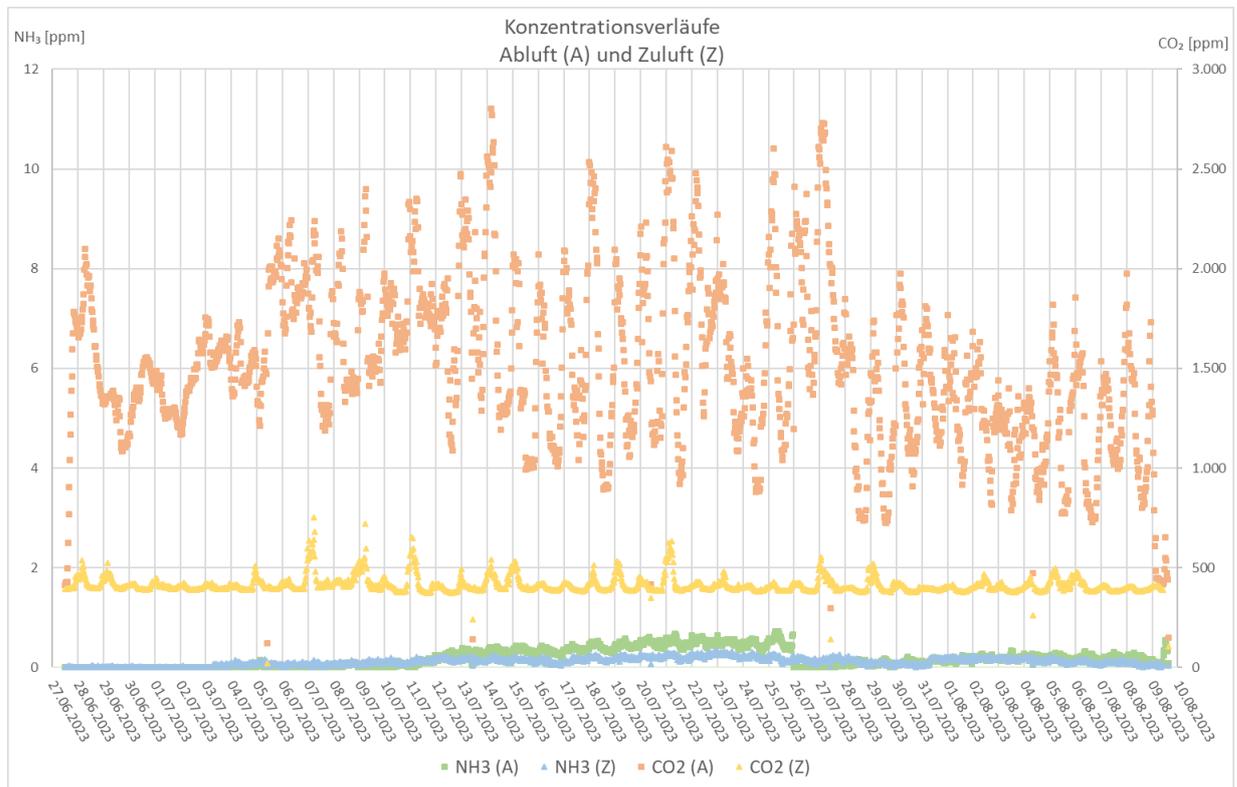
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes fast ausschließlich Sommerbedingungen (> 16 °C) vorlagen.

### 6.1.3.2 Stallparameter



Die Verläufe der Stallparameter blieben über den gesamten Mastverlauf unauffällig.

### 6.1.3.3 Gasmessungen



Die Ammoniakkonzentration der Abluft des Stalles weisen über die gesamte Mast ein sehr niedriges Konzentrationsniveau auf. Der Versatz am 06.07.23 ist durch den Vorgriff zu

erklären. Ein Messfehler konnte ausgeschlossen werden. Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

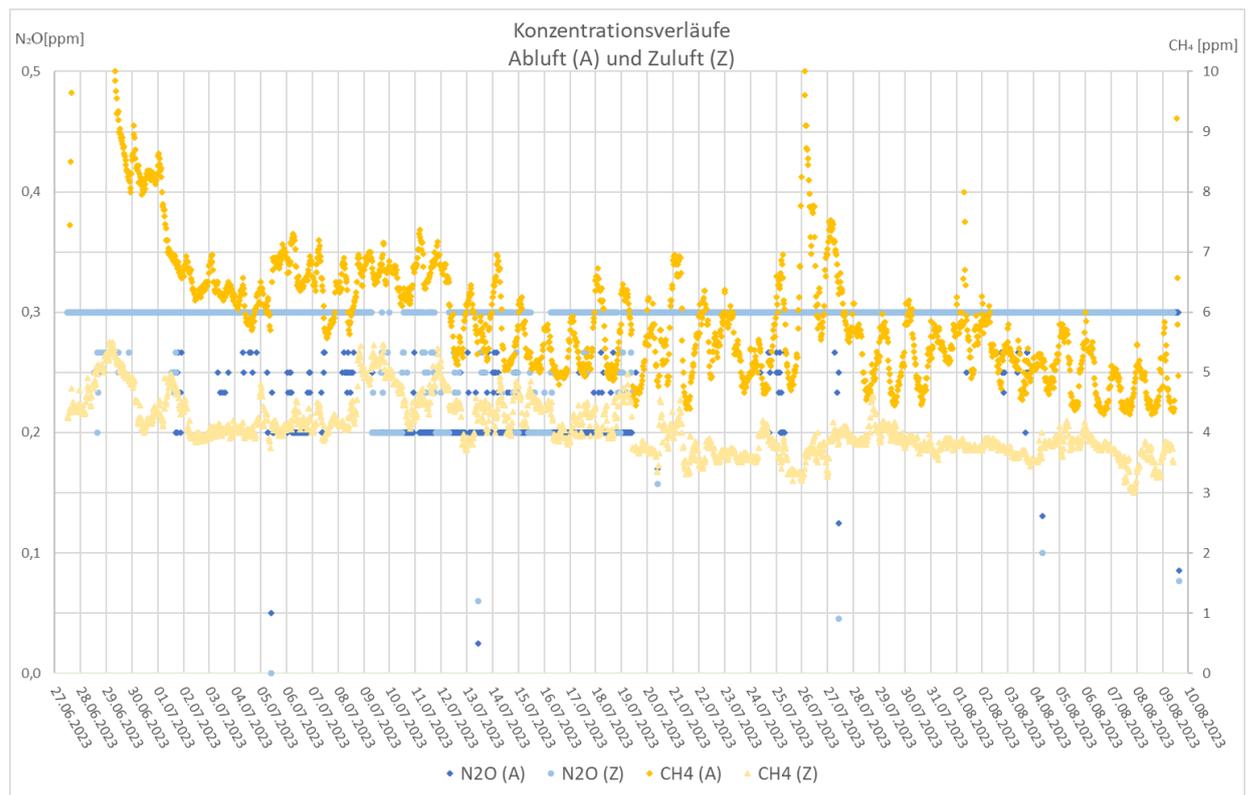
**Diskontinuierliche Ammoniakmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 31: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum   | 13.07.2023  | 04.08.2023  |
|---|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start   | 11:11       | 8:41        |
| Uhrzeit Ende  | 11:41       | 9:11        |
| Messdauer [min]                                       | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm³]                                     | 0,0755      | 0,0747      |
| FTIR-Konzentration [mg/m³]                            | 0,17        | 0,15        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm³]</b> | <b>0,40</b> | <b>0,16</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



### 6.1.3.4 Bilanzierungen

Tabelle 32: Nährstoffbilanz Durchgang 3

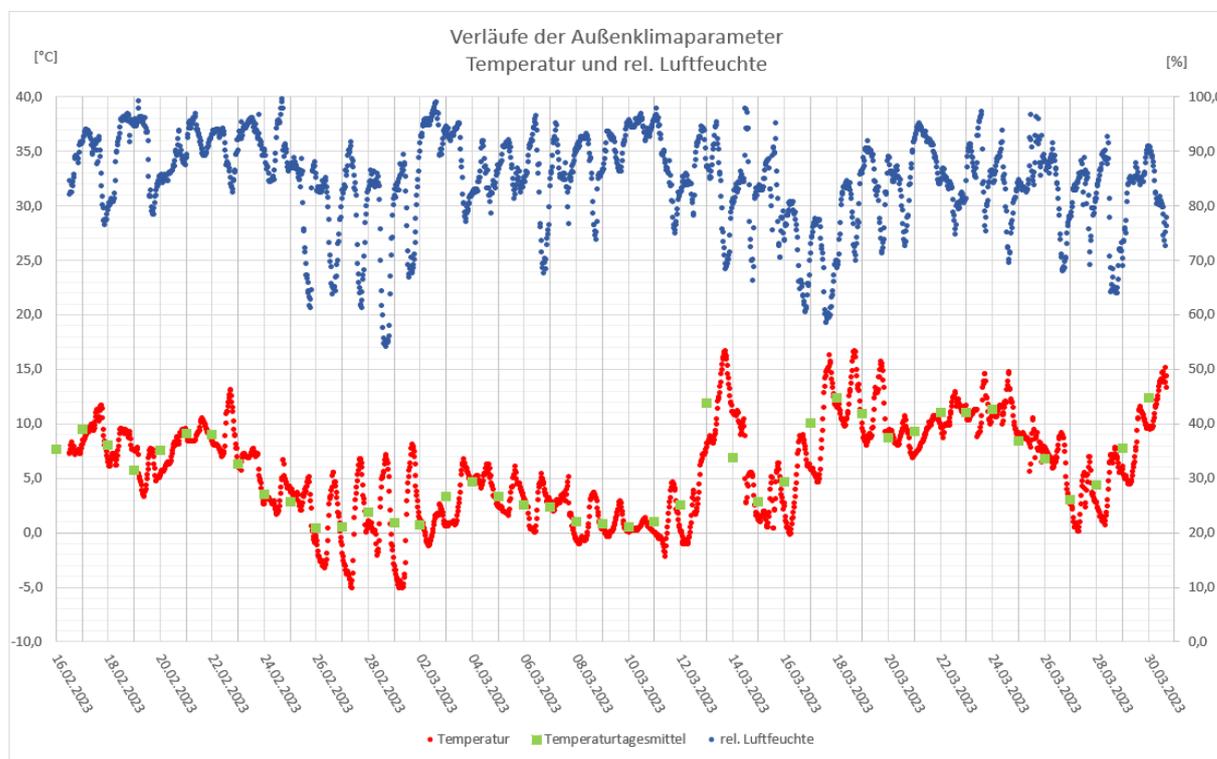
| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 7             | 2             |
|                          | Futter        | 4206          | 598           |
|                          | Gas           | 5             | 0             |
|                          | Tier          | 50            | 7             |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4267</b>   | <b>607</b>    |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1843          | 195           |
|                          | Gas           | 8             | 0             |
|                          | Tier          | 2945          | 393           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4796</b>   | <b>588</b>    |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>112,4</b>  | <b>96,8</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 112,4 % für Stickstoff bzw. 96,8 % für Phosphor gute Wiederfindungen.

## 6.2 Betrieb 2

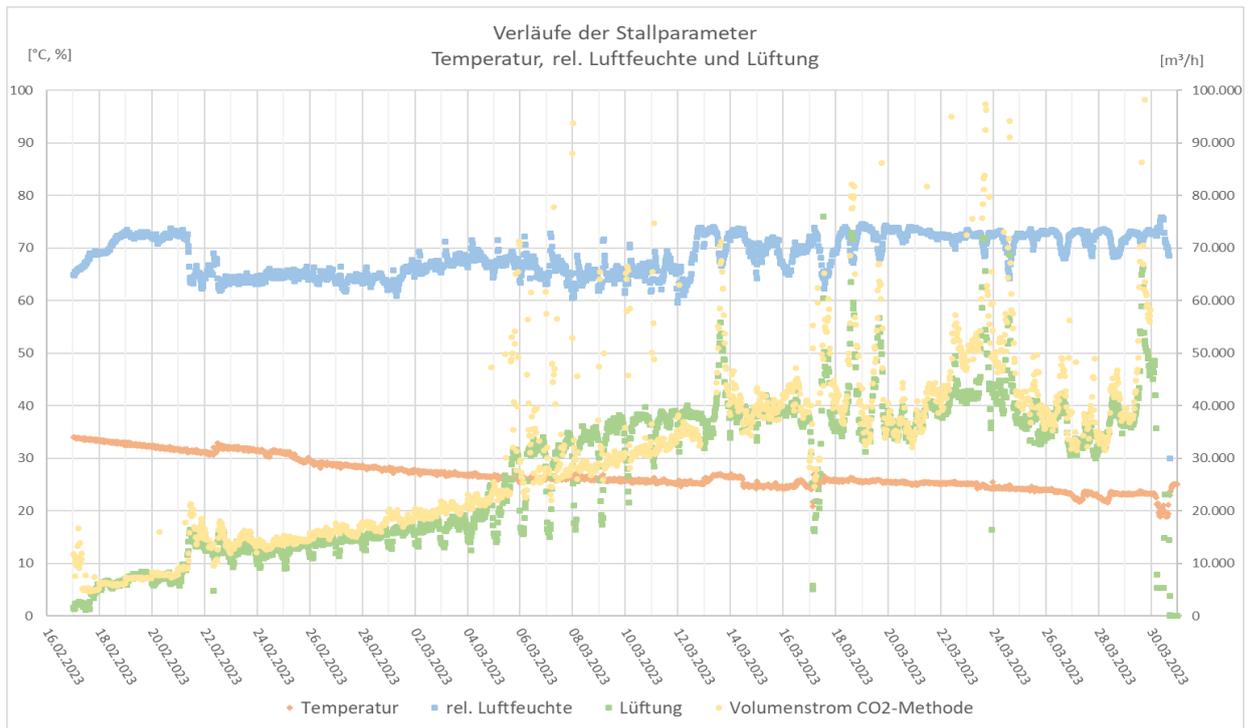
### 6.2.1 Durchgang 1 - Winter (16.02. bis 30.03.2023)

#### 6.2.1.1 Außenklimaparameter



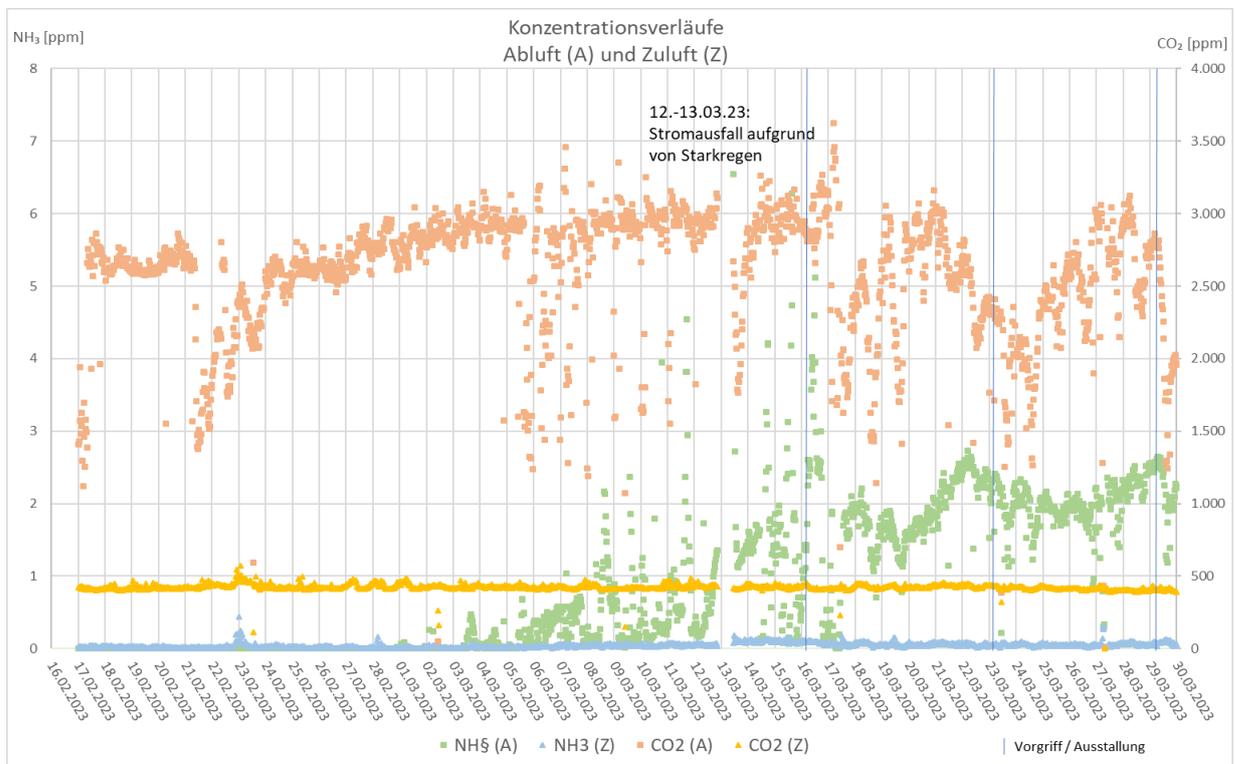
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes vor allem Winterbedingungen (< 8°C) vorlagen.

### 6.2.1.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.2.1.3 Gasmessungen



Um die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung einzuhalten, wurde in Absprache mit allen Beteiligten die Lüftungssteuerung mit dem Parameter Kohlenstoffdioxid bereits zu Beginn der Mast ergänzt.

Die vielen kleineren Konzentrationseinbrüche resultieren aus der geringen Drehzahl des stufenlosen Ventilators und des damit verbundenen Falschlufteintrags in den Kamin, an dem

die Gasmessungen erfolgen. Um diesen Fehler zu minimieren und eine längere Auslaufstrecke zu erhalten wurden die Absaugpunkte am 17.03.23 unmittelbar hinter den Lüftern installiert, da für eine fest eingestellte Minimumlüftung des stufenlosen Ventilators laut Hersteller nicht realisierbar ist.

Am 12.03.23 kam es aufgrund starker Regenschauer zu einem Stromausfall, der am Folgetag behoben werden konnte.

Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

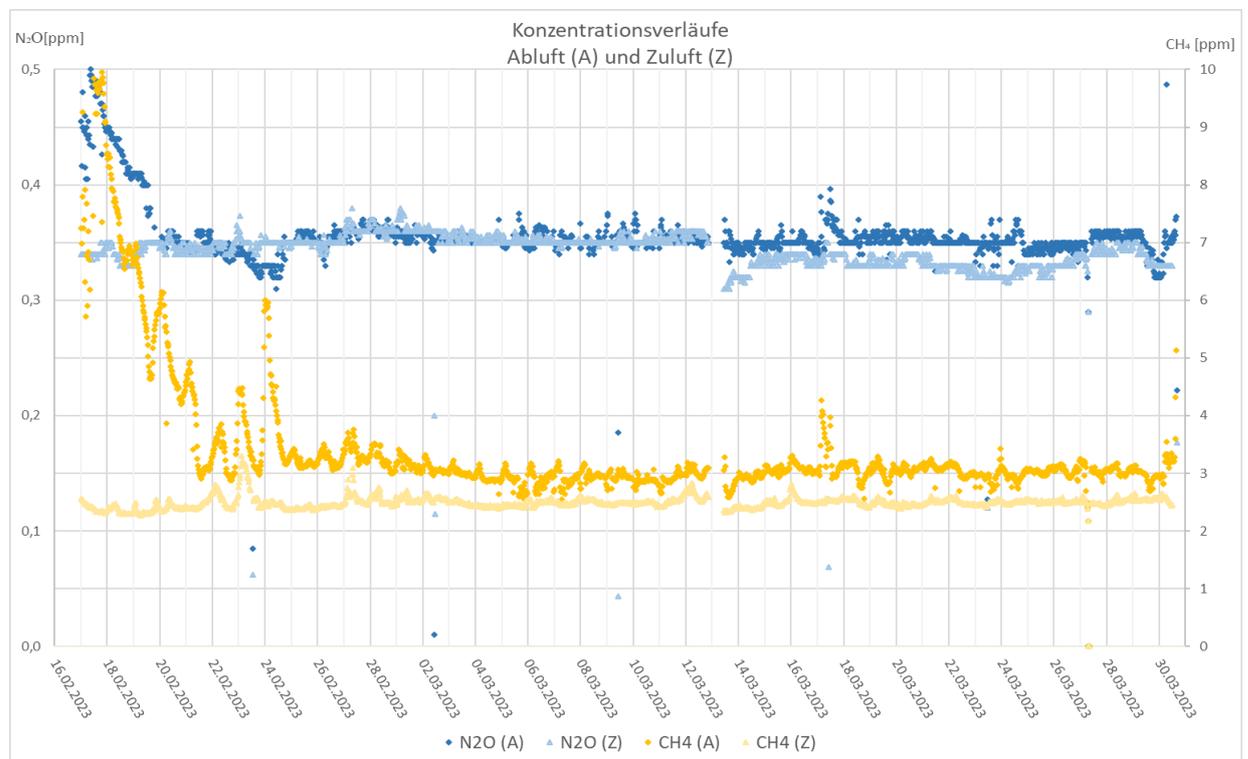
**Diskontinuierliche Ammoniakmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 33: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 23.02.2023  | 23.03.2023  |
|--|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start  | 11:54       | 11:54       |
| Uhrzeit Ende   | 12:24       | 12:24       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0840      | 0,0840      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,00        | 1,54        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,06</b> | <b>0,48</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.2.1.4 Bilanzierungen

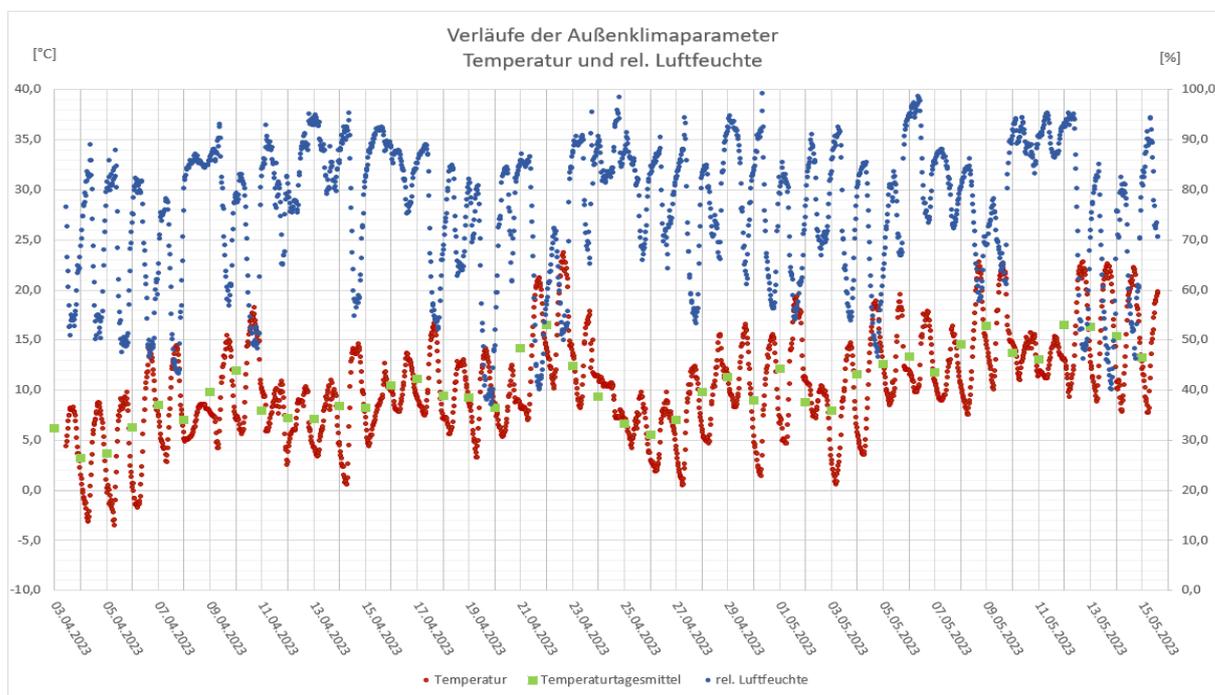
Tabelle 34: Nährstoffbilanz Durchgang 1

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 10,2          | 2,2           |
|                          | Futter        | 3741,2        | 573,6         |
|                          | Gas           | 0,9           | 0,0           |
|                          | Tier          | 43,8          | 5,8           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>3796,1</b> | <b>581,7</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1394,6        | 228,8         |
|                          | Gas           | 20,3          | 0,0           |
|                          | Tier          | 2559,9        | 341,3         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>3974,8</b> | <b>570,1</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>104,7</b>  | <b>98,0</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 104,7 % für Stickstoff bzw. 98,0 % für Phosphor sehr gute Wiederfindungen.

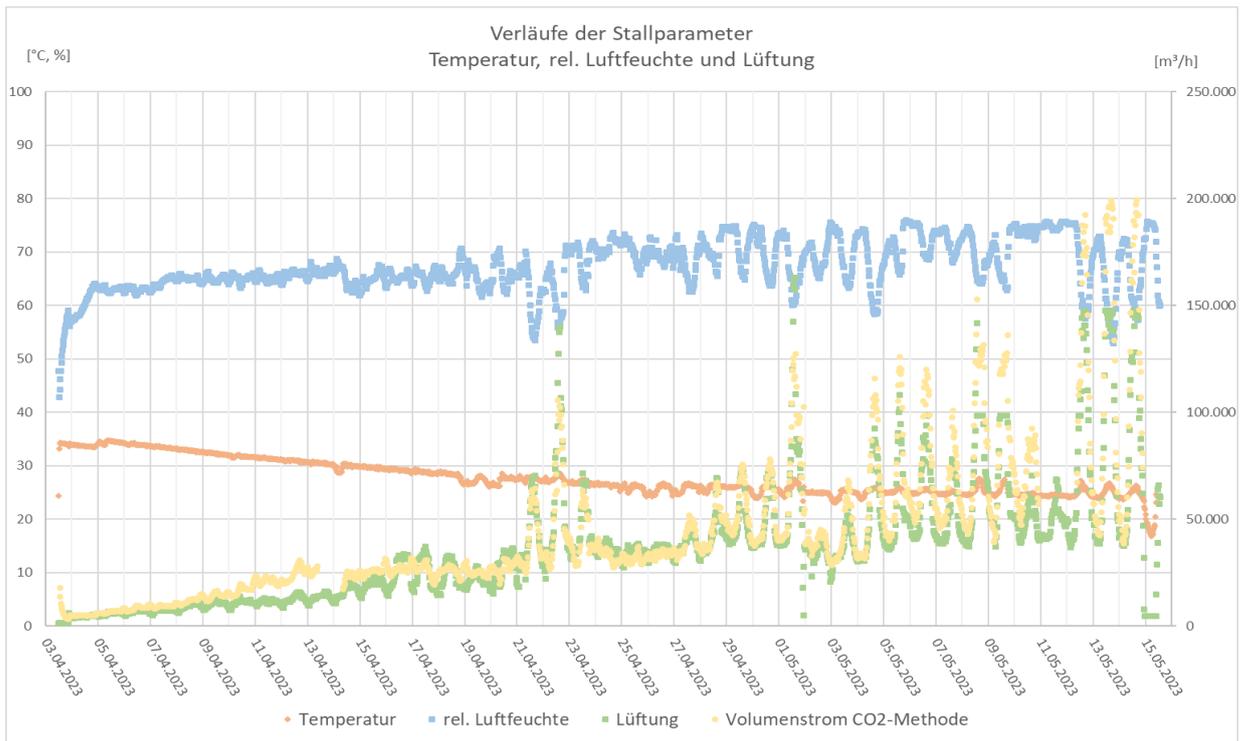
### 6.2.2 Durchgang 2 - Übergang (03.04. bis 15.05.2023)

#### 6.2.2.1 Außenklimaparameter



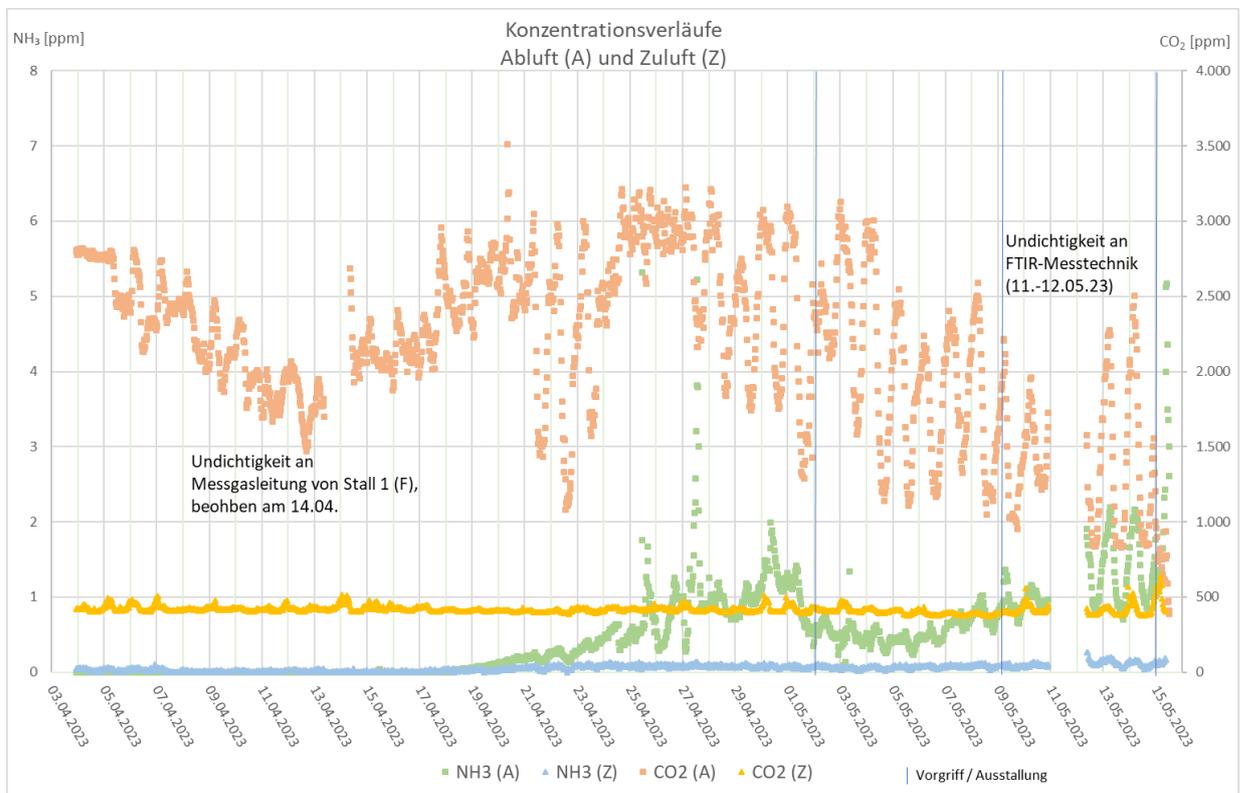
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes fast ausschließlich Übergangsbedingungen (8 - 16 °C) vorlagen.

### 6.2.2.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.2.2.3 Gasmessungen



Der Grund für die geringen Kohlenstoffdioxidkonzentrationen der Abluft zwischen den den 09.04.23 und 14.04.23 war eine Undichtigkeit an der Messgasleitung. Dieser Messfehler hat jedoch keinen Einfluss auf die Ammoniakkonzentration, da diese während der gesamten Anfangsmastphase bei 0 ppm lag. Aufgrund einer Undichtigkeit an der beheizten Zone der

FTIR-Messtechnik, wurde die Messtechnik am 12.05. ausgetauscht.  
Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

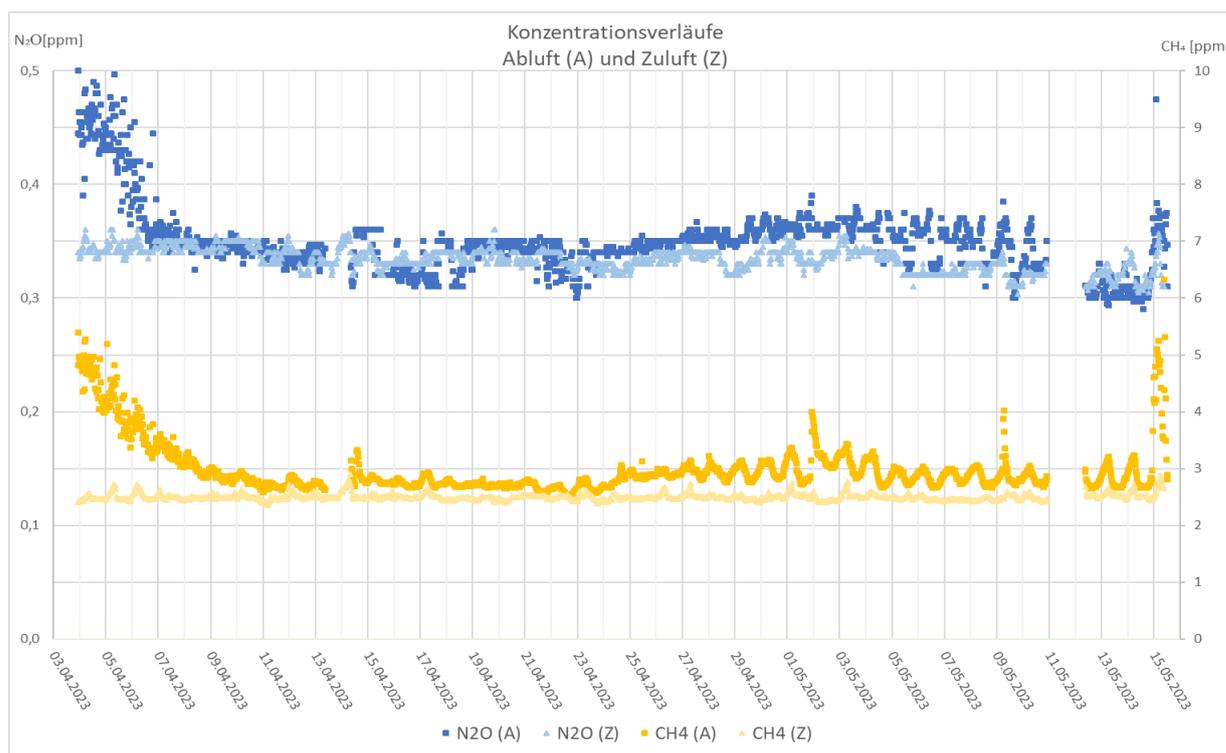
**Diskontinuierliche Ammoniakmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 35: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 20.04.2023  | 12.05.2023  |
|--|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start  | 11:05       | 9:38        |
| Uhrzeit Ende   | 11:35       | 10:08       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0835      | 0,0843      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,08        | 1,33        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,14</b> | <b>1,93</b> |

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten decken sich die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit den kontinuierlichen Messungen.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben bei beiden Ställen bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.2.2.4 Bilanzierungen

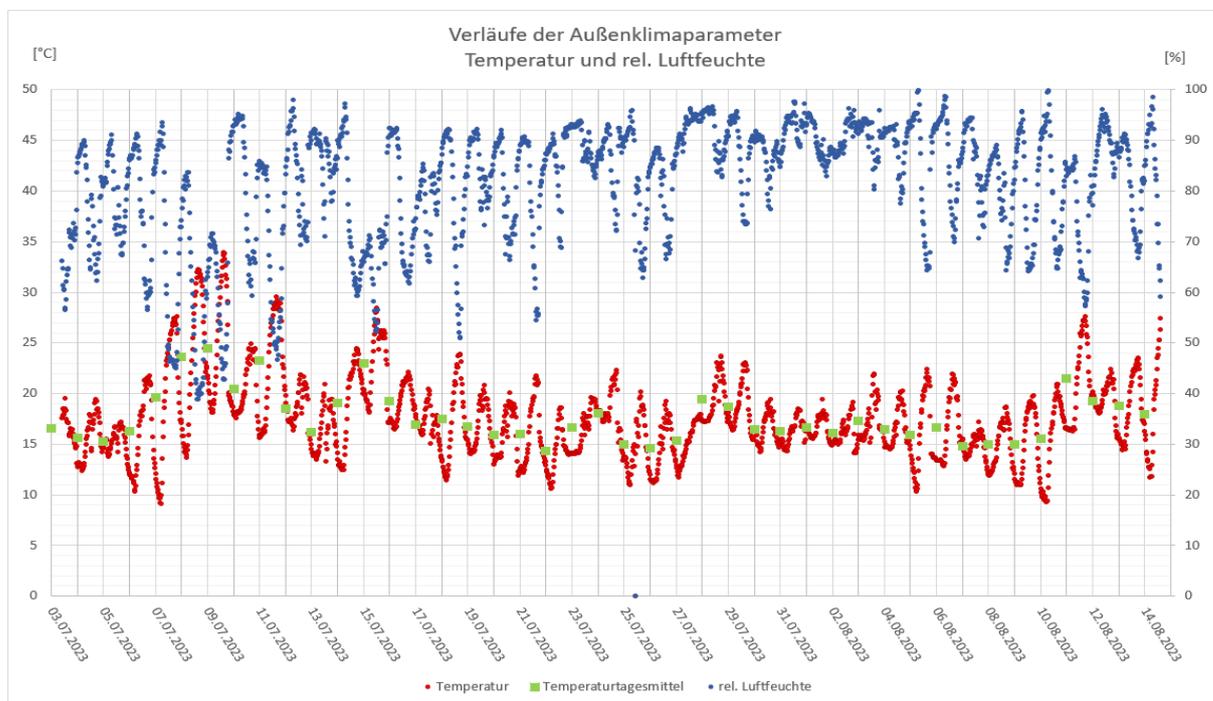
Tabelle 36: Nährstoffbilanz Durchgang 2

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 9             | 2             |
|                          | Futter        | 3873          | 592           |
|                          | Gas           | 2             | 0             |
|                          | Tier          | 44            | 6             |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>3927</b>   | <b>600</b>    |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1482          | 225           |
|                          | Gas           | 14            | 0             |
|                          | Tier          | 2579          | 344           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4075</b>   | <b>569</b>    |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>103,8</b>  | <b>94,8</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 103,8 % für Stickstoff bzw. 94,8 % für Phosphor sehr gute Wiederfindungen.

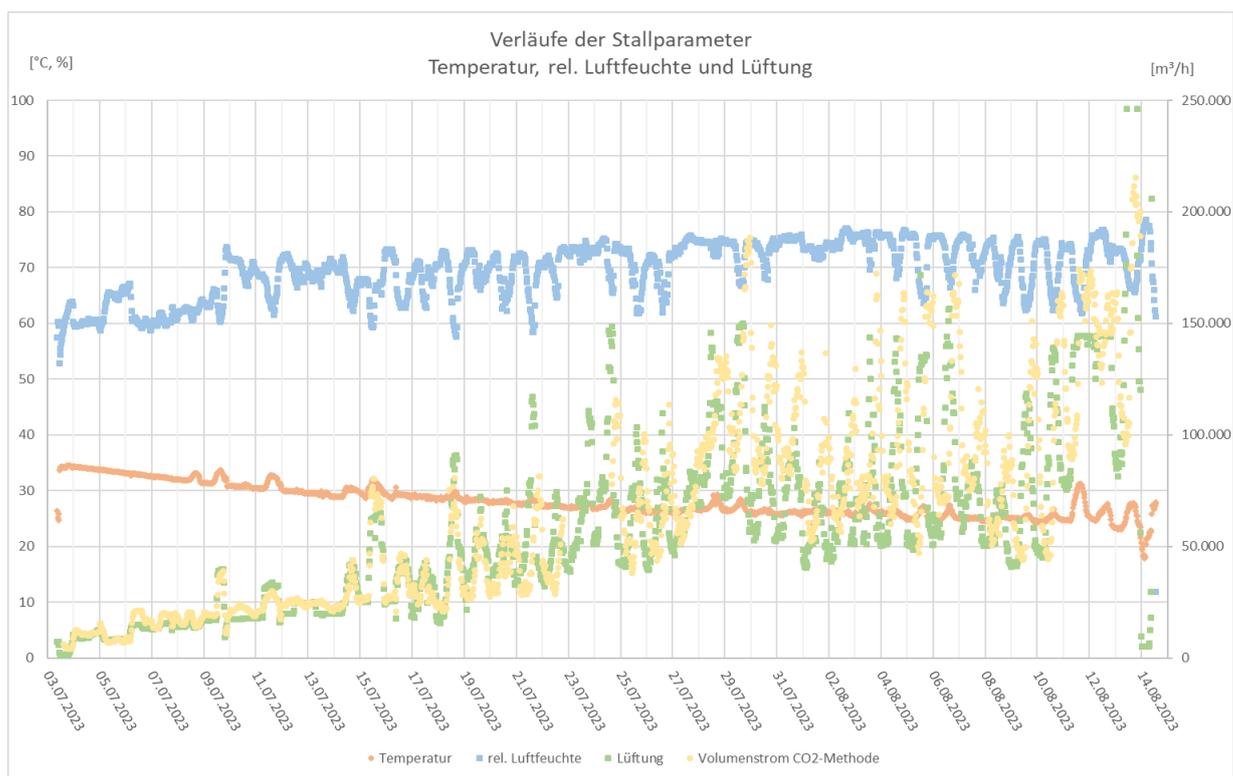
### 6.2.3 Durchgang 3 - Sommer (03.07. bis 14.08.2023)

#### 6.2.3.1 Außenklimaparameter



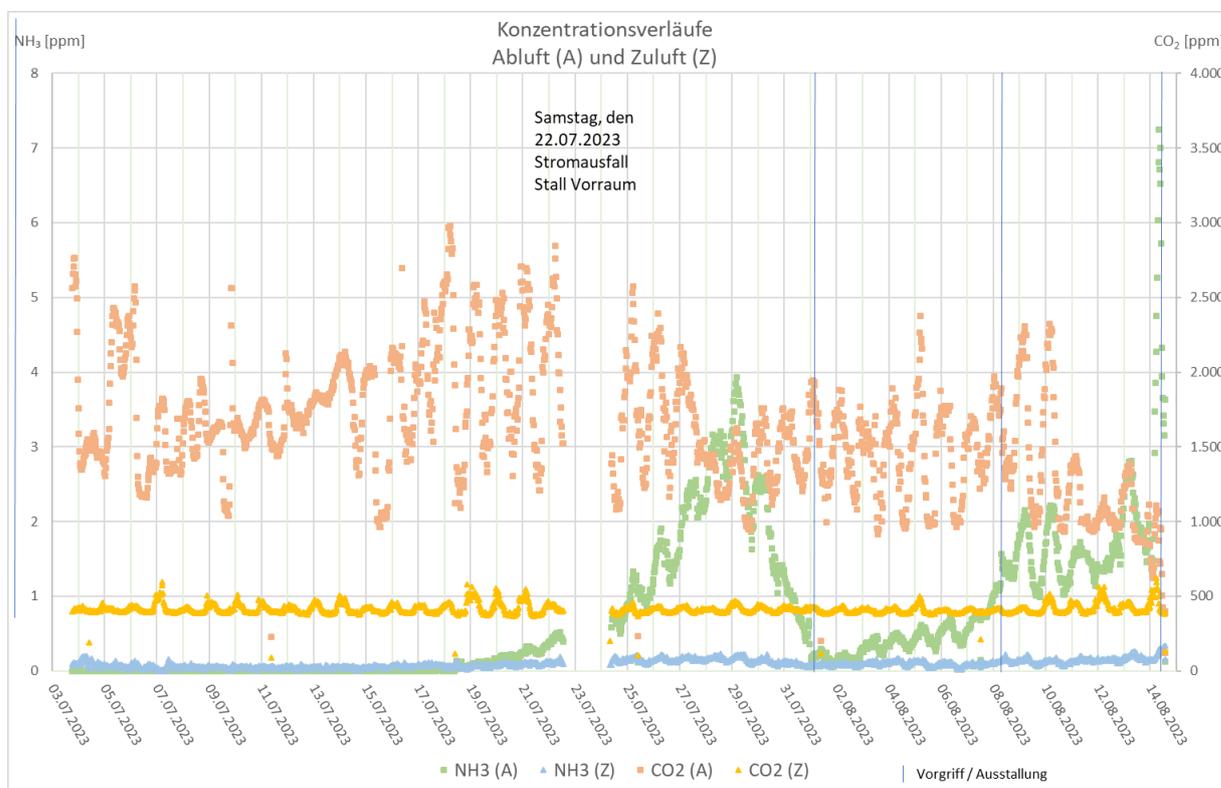
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes fast ausschließlich Sommerbedingungen (> 16 °C) vorlagen.

### 6.2.3.2 Stallparameter



Die Verläufe der Stallparameter blieben über den gesamten Mastverlauf unauffällig.

### 6.2.3.3 Gasmessungen



Am 22.07.23 kam es aufgrund eines Stromausfalls am Stall zu einem Messausfall. Die Messungen konnten am 25.07.23 wieder gestartet werden.

Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

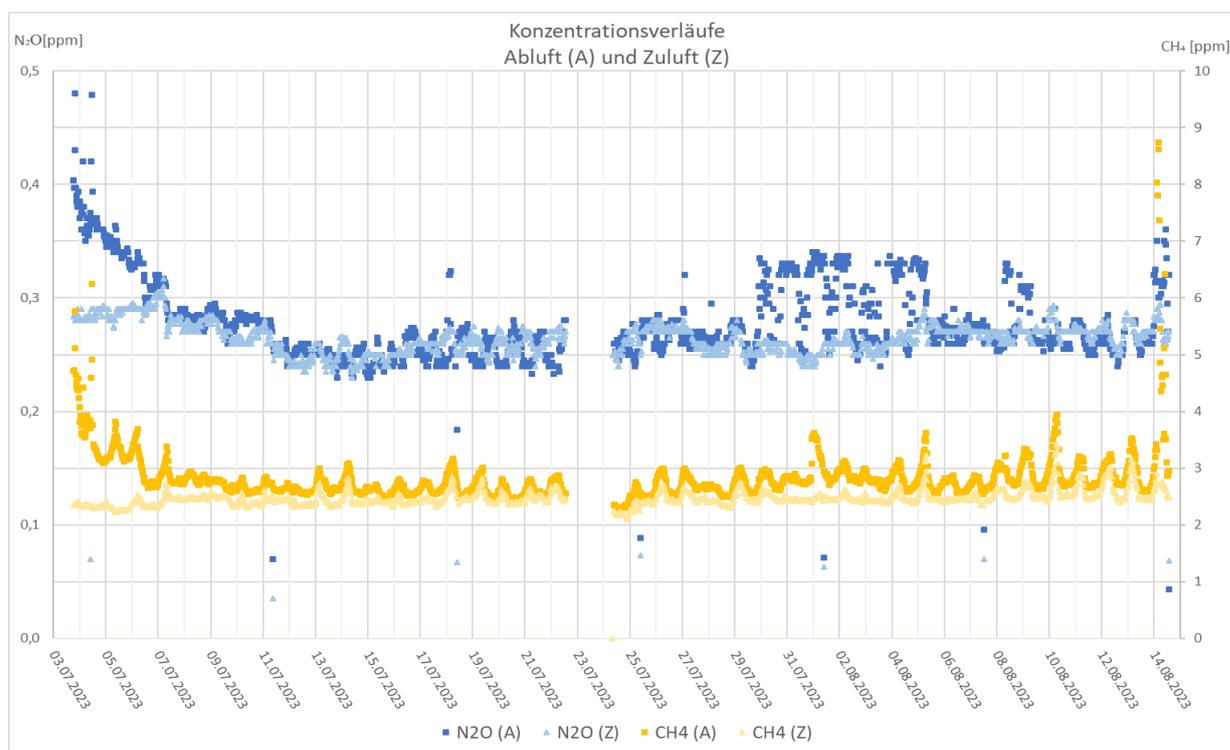
### Diskontinuierliche Ammoniakmessungen:

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 37: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 18.07.2023  | 07.08.2023  |
|--|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start  | 10:50       | 13:00       |
| Uhrzeit Ende   | 11:20       | 13:30       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0720      | 0,0713      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,01        | 0,48        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,20</b> | <b>0,53</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf ähnlichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.2.3.4 Bilanzierungen

Tabelle 38: Nährstoffbilanz Durchgang 3

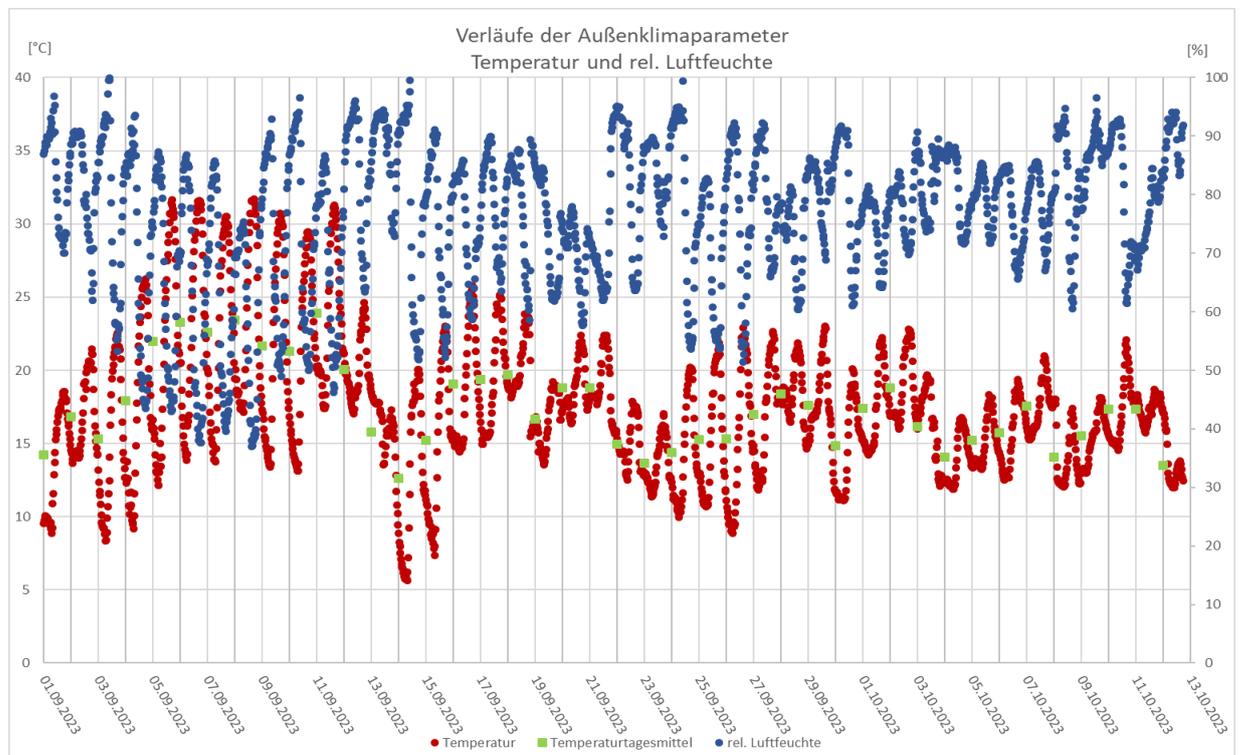
| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 10            | 3             |
|                          | Futter        | 3817          | 586           |
|                          | Gas           | 5             | 0             |
|                          | Tier          | 44            | 6             |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>3875</b>   | <b>595</b>    |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1189          | 233           |
|                          | Gas           | 39            | 0             |
|                          | Tier          | 2523          | 336           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>3752</b>   | <b>570</b>    |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>96,8</b>   | <b>95,7</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 96,8 % für Stickstoff bzw. 95,7 % für Phosphor sehr gute Wiederfindungen.

## 6.3 Betrieb 3

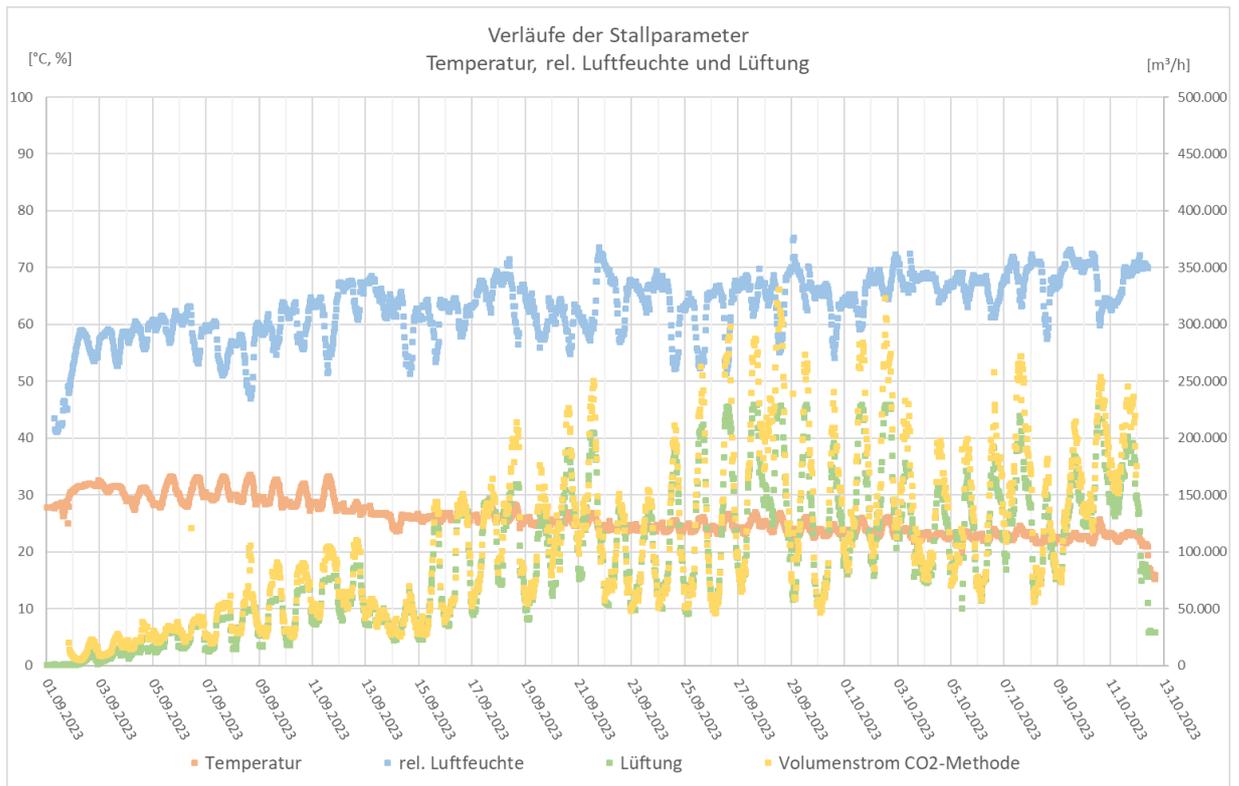
### 6.3.1 Durchgang 1 - Sommer (01.09. bis 12.10.2023)

#### 6.3.1.1 Außenklimaparameter



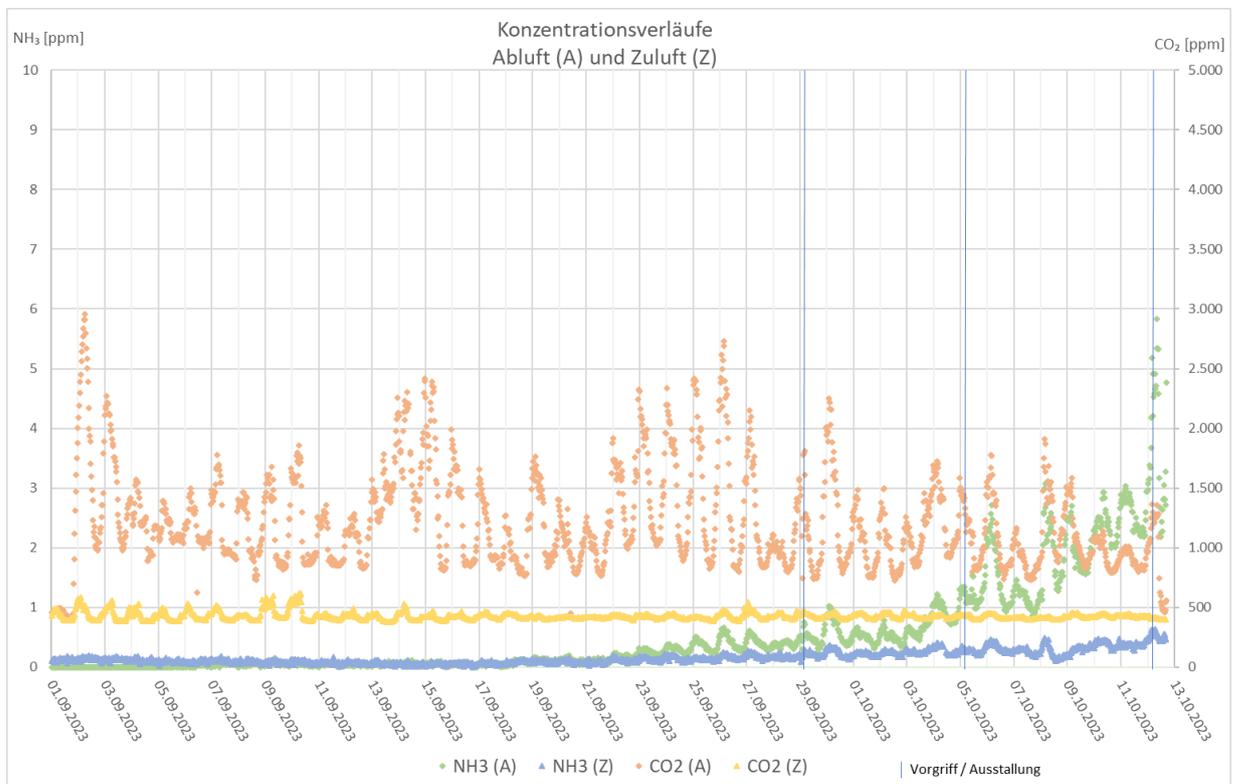
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes vor allem Sommerbedingungen (> 16 °C) vorlagen.

### 6.3.1.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.3.1.3 Gasmessungen



Die Ammoniakkonzentrationen liegen während des gesamten Mastdurchgangs auf einem niedrigen Niveau. Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

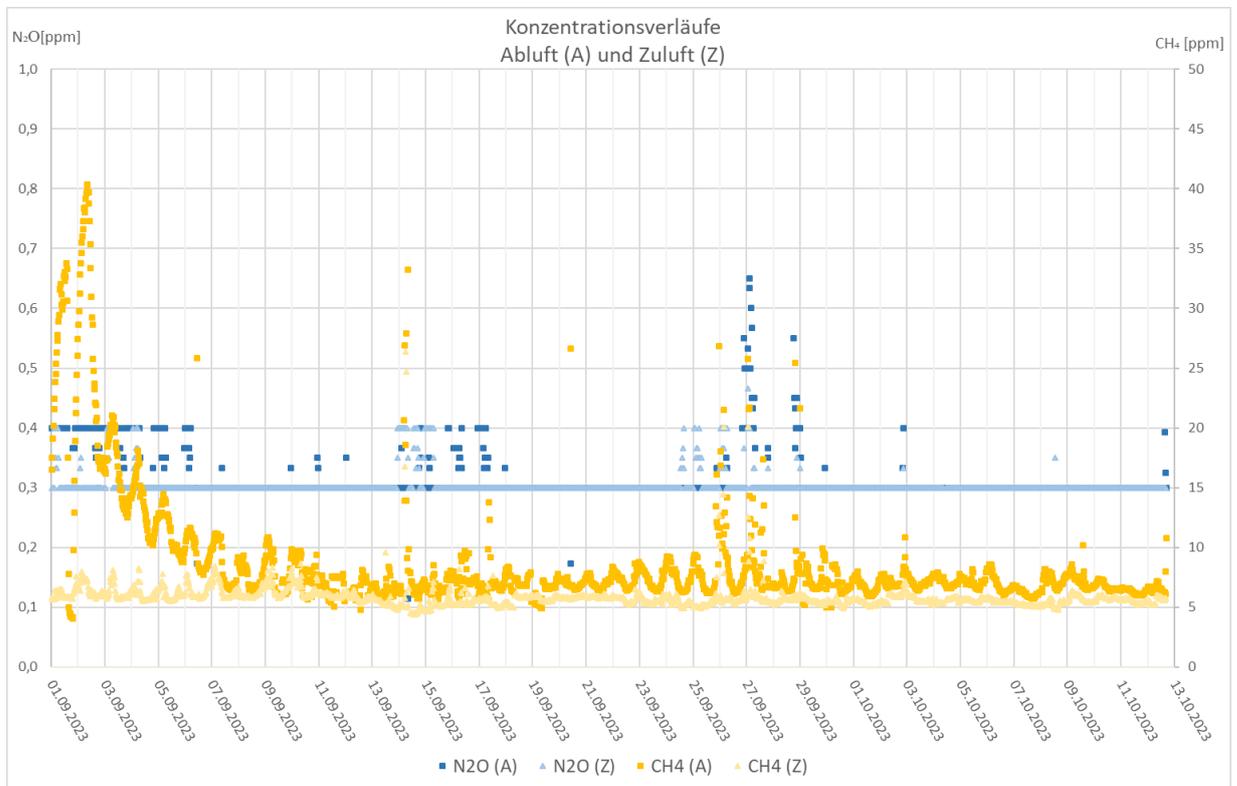
**Diskontinuierliche Gasmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 39: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

|  |             |             |
|--|-------------|-------------|
| Messdatum  | 14.09.2023  | 04.10.2023  |
| Uhrzeit Start  | 10:36       | 10:22       |
| Uhrzeit Ende   | 11:06       | 10:52       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0761      | 0,0738      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,04        | 0,66        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,11</b> | <b>0,37</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.3.1.4 Bilanzierungen

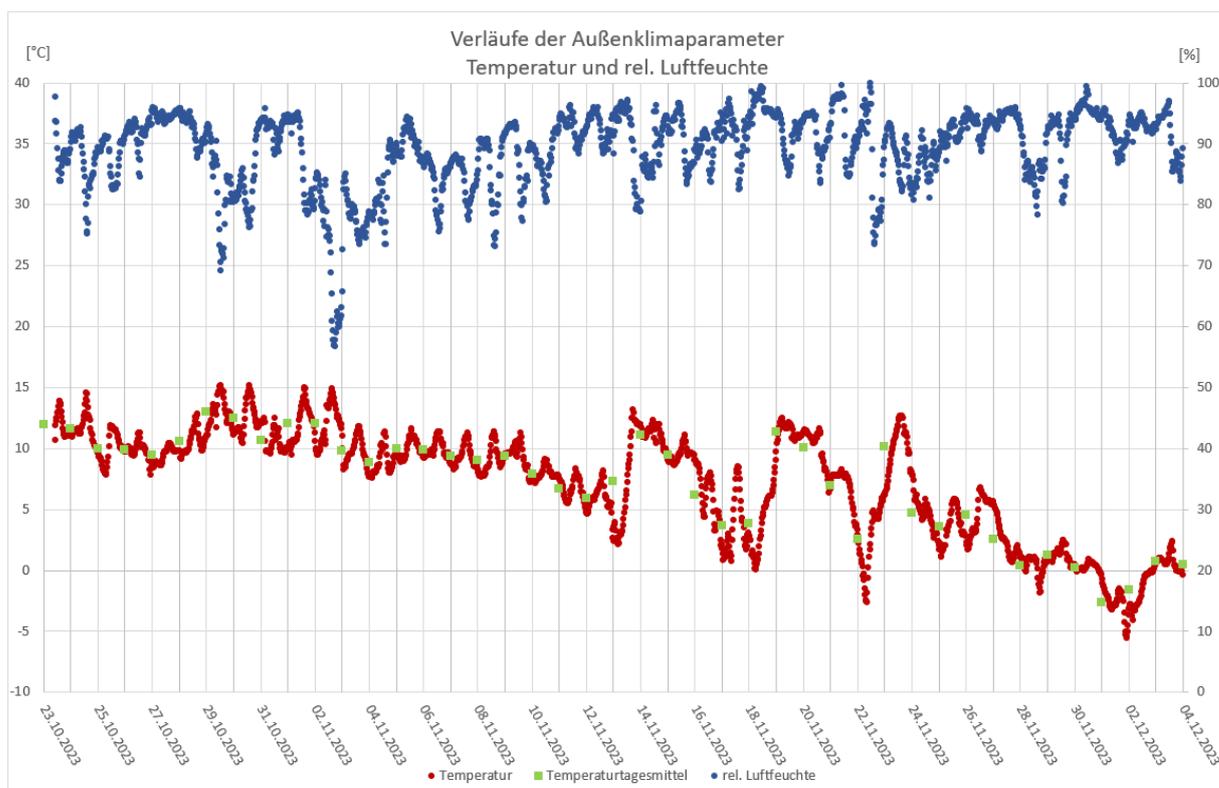
Tabelle 40: Nährstoffbilanz Durchgang 1

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 9,1           | 1,5           |
|                          | Futter        | 4308,4        | 627,2         |
|                          | Gas           | 10,2          | 0,0           |
|                          | Tier          | 51,0          | 6,8           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4378,7</b> | <b>635,4</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1355,9        | 178,0         |
|                          | Gas           | 38,3          | 0,0           |
|                          | Tier          | 3004,3        | 400,6         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4398,6</b> | <b>578,5</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>100,5</b>  | <b>91,0</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 100,5 % für Stickstoff bzw. 91,0 % für Phosphor sehr gute Wiederfindungen.

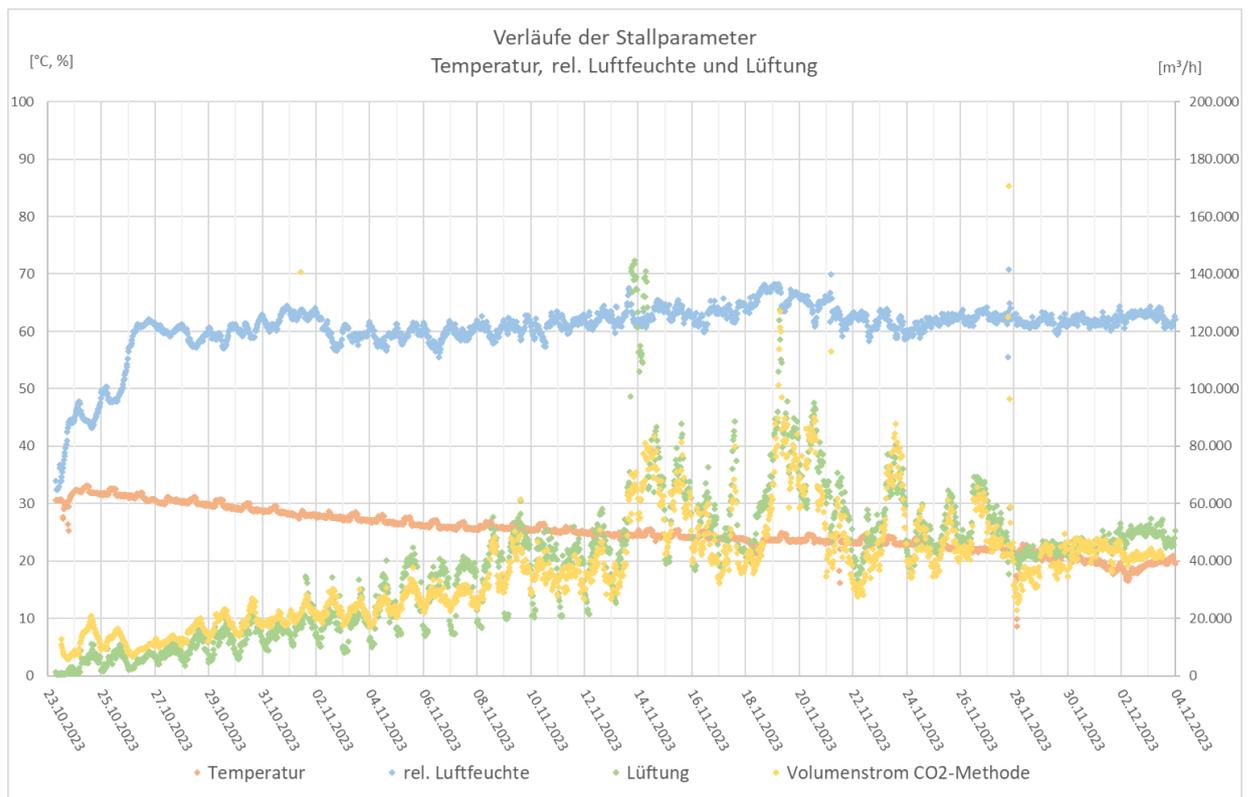
### 6.3.2 Durchgang 2 - Übergang (23.10. bis 03.12.2023)

#### 6.3.2.1 Außenklimaparameter



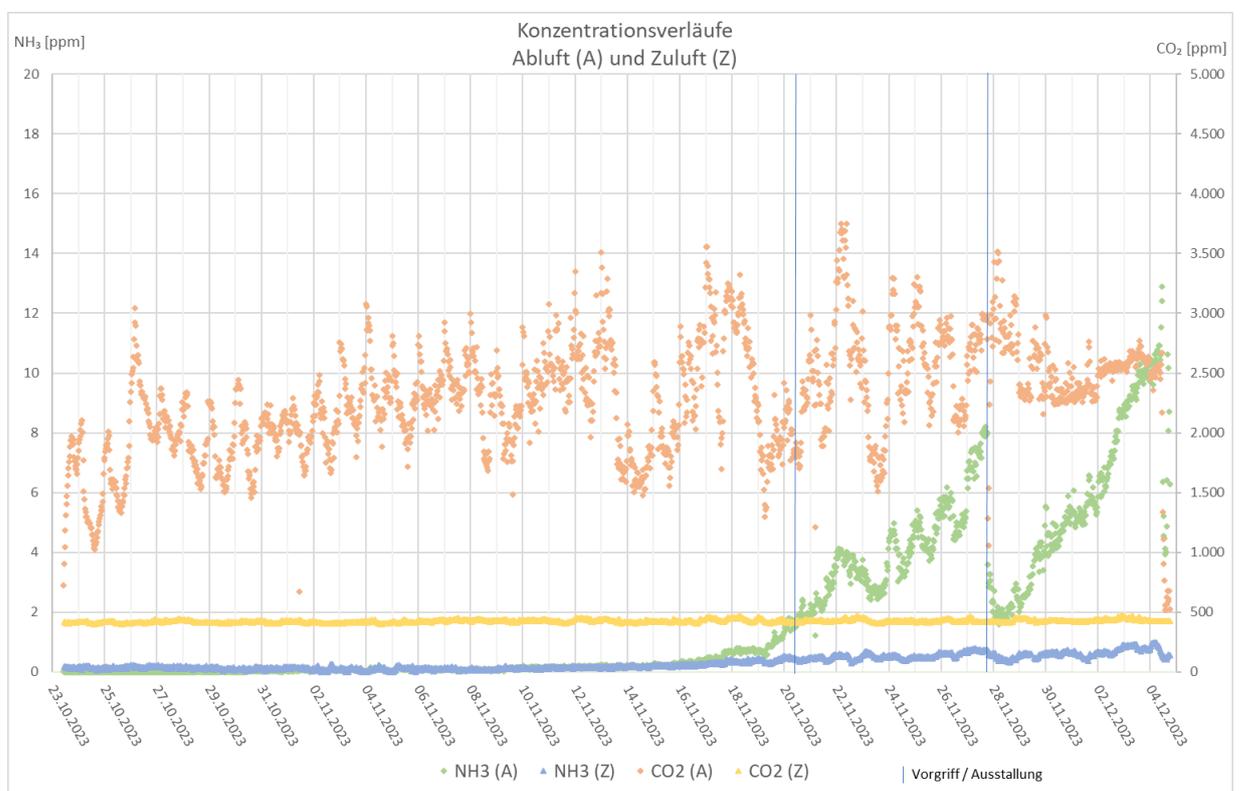
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes vor allem Übergangsbedingungen (8-16 °C) vorlagen.

### 6.3.2.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.3.2.3 Gasmessungen



Am 27.11.23 wurde im Stall nachgestreut, was einen deutlichen Einfluss auf die Ammoniakkonzentration hatte. Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

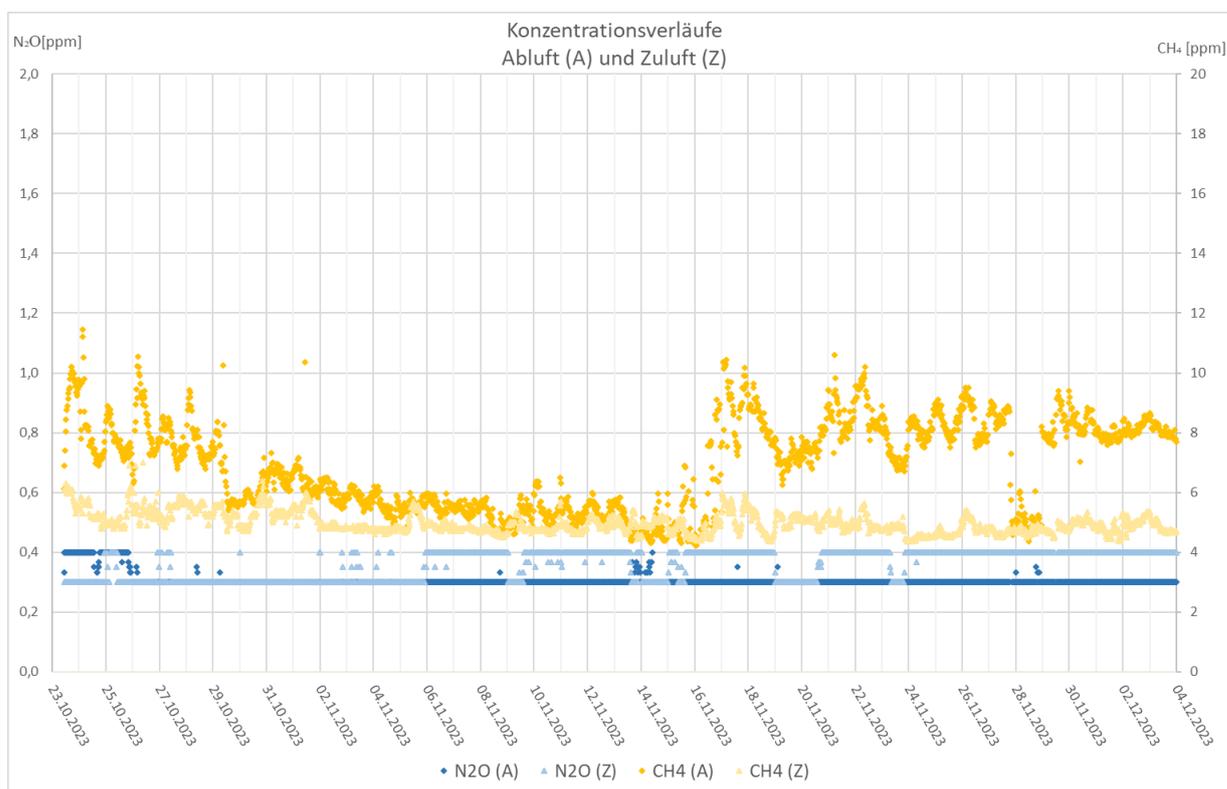
### Diskontinuierliche Gasmessungen:

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 41: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 07.11.2023  | 29.11.2023  |
|--|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start  | 10:40       | 11:49       |
| Uhrzeit Ende   | 11:10       | 12:19       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0727      | 0,0730      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,02        | 2,42        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,37</b> | <b>1,39</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen, generell hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik. Am 29.11.23 kam es bei der nasschemischen Vergleichsmessung zu einem Minderbefund. Grund hierfür war ein Falschlufteintrag, der aber keinen Einfluss auf die kontinuierlichen Messungen hatte.



Der N<sub>2</sub>O-Verlauf bleibt bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft. Der CH<sub>4</sub>-Verlauf der Abluft steigt zur Mitte der Mast etwas an.

### 6.3.2.4 Bilanzierungen

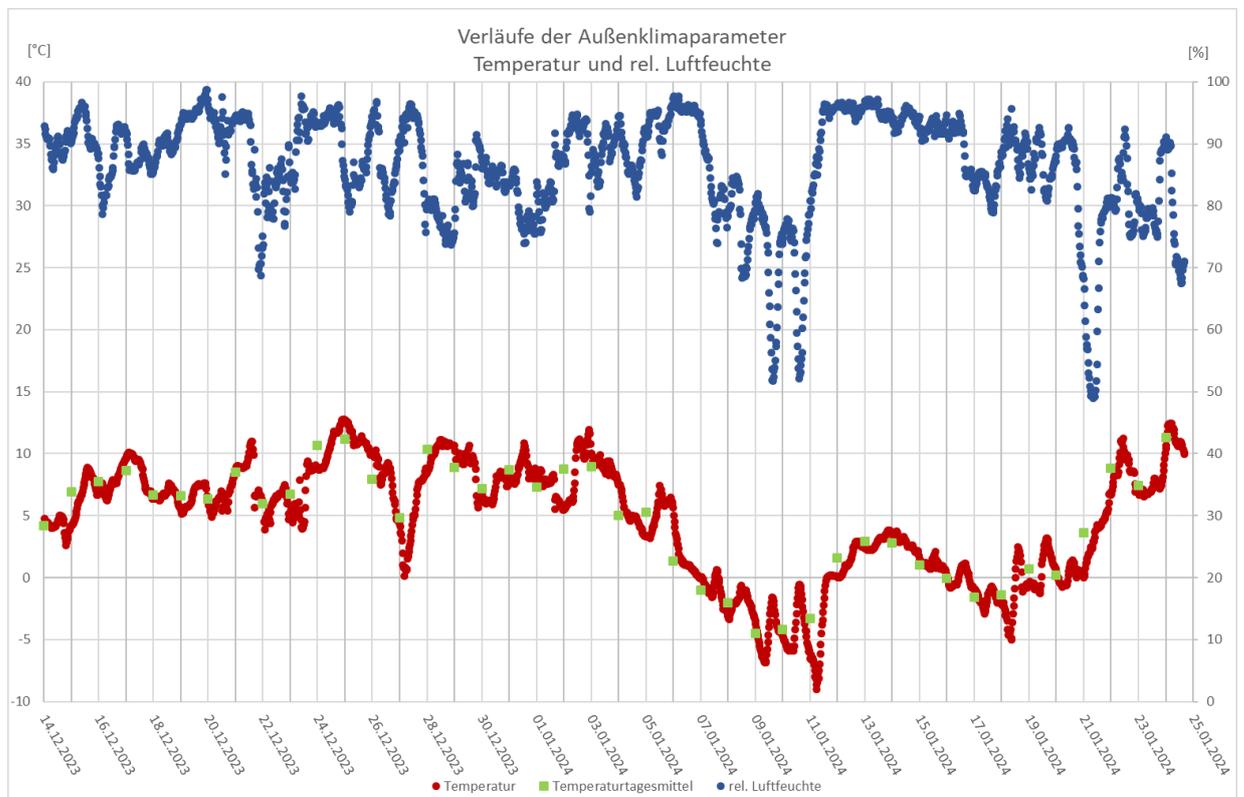
Tabelle 42: Nährstoffbilanz Durchgang 2

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 16,4          | 3,4           |
|                          | Futter        | 4289,3        | 893,1         |
|                          | Gas           | 8,2           | 0,0           |
|                          | Tier          | 49,8          | 6,6           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4363,7</b> | <b>903,2</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 2116,6        | 337,0         |
|                          | Gas           | 49,6          | 0,0           |
|                          | Tier          | 2944,7        | 392,6         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>5110,9</b> | <b>729,6</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>117,1</b>  | <b>80,8</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 117,1 % für Stickstoff bzw. 80,8 % für Phosphor Wiederfindungen innerhalb des zu erwartenden Bereiches.

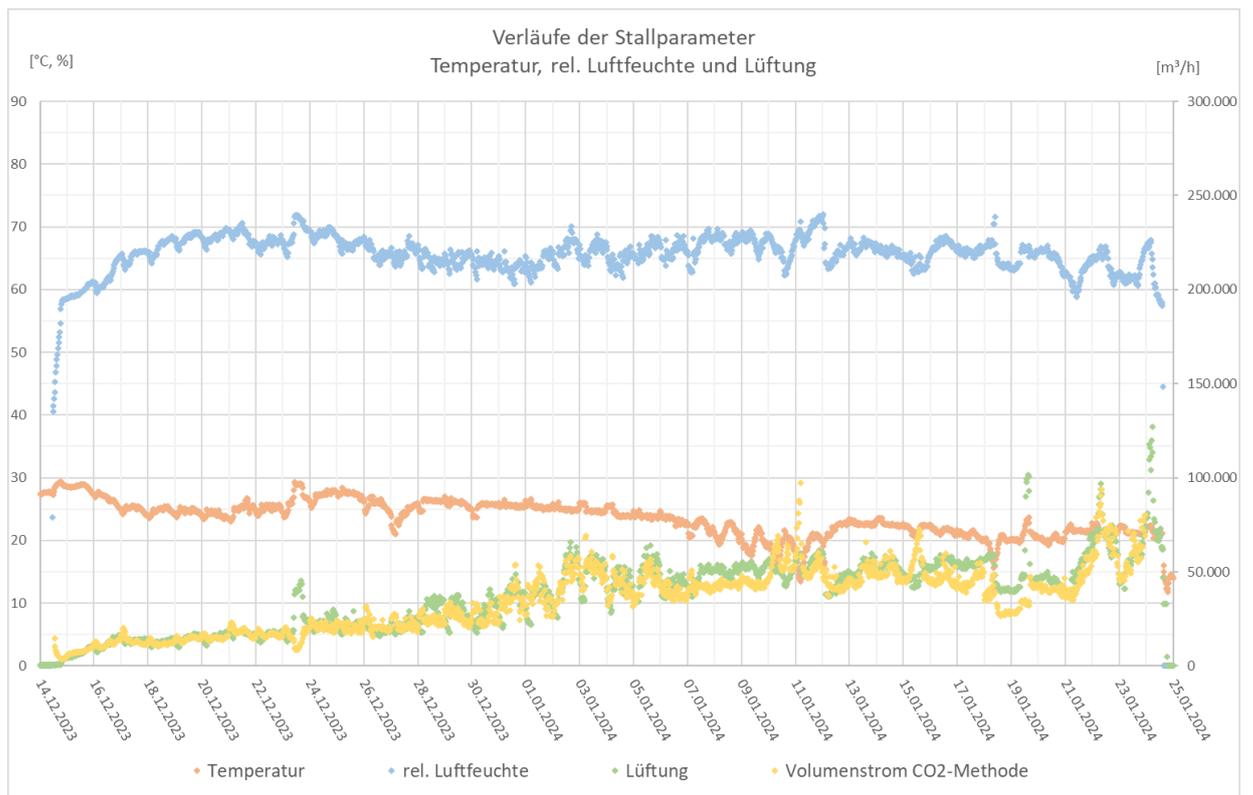
### 6.3.3 Durchgang 3 - Winter (14.12.2023 bis 24.01.2024)

#### 6.3.3.1 Außenklimaparameter



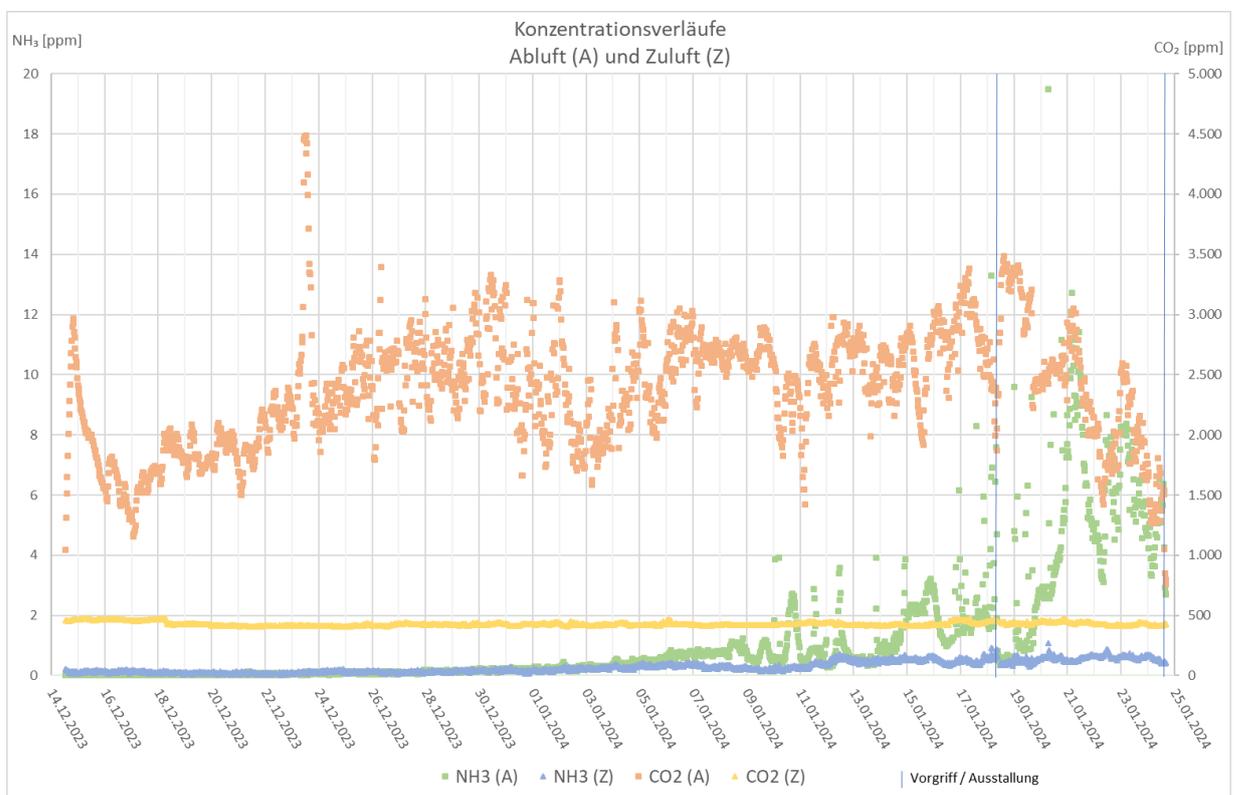
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes vor allem Winterbedingungen (< 8 °C) vorlagen.

### 6.3.3.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.3.3.3 Gasmessungen



Am 18.01. wurde im Fallstall nachgestreut. Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

**Diskontinuierliche Gasmessungen:**

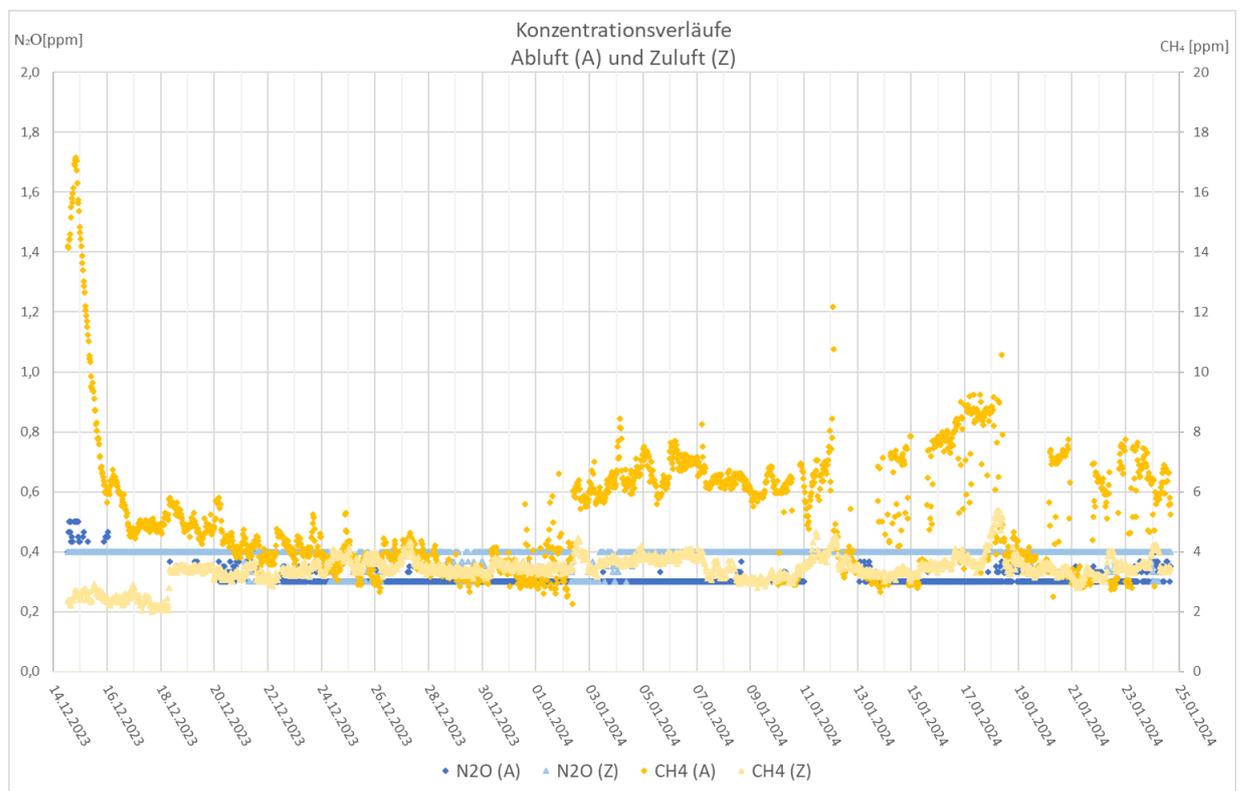
Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 43: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

|  |             |             |
|--|-------------|-------------|
| Messdatum  | 22.12.2023  | 18.01.2024  |
| Uhrzeit Start  | 10:31       | 10:53       |
| Uhrzeit Ende   | 11:01       | 11:23       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0687      | 0,0572      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,02        | 0,27        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,01</b> | <b>0,14</b> |

\*Fehlerhafte Probenahme

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe N<sub>2</sub>O bleiben bei beiden Ställen bis auf wenige Tage zum Mastbeginn über den gesamten Mastdurchgang unauffällig niedrig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft. Der CH<sub>4</sub>-Verlauf der Abluft steigt zur Mitte der Mast etwas an, was auf kleine Unterschiede im CH<sub>4</sub>-IR-Wellenbereiches zurückzuführen ist. Dieser Messfehler hat daher keinen Einfluss auf andere Parameter.

### 6.3.3.4 Bilanzierungen

Tabelle 44: Nährstoffbilanz Durchgang 3

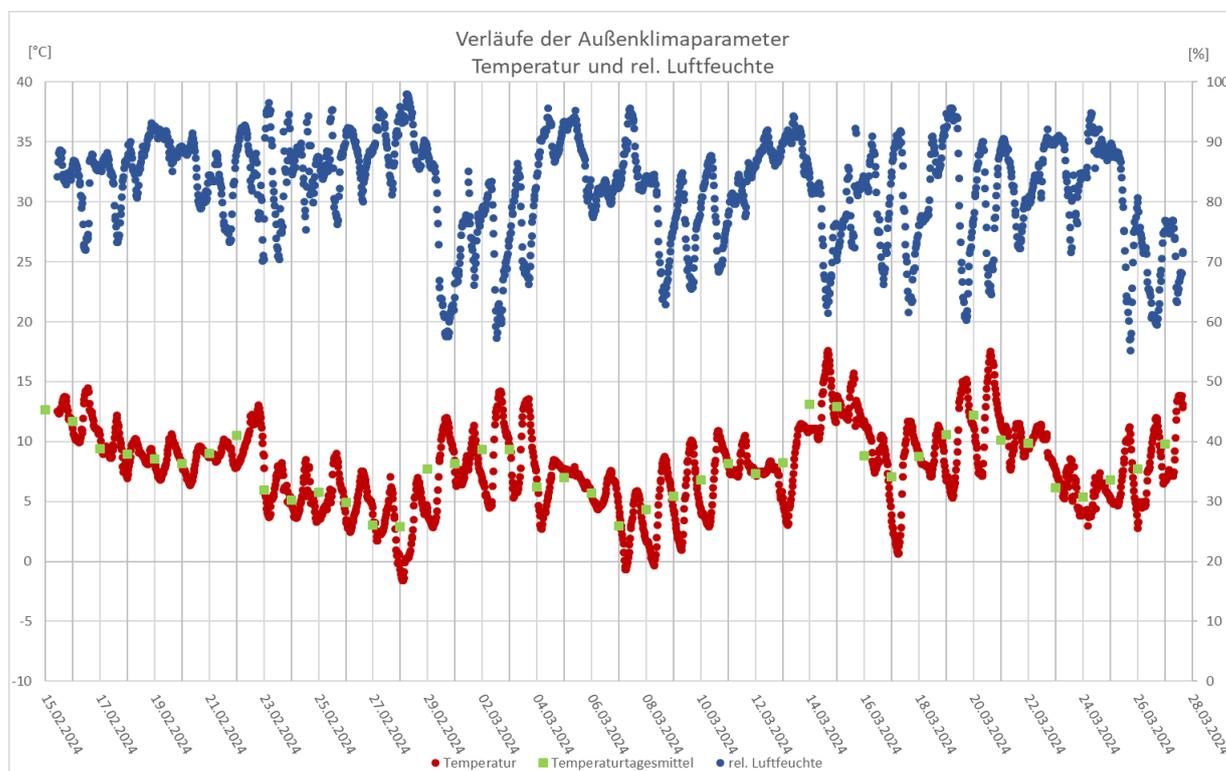
| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 11,6          | 2,1           |
|                          | Futter        | 4916,0        | 716,0         |
|                          | Gas           | 8,3           | 0,0           |
|                          | Tier          | 49,8          | 6,6           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4985,7</b> | <b>724,7</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 2334,2        | 399,5         |
|                          | Gas           | 86,8          | 0,0           |
|                          | Tier          | 3128,1        | 417,1         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>5549,1</b> | <b>816,5</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>111,3</b>  | <b>112,7</b>  |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 111,3 % für Stickstoff bzw. 112,7 % für Phosphor gute Wiederfindungen.

## 6.4 Betrieb 4

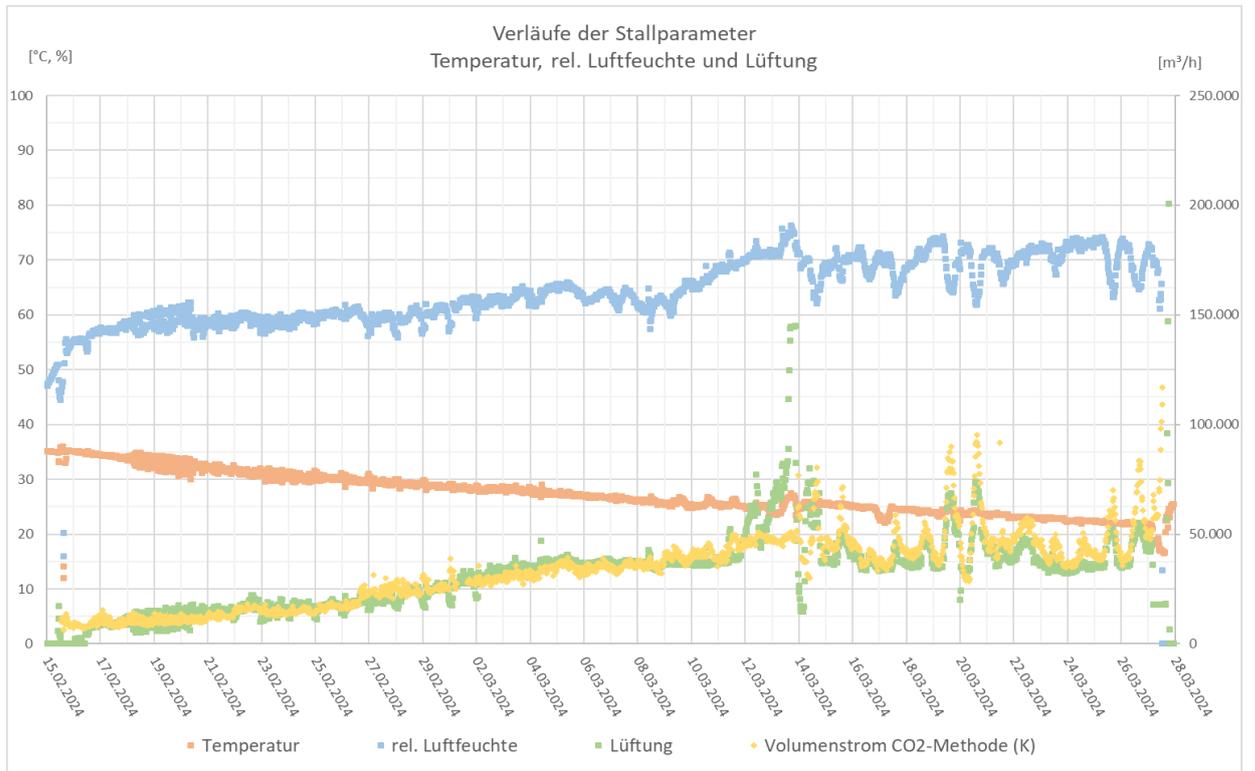
### 6.4.1 Durchgang 1 - Winter (15.02. bis 27.03.2024)

#### 6.4.1.1 Außenklimaparameter



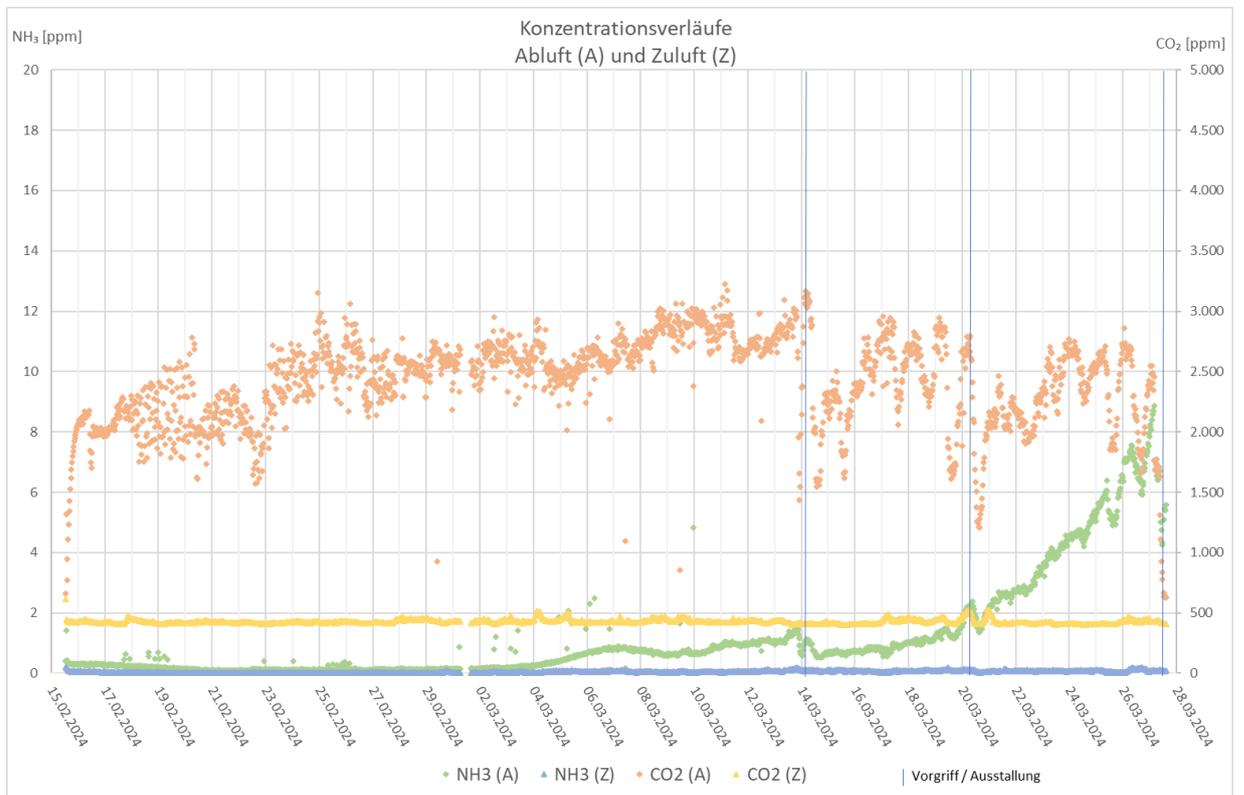
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes hauptsächlich Wintertemperaturen von < 8 °C vorlagen.

### 6.4.1.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.4.1.3 Gasmessungen



Die Ammoniakkonzentrationen der Abluft liegen weitestgehend auf einem geringen Niveau. Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

**Diskontinuierliche Gasmessungen:**

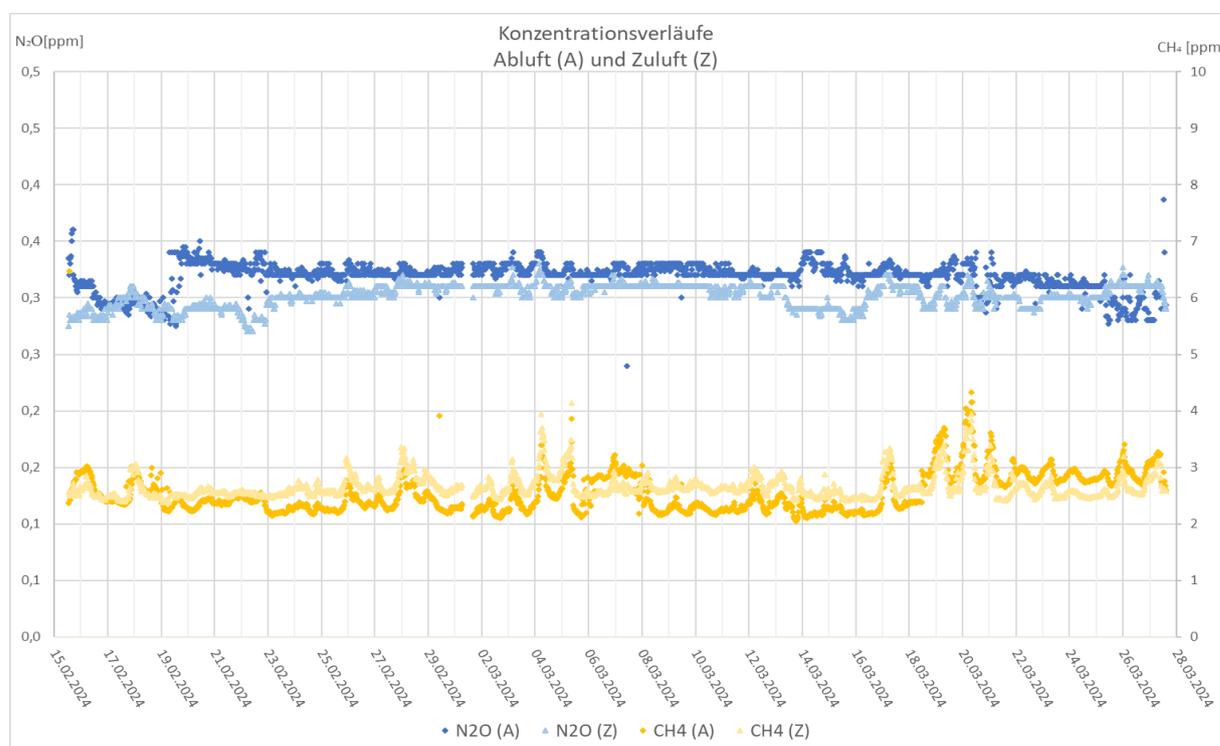
Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 45: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

|  |             |             |
|--|-------------|-------------|
| Messdatum  | 29.02.2024  | 21.03.2024  |
| Uhrzeit Start  | 10:45       | 12:05       |
| Uhrzeit Ende   | 11:15       | 12:35       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0744      | 0,0740      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,08        | 1,90        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,11</b> | <b>1,93</b> |

\*n.B.: Fehlerhafte Probenahme

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.4.1.4 Bilanzierungen

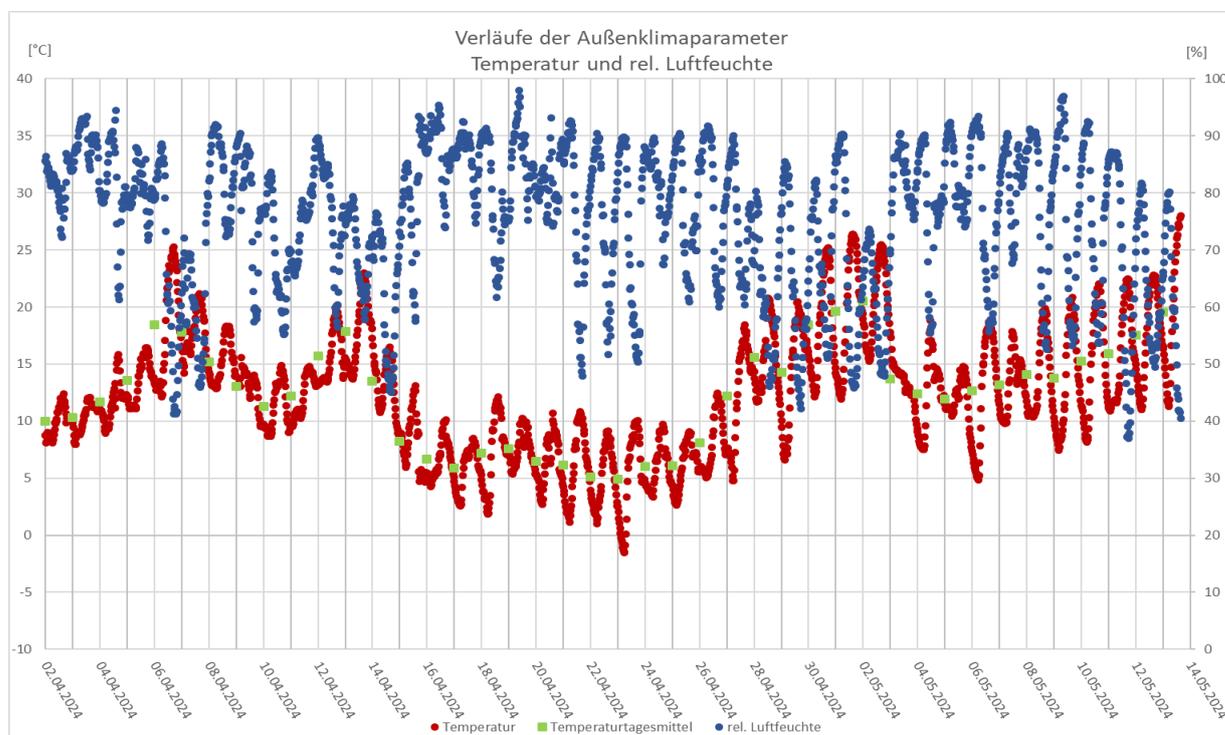
Tabelle 46: Nährstoffbilanz Durchgang 1

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 15,5          | 3,6           |
|                          | Futter        | 4325,5        | 688,2         |
|                          | Gas           | 1,1           | 0,0           |
|                          | Tier          | 49,2          | 6,6           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4391,3</b> | <b>698,3</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1579,2        | 199,0         |
|                          | Gas           | 27,2          | 0,0           |
|                          | Tier          | 2944,7        | 392,6         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4551,1</b> | <b>591,6</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>103,6</b>  | <b>84,7</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 103,6 % für Stickstoff bzw. 84,7 % für Phosphor gute Wiederfindungen.

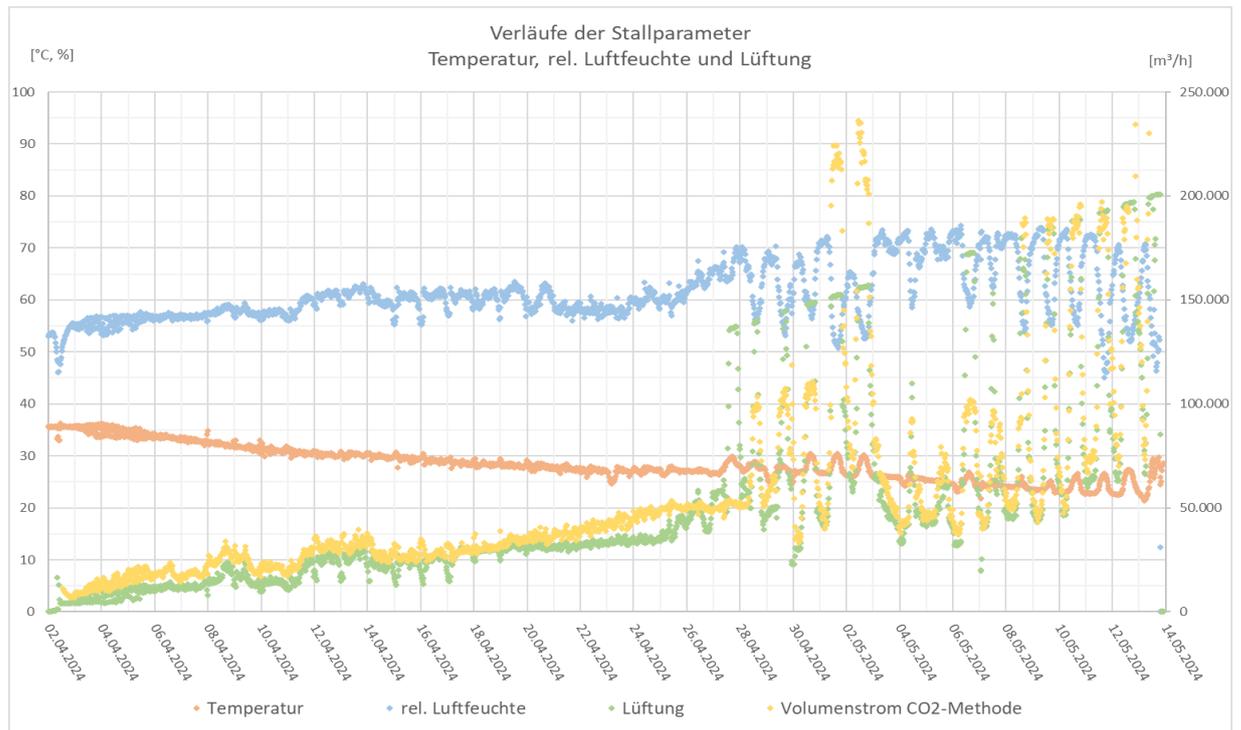
### 6.4.2 Durchgang 2 - Übergang (02.04. bis 13.05.2024)

#### 6.4.2.1 Außenklimaparameter



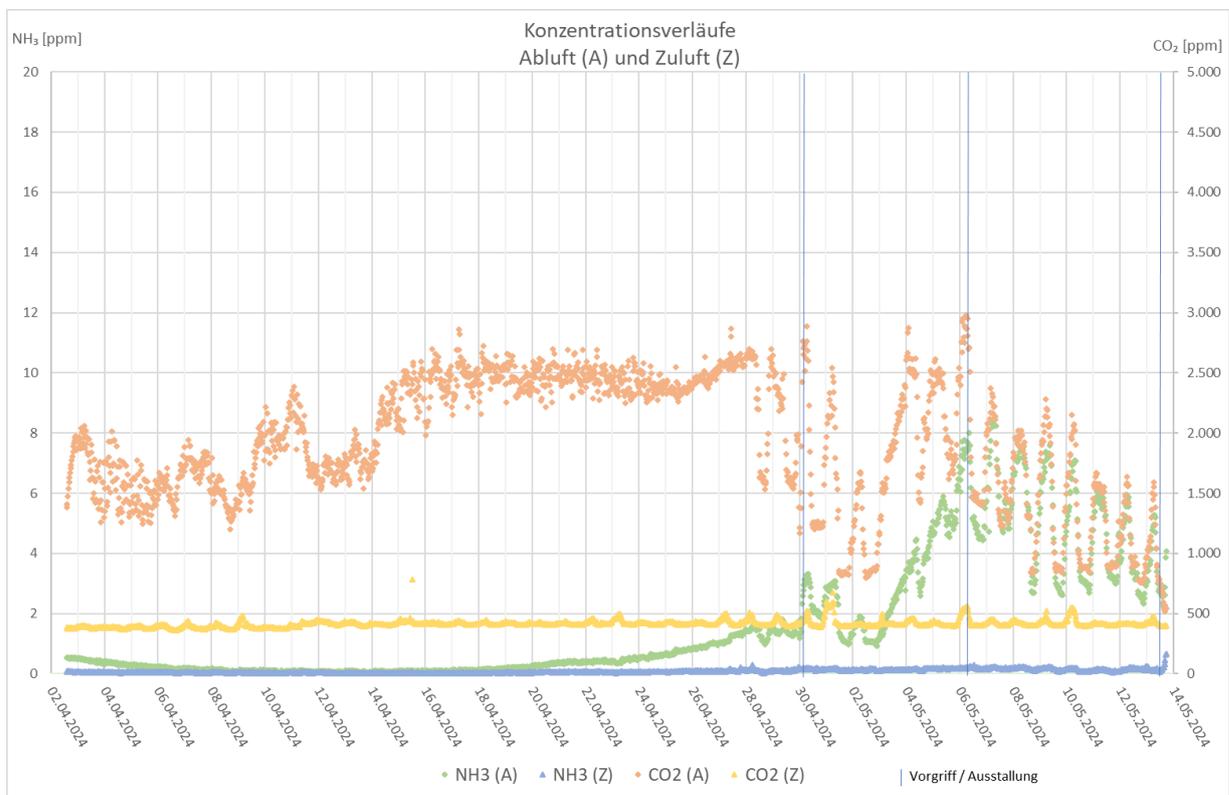
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes hauptsächlich Übergangstemperaturen zwischen 8 und 16 °C vorlagen.

### 6.4.2.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind unauffällig und plausibel.

### 6.4.2.3 Gasmessungen



Die Ammoniakkonzentrationen der Abluft liegen weitestgehend auf einem geringen Niveau. Die Zuluftkonzentrationen sind während der gesamten Zeit unauffällig.

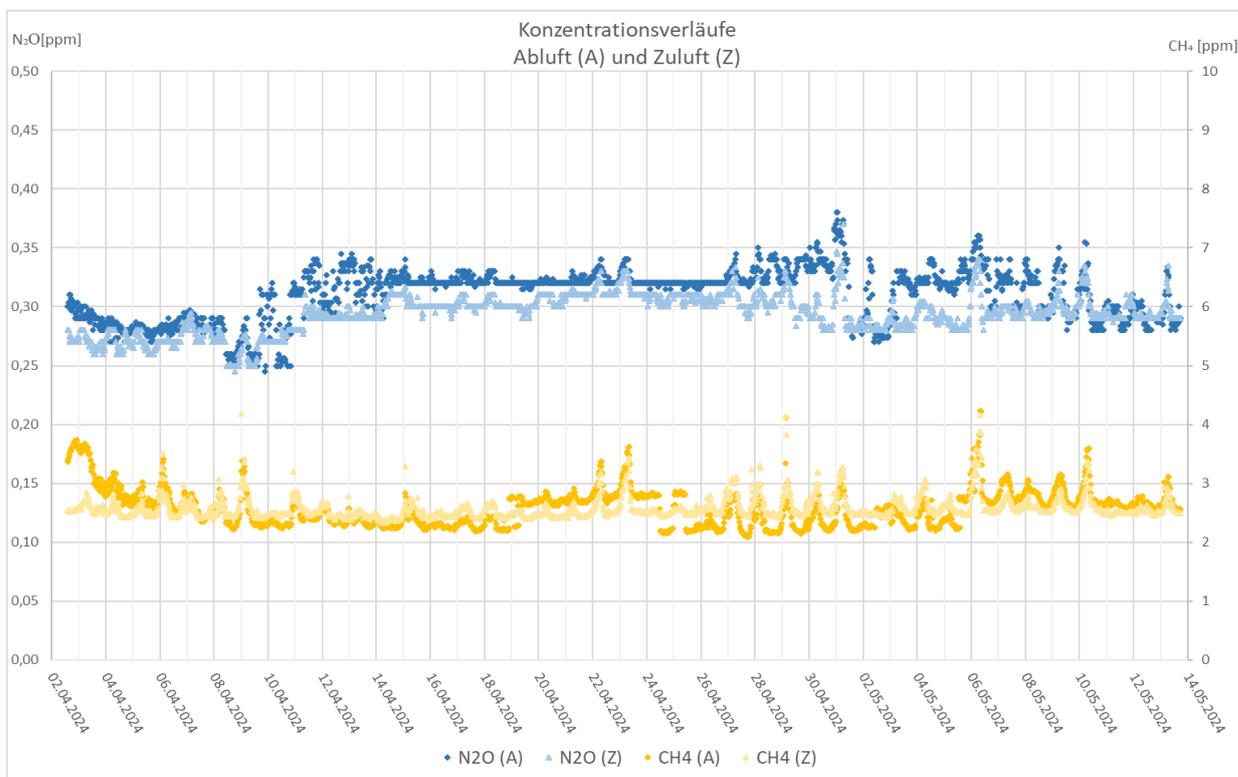
**Diskontinuierliche Gasmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 47: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

| Messdatum  | 15.04.2024  | 06.05.2024  |
|--|-------------|-------------|
| Uhrzeit Start  | 10:42       | 11:07       |
| Uhrzeit Ende   | 11:12       | 11:37       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0680      | 0,0499      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,07        | 3,66        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,19</b> | <b>3,80</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen hohe Übereinstimmungen mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bleiben über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

### 6.4.2.4 Bilanzierungen

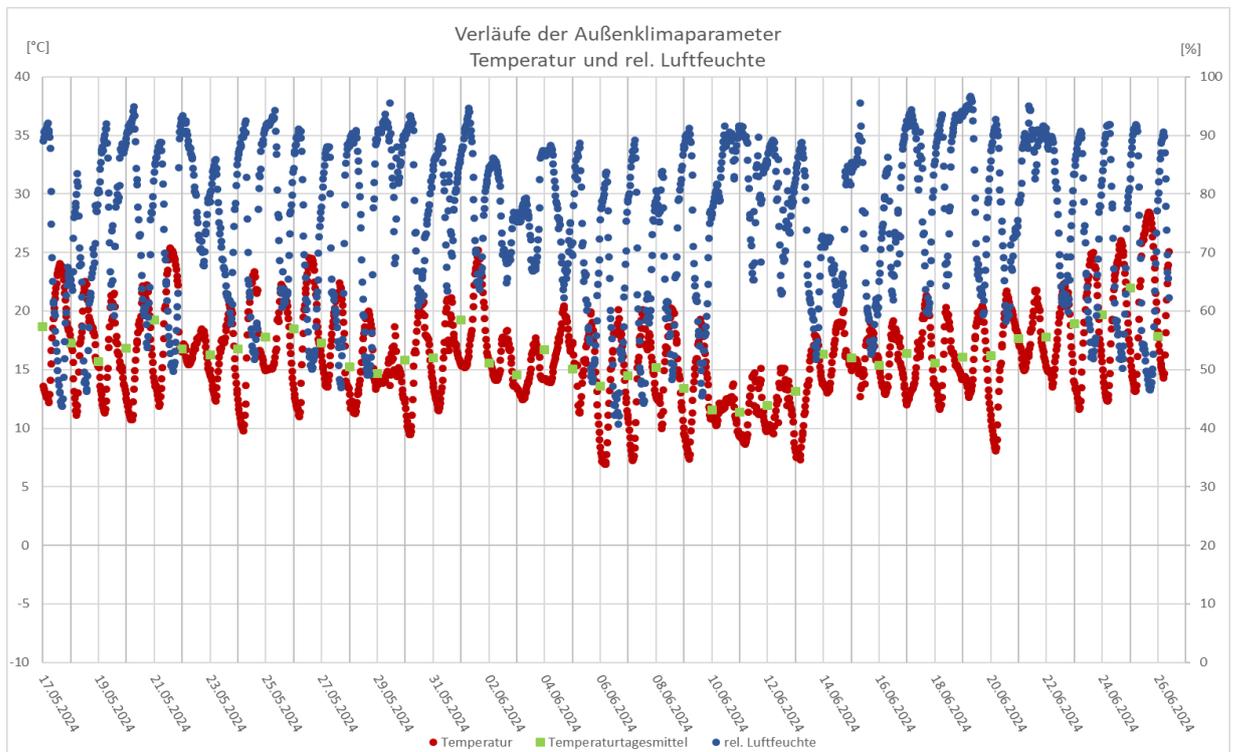
Tabelle 48: Nährstoffbilanz Durchgang 2

| Bilanzierung             |               | Stickstoff    | Phosphor      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Eintrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Einstreu      | 11,9          | 1,8           |
|                          | Futter        | 4304,4        | 680,2         |
|                          | Gas           | 3,4           | 0,0           |
|                          | Tier          | 49,2          | 6,6           |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4369,0</b> | <b>688,6</b>  |
| Austrag                  |               | N-Gehalt [kg] | P-Gehalt [kg] |
|                          | Mist          | 1452,1        | 182,5         |
|                          | Gas           | 70,8          | 0,0           |
|                          | Tier          | 2949,2        | 393,2         |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4472,0</b> | <b>575,7</b>  |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>102,4</b>  | <b>83,6</b>   |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 102,4 % für Stickstoff bzw. 83,6 % für Phosphor gute Wiederfindungen.

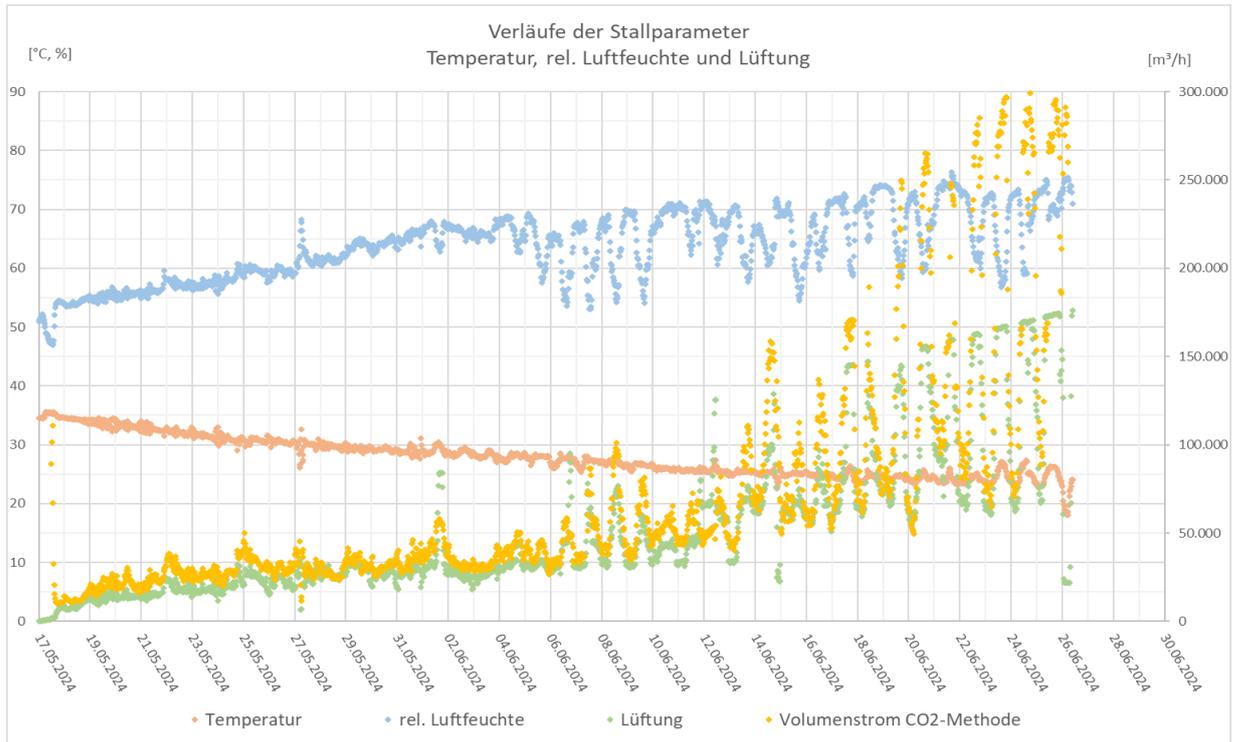
### 6.4.3 Durchgang 3 - Sommer (17.05. bis 26.06.2024)

#### 6.4.3.1 Außenklimaparameter



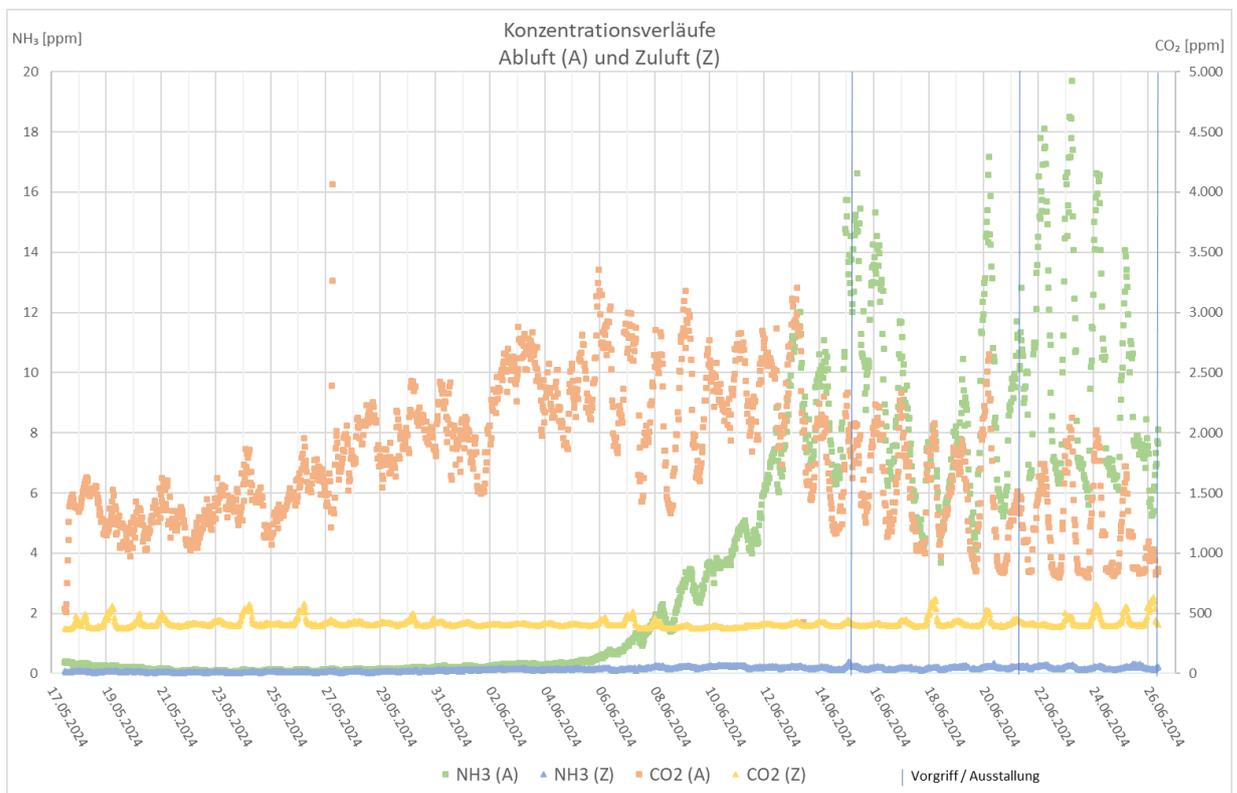
Die Tagesmittelwerte der Temperaturen zeigen, dass während des Untersuchungszeitraumes hauptsächlich Sommerbedingungen (Temperaturen > 16 °C) vorlagen.

### 6.4.3.2 Stallparameter



Die Aufzeichnungen der Stallparameter sind bis auf wenige Ausreißer der Volumenstromberechnung über die CO<sub>2</sub>-Methode, hervorgerufen durch starke Temperaturschwankungen, unauffällig und plausibel.

### 6.4.3.3 Gasmessungen



Die Ammoniakkonzentrationen steigen nach der ersten Masthälfte deutlich an und liegen im Vergleich deutlich oberhalb der bisher ermittelten Konzentrationen. Ein Grund hierzu könnte

bei der Tiergesundheit liegen, da die Tiere in diesem Durchgang deutliche Krankheitssymptome aufwiesen. Parallele Messungen am Zwillingstall, in dem die Tiere gesund waren, wiesen deutlich niedrigere Konzentrationen auf. Die Mastauswertung bestätigte die deutlichen Unterschiede beider Ställe.

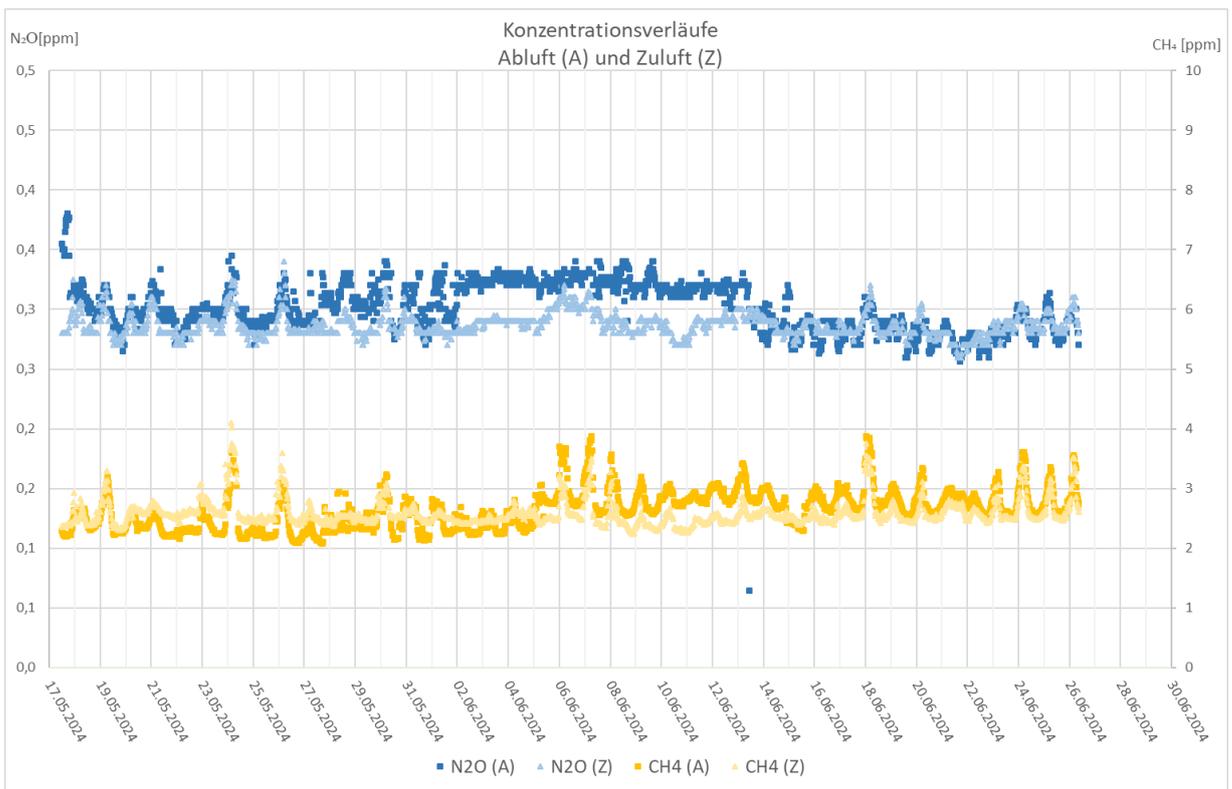
**Diskontinuierliche Gasmessungen:**

Im Rahmen der Validierung der Messtechnik werden zum Anfang und Ende der Mast nasschemische Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren nach VDI 3878 durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 49: Vergleichsmessungen mit dem Referenzverfahren**

|  |             |             |
|--|-------------|-------------|
| Messdatum  | 30.05.2024  | 19.06.2024  |
| Uhrzeit Start  | 10:42       | 11:41       |
| Uhrzeit Ende   | 11:12       | 12:11       |
| Messdauer [min]  | 30          | 30          |
| Normvolumen [Nm <sup>3</sup> ]                                   | 0,0496      | 0,0494      |
| FTIR-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]                          | 0,12        | 4,39        |
| <b>Ammoniakkonzentration Normbedingungen [mg/Nm<sup>3</sup>]</b> | <b>0,12</b> | <b>4,74</b> |

Die nasschemischen Vergleichsmessungen zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den Konzentrationen der FTIR-Messtechnik.



Die Verläufe von CH4 und N2O bleiben über den gesamten Mastdurchgang unauffällig und auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie die Zuluft.

#### 6.4.3.4 Bilanzierungen

Tabelle 50: Nährstoffbilanz Durchgang 3

| <b>Bilanzierung</b>      |               | <b>Stickstoff</b>    | <b>Phosphor</b>      |
|--------------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| <b>Eintrag</b>           |               | <b>N-Gehalt [kg]</b> | <b>P-Gehalt [kg]</b> |
|                          | Einstreu      | 13,4                 | 2,1                  |
|                          | Futter        | 4213,6               | 672,8                |
|                          | Gas           | 5,0                  | 0,0                  |
|                          | Tier          | 49,2                 | 6,6                  |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>4281,2</b>        | <b>681,5</b>         |
| <b>Austrag</b>           |               | <b>N-Gehalt [kg]</b> | <b>P-Gehalt [kg]</b> |
|                          | Mist          | 1214,4               | 197,6                |
|                          | Gas           | 173,0                | 0,0                  |
|                          | Tier          | 2502,8               | 333,7                |
|                          | <b>Gesamt</b> | <b>3890,2</b>        | <b>531,3</b>         |
| <b>Wiederfindung [%]</b> |               | <b>90,9</b>          | <b>78,0</b>          |

Die Wiederfindungsraten zeigen mit 90,9 % für Stickstoff bzw. 78,0 % für Phosphor gute Wiederfindungen.

### 6.5 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse aller vier Betriebe zeigen eine gute jahreszeitliche Verteilung. Da sich die Messungen über die gesamten Mastabschnitte erstreckten, wurden so die unterschiedlichen Emissionen während der Mastverläufe für die Ermittlung eines Emissionsfaktors bereits berücksichtigt. Die Stallparameter waren bis auf wenige Ausreißer unauffällig und plausibel.

Die Ammoniakkonzentrationen befinden sich bei fast allen Durchgängen auf einem niedrigen Niveau und sind valide. Dies bestätigen die nasschemischen Vergleichsmessungen und die Nährstoffbilanzen, die trotz ihrer erhöhten Messunsicherheit durch die Beprobung der Mistauflage zu guten Wiederfindungen führen. Größere Differenzen der Mistmengenbestimmungen durch die Wägungen der beprobten Teilflächen und anschließender Hochrechnung auf die Stallflächen mit den Wägungen der Mistmengen beim LKW-Abtransport bestätigen dies.

Die Gaskonzentrationen von Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas waren über alle Mastdurchgänge unauffällig. Wöchentliche Prüfgasaufgaben bestätigten eine einwandfreie Funktionalität der FTIR-Messtechnik.

### 6.6 Berechnung der Emissionsfaktoren

Durch die kontinuierliche Erfassung der Ammoniakemissionen über alle Jahreszeiten (Sommer, Übergang, Winter) und der gesamten Mastverläufe an vier unterschiedlichen Betrieben, wurden alle relevanten Emissionseinflüsse, wie das Stallmanagement, das Wachstum der Tiere, die Umgebungstemperatur und die Tieraktivität für die Berechnung von Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Für die Berechnung wurden die Emissionsraten der jeweiligen Mastdurchgänge auf ein Jahr und Tierplatz bezogen. Hierbei wurde bei einer Umtriebs- u. Servicezeit von ca. 49 Tagen von 7,5 Mastdurchgängen pro Jahr ausgegangen. Dies entspricht bei einer 42-tägigen Schwermast eine Stallbelegungsdauer von 315 Tagen und einer Leerstandszeit von 50 Tagen im Jahr. Da die Ställe unmittelbar nach der Ausstallung entmistet und gereinigt werden, wurden die während der Mast ermittelten Emissionen auf 315 Tage bezogen.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgte als Mittelwertbildung aus den drei Mastdurchgängen aller vier Betriebe.

**Tabelle 51: Emissionsraten und der errechnete Emissionsfaktor**

| <b>Emissionsfaktor<br/>[kg/ (TP*a)</b> | Sommer | Übergang | Winter | <b>Mittelwert</b> |
|--|--------|----------|--------|-------------------|
| Betrieb 1                              | 0,0008 | 0,0150   | 0,0066 | 0,0075            |
| Betrieb 2                              | 0,0090 | 0,0032   | 0,0050 | 0,0057            |
| Betrieb 3                              | 0,0061 | 0,0092   | 0,0067 | 0,0073            |
| Betrieb 4                              | 0,0395 | 0,0153   | 0,0060 | 0,0203            |
| <b>Mittelwert (1-4)</b>                | 0,0139 | 0,0107   | 0,0061 | <b>0,0102</b>     |

Die Untersuchungen ergaben einen Ammoniakemissionsfaktor von 0,0102 kg/ (TP\*a) für die Hähnchenschwermast mit ImproBed® als Einstreuprodukt. Im Vergleich zur TA-Luft (2021), die einen Referenzfaktor von 0,0437 kg/(TP\*a) ausweist, ergibt sich eine Minderungsrate von 76,7 %. Mithin stellt das Einstreumanagement mit ImproBed® eine Alternative zur Ammoniakreduzierung in Masthähnchenställen dar.

## 6.7 Plausibilitätsprüfung

Die im Rahmen der Untersuchung erhobenen Messwerte sind unter Berücksichtigung der eingesetzten Minderungsmaßnahmen plausibel, obwohl der Sommerdurchgang von Betrieb 4 ein im Vergleich zu den anderen Mastdurchgängen deutlich höheres Emissionsniveau aufwies. Der Grund hierfür konnte in der Erkrankung der Tiere ausgemacht werden. Da solche Einflüsse, die für ein erhöhtes Emissionsniveau sorgen können, durchaus vorkommen und die Emissionen auch bei solchen Einflüssen einzuhalten sind, wurde auch dieser Mastdurchgang für die Ermittlung eines Emissionsfaktors herangezogen.

Die Außenklimaparameter belegen die unterschiedlichen Witterungsbedingungen zu den drei Mastdurchgängen (Sommer, Übergang, Winter). Bestätigt wird dies durch die steigenden Luftraten ausgehend von den Winter- hin zu den Sommerdurchgängen.

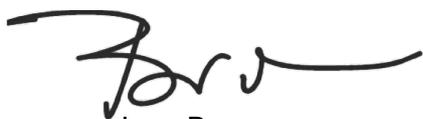
Es konnten keine signifikanten Einflüsse des untersuchten Einstreumanagements auf die Tiergesundheit oder Futterverwertung gefunden werden.

Die Ergebnisse der Gasmessungen der Durchgänge zeigen ein deutlich reduziertes Ammoniakkonzentrationsniveau im Vergleich zu herkömmlichen Ställen ohne Minderungsmaßnahmen. Die weiteren Gaskomponenten, wie Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas blieben hingegen unauffällig.

Die Anforderungen der Nutztierhaltungsverordnung als eingehalten betrachtet werden.

Die Wiederfindungsraten der Bilanzierungen für Stickstoff und Phosphor liegen bei allen Mastdurchgängen innerhalb des zu erwartenden Bereiches.

Die ermittelte Ammoniak-Emissionsfaktor für die Hähnchenschwermast mit ImproBed® als Einstreuprodukt liegt bei 0,0113 kg/ (TP\*a). Dies entspricht einer Ammoniakminderung von 76,7 % gegenüber dem Referenzwert der TA-Luft für dieses Haltungsverfahren.



Lars Broer  
(Laborbereichsleiter)



Julian Markus  
(Projektleiter)

Dieser Messbericht darf nicht auszugsweise ohne unsere schriftliche Genehmigung vervielfacht bzw. weitergegeben werden.

## **7. Literatur**

Kirchgeßner, M., Kreuzer, M (1990): Exkrementmengen und N-Ausscheidung in der Broiler- und Legehennenhaltung bei Variationen der Fütterungsintensität an Protein und Energie. *Agrobiologic research* 43(4): 348-366

Nahm, K.H. (2003) Evaluation of the nitrogen content in poultry manure, *W Poult Sci J*, 59:1, 77-88, DOI: 10.1079/WPS20030004

TA LUFT (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz.

Toppel, K., Andersson, R. (2018): Einstreuqualität im Kontext Fußballengesundheit. Vortrag Forum Geflügel. EuroTier, 13.11.2018

Toppel, K., Kaufmann, F., Schön, H., Gauly, M., Andersson, R. (2018): Effect of pH-lowering litter amendment on animal-based welfare indicators and litter quality in a European commercial broiler husbandry. *Poult Sci* 0:1-9; DOI: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey489>

Toppel, K. (2020): Indicator-based flock management in broilers and turkeys – mortality, foot pad health and environmental factors. Dissertation. Universität Göttingen.

Toppel, K., Andersson, R. (2022): Indoor-Maßnahme zur Ammoniakreduktion in der Geflügelhaltung; Hochschule Osnabrück, Vortrag EuroTier, Forum Geflügel Hannover, 17.11.2022

VERA (2018): VERA-Prüfprotokoll: für Tierhaltungs- und Management-Systeme Version 3:2018-09, [https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA\\_Pruefprotokoll\\_Stallsysteme\\_v3\\_2018.pdf](https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Pruefprotokoll_Stallsysteme_v3_2018.pdf), Link geprüft am 28.07.2023

## **8. Anhang**

**Anlage 1: Messplan**

**Anlage 2: .zip-Datei**

## Anlage 1: Messplan

### Messplanung Standort 1 Durchgang 1

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Mi    | 25.01.2023 |   |   |  |   |  |                 |
| Do    | 26.01.2023 |   |   |  |   |  |                 |
| Fr    | 27.01.2023 |   |   |  |   |  |                 |
| Sa    | 28.01.2023 |   |   |  |   |  |                 |
| So    | 29.01.2023 |   |   |  |   |  |                 |
| Mo    | 30.01.2023 |   |   |  |   |  |                 |
| Di    | 31.01.2023 | x   |   | x  | x   | x  | x               |
| Mi    | 01.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 02.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 03.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 04.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 05.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 06.02.2023 | x   | x   |  |   | x  | x               |
| Di    | 07.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 08.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 09.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 10.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 11.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 12.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 13.02.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Di    | 14.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 15.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 16.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 17.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 18.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 19.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 20.02.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Di    | 21.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 22.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 23.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 24.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 25.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 26.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 27.02.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Di    | 28.02.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 01.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 02.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 03.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 04.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 05.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 06.03.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Di    | 07.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 08.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 09.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 10.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 11.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 12.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 13.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 14.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 15.03.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |

- Aufbau Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen
- Einstellung Einstellung der Tiere
- Messtag Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstellung Hier werden die Endparameter erfasst.

Messplanung Standort 1 Durchgang 2

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Di    | 21.03.2023 | x   |   | x  | x   | x  | x               |
| Mi    | 22.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 23.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 24.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 25.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 26.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 27.03.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Di    | 28.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 29.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 30.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 31.03.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 01.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 02.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 03.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 04.04.2023 | x   | x   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Mi    | 05.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 06.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 07.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 08.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 09.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 10.04.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Di    | 11.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 12.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 13.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 14.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 15.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 16.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 17.04.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Di    | 18.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 19.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 20.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 21.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 22.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 23.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 24.04.2023 | x   | x   | x  |   | x  | x               |
| Di    | 25.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 26.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 27.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 28.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 29.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 30.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 01.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 02.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 03.05.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |

- Einstellung    Einstellung der Tiere
- Messtag        Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstellung    Hier werden die Endparameter erfasst.

Messplanung Standort 1 Durchgang 3

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Di    | 27.06.2023 | x   |   | x  | x   | x  | x               |
| Mi    | 28.06.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 29.06.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 30.06.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 01.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 02.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 03.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 04.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 05.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 06.07.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Fr    | 07.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 08.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 09.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 10.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 11.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 12.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 13.07.2023 | x   | x   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 14.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 15.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 16.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 17.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 18.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 19.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 20.07.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Fr    | 21.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 22.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 23.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 24.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 25.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 26.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 27.07.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 28.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 29.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 30.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 31.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 01.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 02.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 03.08.2023 | x   | x   | x  |   | x  | x               |
| Fr    | 04.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 05.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 06.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 07.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 08.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 09.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |

|             |  |
|-------------|--|
| Einstellung | Einstellung der Tiere                    |
| Messtag     | Probenahme und Kontrolle der Messtechnik |
| Ausstallung | Hier werden die Endparameter erfasst.    |

## Messplanung Standort 2 Durchgang 1

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |
|-------|------------|---|---|--|---|--|
|       |            | Gasmessungen<br>FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | Futteranalysen<br>TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | Einstreuanalysen<br>pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Stallparameter<br>Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände |
| Mo    | 13.02.2023 |   |   |  |   |  |
| Di    | 14.02.2023 |   |   |  |   |  |
| Mi    | 15.02.2023 |   |   |  |   | x  |
| Do    | 16.02.2023 | x   |   | x  | x   | x  |
| Fr    | 17.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Sa    | 18.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| So    | 19.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mo    | 20.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Di    | 21.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mi    | 22.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Do    | 23.02.2023 | x   | x   |  | x   | x  |
| Fr    | 24.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Sa    | 25.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| So    | 26.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mo    | 27.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Di    | 28.02.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mi    | 01.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Do    | 02.03.2023 | x   |   | nur pH   | x   | x  |
| Fr    | 03.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Sa    | 04.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| So    | 05.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mo    | 06.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Di    | 07.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mi    | 08.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Do    | 09.03.2023 | x   |   |  | x   | x  |
| Fr    | 10.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Sa    | 11.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| So    | 12.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mo    | 13.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Di    | 14.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mi    | 15.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Do    | 16.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Fr    | 17.03.2023 | x   |   | nur pH   | x   | x  |
| Sa    | 18.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| So    | 19.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mo    | 20.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Di    | 21.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mi    | 22.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Do    | 23.03.2023 | x   | x   | x  | x   | x  |
| Fr    | 24.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Sa    | 25.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| So    | 26.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mo    | 27.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Di    | 28.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Mi    | 29.03.2023 | x   |   |  |   | x  |
| Do    | 30.03.2023 | x   |   |  | x   | x  |

|             |  |
|-------------|--|
| Aufbau      | Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen |
| Einstellung | Einstellung der Tiere  |
| Messtag     | Probenahme und Kontrolle der Messtechnik                     |
| Ausstellung | Hier werden die Endparameter erfasst.                        |

## Messplanung Standort 2 Durchgang 2

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Mo    | 03.04.2023 | x   |   | x  | x   | x  | x               |
| Di    | 04.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 05.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 06.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 07.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 08.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 09.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 10.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 11.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 12.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 13.04.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Fr    | 14.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 15.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 16.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 17.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 18.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 19.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 20.04.2023 | x   | x   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 21.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 22.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 23.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 24.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 25.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 26.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 27.04.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Fr    | 28.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 29.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 30.04.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 01.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 02.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 03.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 04.05.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 05.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 06.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 07.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 08.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 09.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 10.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 11.05.2023 | x   | x   | x  |   | x  | x               |
| Fr    | 12.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 13.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 14.05.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 15.05.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |

|             |  |
|-------------|--|
| Aufbau      | Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen |
| Einstellung | Einstellung der Tiere  |
| Messtag     | Probenahme und Kontrolle der Messtechnik                     |
| Ausstellung | Hier werden die Endparameter erfasst.                        |

Messplanung Standort 2 Durchgang 3

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Mo    | 03.07.2023 | x   |   | x  | x   | x  | x               |
| Di    | 04.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 05.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 06.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 07.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 08.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 09.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 10.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 11.07.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Mi    | 12.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 13.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 14.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 15.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 16.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 17.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 18.07.2023 | x   | x   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Mi    | 19.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 20.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 21.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 22.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 23.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 24.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 25.07.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Mi    | 26.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 27.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 28.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 29.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 30.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 31.07.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 01.08.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Mi    | 02.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 03.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 04.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 05.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 06.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 07.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 08.08.2023 | x   | x   | x  |   |  | x               |
| Mi    | 09.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 10.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 11.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 12.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 13.08.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 14.08.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |

- Aufbau Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen
- Einstellung Einstellung der Tiere
- Messtag Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstellung Hier werden die Endparameter erfasst.

## Messplanung Standort 3 Durchgang 1

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Do    | 31.08.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |
| Fr    | 01.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 02.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 03.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 04.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 05.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 06.09.2023 | x   |   | x  |   | x  | x               |
| Do    | 07.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 08.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 09.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 10.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 11.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 12.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 13.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 14.09.2023 | x   | x   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 15.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 16.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 17.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 18.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 19.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 20.09.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Do    | 21.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 22.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 23.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 24.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 25.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 26.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 27.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 28.09.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 29.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 30.09.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 01.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 02.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 03.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 04.10.2023 | x   |   | x  |   | x  | x               |
| Do    | 05.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 06.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 07.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 08.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 09.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 10.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 11.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 12.10.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |

|             |  |
|-------------|--|
| Aufbau      | Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen |
| Einstellung | Einstellung der Tiere  |
| Messtag     | Probenahme und Kontrolle der Messtechnik                     |
| Ausstellung | Hier werden die Endparameter erfasst.                        |

Messplanung Standort 3 Durchgang 2

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Mo    | 23.10.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |
| Di    | 24.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 25.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 26.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 27.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 28.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 29.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 30.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 31.10.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 01.11.2023 | x   |   | x  |   | x  | x               |
| Do    | 02.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 03.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 04.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 05.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 06.11.2023 | x   | x   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Di    | 07.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 08.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 09.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 10.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 11.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 12.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 13.11.2023 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Di    | 14.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 15.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 16.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 17.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 18.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 19.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 20.11.2023 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Di    | 21.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 22.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 23.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 24.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 25.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 26.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 27.11.2023 | x   | x   | x  |   | x  | x               |
| Di    | 28.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 29.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 30.11.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 01.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 02.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 03.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 04.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 05.12.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |

- Aufbau Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen
- Einstellung Einstellung der Tiere
- Messtag Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstallung Hier werden die Endparameter erfasst.

## Messplanung Standort 3 Durchgang 3

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |  |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|--|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter   | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | Strömung, T, rF,<br>Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Do    | 14.12.2023 | x   |   |  | x   | x  | x               |
| Fr    | 15.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 16.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 17.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 18.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 19.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 20.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 21.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 22.12.2023 | x   | x   | x  |   | x  | x               |
| Sa    | 23.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 24.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 25.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 26.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 27.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 28.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 29.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 30.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 31.12.2023 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 01.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 02.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 03.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 04.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Fr    | 05.01.2024 | x   |   |  | nur pH                                      | x  | x               |
| Sa    | 06.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 07.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 08.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 09.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 10.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 11.01.2024 | x   |   |  |   | x  | x               |
| Fr    | 12.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 13.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 14.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 15.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 16.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 17.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Do    | 18.01.2024 | x   | x   | x  | nur pH                                      | x  | x               |
| Fr    | 19.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Sa    | 20.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| So    | 21.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mo    | 22.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Di    | 23.01.2024 | x   |   |  |   |  | x               |
| Mi    | 24.01.2024 | x   |   |  | x   | x  | x               |

|             |  |
|-------------|--|
| Aufbau      | Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen |
| Einstellung | Einstellung der Tiere  |
| Messtag     | Probenahme und Kontrolle der Messtechnik                     |
| Ausstallung | Hier werden die Endparameter erfasst.                        |

Messplanung Standort 4 Durchgang 1

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |   |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|---|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter                                  | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | T, rF, Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Do    | 15.02.2024 | x   |   |  | x   |   | x               |
| Fr    | 16.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 17.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 18.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 19.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 20.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 21.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 22.02.2024 | x   |   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 23.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 24.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 25.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 26.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 27.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 28.02.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 29.02.2024 | x   | x   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 01.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 02.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 03.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 04.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 05.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 06.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 07.03.2024 | x   |   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 08.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 09.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 10.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 11.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 12.03.2024 | x   |   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Mi    | 13.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 14.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 15.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 16.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 17.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 18.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 19.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 20.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 21.03.2024 | x   | x   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 22.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 23.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 24.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 25.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 26.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 27.03.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 28.03.2024 | x   |   |  | x   | x   | x               |

- Aufbau** Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen
- Einstellung** Einstellung der Tiere
- Messtag** Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstellung** Hier werden die Endparameter erfasst.

Messplanung Standort 4 Durchgang 2

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |   |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|---|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter                                  | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | T, rF, Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Di    | 02.04.2024 | x   |   |  | x   |   | x               |
| Mi    | 03.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 04.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 05.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 06.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 07.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 08.04.2024 | x   |   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Di    | 09.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 10.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 11.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 12.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 13.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 14.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 15.04.2024 | x   | x   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Di    | 16.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 17.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 18.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 19.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 20.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 21.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 22.04.2024 | x   |   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Di    | 23.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 24.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 25.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 26.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 27.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 28.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 29.04.2024 | x   |   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Di    | 30.04.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 01.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 02.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 03.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 04.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 05.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 06.05.2024 | x   | x   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Di    | 07.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 08.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 09.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 10.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 11.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 12.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 13.05.2024 | x   |   |  | x   | x   | x               |

- Aufbau** Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen
- Einstellung** Einstellung der Tiere
- Messtag** Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstellung** Hier werden die Endparameter erfasst.

**Messplanung Standort 4 Durchgang 3**

| Datum |            | Messkomponente  |   |  |   |   |                 |
|-------|------------|---|---|--|---|---|-----------------|
|       |            | Gasmessungen  |   | Futteranalysen                                     | Einstreuanalysen                            | Stallparameter                                  | Wetter          |
|       |            | FTIR<br>(CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> ,<br>N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O) | 30 Min<br>Impingement<br>(NH <sub>3</sub> ) | TS, ME, N, P, K,<br>Rohfaser,<br>Rohprotein, Lysin | pH, TS, org.<br>Substanz, N, P, K,<br>Na, S | T, rF, Druck,<br>Betriebsdaten,<br>Zählerstände | T, rF,<br>Druck |
| Do    | 16.05.2024 | x   |   |  | x   |   | x               |
| Fr    | 17.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 18.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 19.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 20.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 21.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 22.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 23.05.2024 | x   |   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 24.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 25.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 26.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 27.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 28.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 29.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 30.05.2024 | x   | x   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 31.05.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 01.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 02.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 03.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 04.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 05.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 06.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Fr    | 07.06.2024 | x   |   |  | nur pH                                      | x   | x               |
| Sa    | 08.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 09.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 10.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 11.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 12.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 13.06.2024 | x   |   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 14.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 15.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 16.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 17.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 18.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 19.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Do    | 20.06.2024 | x   | x   | x  | nur pH                                      | x   | x               |
| Fr    | 21.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Sa    | 22.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| So    | 23.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mo    | 24.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Di    | 25.06.2024 | x   |   |  |   |   | x               |
| Mi    | 26.06.2024 | x   |   |  | x   | x   | x               |

- Aufbau Auswahl der Messpunkte und Installation der Messgasleitungen
- Einstellung Einstellung der Tiere
- Messtag Probenahme und Kontrolle der Messtechnik
- Ausstellung Hier werden die Endparameter erfasst.

**Anlage 2:**

Die Daten der Anlage 2 wird dem Auftraggeber aufgrund der hohen Datenmenge als .zip-Datei zur Verfügung gestellt.

| <b>Ordner</b>   | <b>Inhalt</b>                                    |
|-----------------|--|
| 1_Messbericht   | Gesamtbericht der Untersuchungen                 |
| 2_Messdaten     | Rohdaten als Halbstundenmittelwerte dargestellt  |
| 3_Prüfberichte  | Analysen von Einstreu und Mist                   |
| 4_Betriebsdaten | Informationen zur Tierbeständen und Futtermengen |