



Metingen aan twee biologische combi- luchtwaters door twee geurlaboratoria

R.W. Melse, N.W.M. Ogink

Rapport 1172



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Metingen aan twee biologische combi- luchtwassers door twee geurlaboratoria

R.W. Melse, N.W.M. Ogink

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juni 2019

Rapport 1172

Melse, R.W., N.W.M. Ogink, 2019. *Metingen aan twee biologische combi-luchtwassers door twee geurlaboratoria*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1172.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/478475> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2019 Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl,
www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.
Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1172

Inhoud

	Samenvatting	5
	Summary	7
1	Inleiding	8
2	Materiaal en Methoden	10
	2.1 Praktijklocaties	10
	2.2 Meetprogramma	12
	2.2.1 Geur	12
	2.2.2 Ammoniak en stikstofoxiden (indicatief)	12
	2.2.3 Overige metingen	13
3	Resultaten	14
	3.1 Locatie 1	14
	3.2 Locatie 2	15
4	Discussie en conclusie	17
	4.1 Ontwerpverschillen Duitsland - Nederland	17
	4.2 Geur	17
	4.3 Ammoniak en stikstofoxiden	18
	4.4 Locatie van pH elektrode	18
	4.5 pH regeling en procescondities	19
	4.6 Conclusies en aanbevelingen	20
	Literatuur	21
	Bijlage 1 Geurmetingen	22

Samenvatting

Uit een praktijksteekproef die eerder werd uitgevoerd in Nederland (Melse et al., 2018b) bleek dat de geur- en ammoniakverwijderingsrendementen van combi-luchtwassers bij stallen beduidend lager waren dan verwacht werd op basis van eerder in Duitsland uitgevoerde onderzoeken en metingen. Mogelijk zijn deze lagere geurrendementen toe te schrijven aan verschillen in de uitvoering van de geurmetingen tussen Duitse en Nederlandse laboratoria. Ook kan de ruimere dimensionering van luchtwassers in de Duitse praktijkomgeving een rol bij hebben gespeeld. Het doel van dit onderzoek was om na te gaan of de gecertificeerde prestatie-niveaus kunnen worden gereproduceerd door een aantal metingen uit te voeren op twee praktijklocaties in Duitsland met elk een gecertificeerde biologische combi-luchtwasser. De geurmetingen werden tegelijkertijd door een Duits en een Nederlands geurlaboratorium uitgevoerd die met een verschillende responsmethode werken die beide binnen de EN13725 zijn toegelaten. Dit zijn dezelfde twee laboratoria die ook de geurmetingen in het eerdere onderzoek van Melse et al. (2018a) hebben gedaan. Daarnaast zijn het verwijderingsrendement voor ammoniak, de uitstoot van stikstofoxiden en de samenstelling van het waswater bepaald.

Uit de metingen blijkt dat de twee doorgemeten biologische combi-luchtwassers een beduidend lager gemiddeld geurrendement hadden dan het rendement van 85% waarvan eerder is uitgegaan op basis van de eerdere Duitse studies. Dit gold zowel voor de metingen die uitgevoerd waren door het Duitse laboratorium (locatie 1: 46%, locatie 2: 31%) als voor de metingen uitgevoerd door het Nederlandse laboratorium (locatie 1: 49%; locatie 2: 20%). Er zijn geen aanwijzingen dat bestaande verschillen in dimensionering en ontwerpcriteria tussen Duitsland en Nederland leiden tot grote verschillen in geurrendement. Verder blijkt dat de reproduceerbaarheid van olfactometrische metingen tussen laboratoria onvoldoende is. Aanbevolen wordt om een chemisch-analytische methode te ontwikkelen en praktijkrijp te maken om de geuremissie te kwantificeren.

De gevonden ammoniakrendementen voor beide locaties (minimaal 90%) waren wel aanzienlijk beter dan in de eerdere praktijksteekproef werd gevonden en voldeden daarmee aan de eisen zoals die in Nederland gelden. Mogelijke oorzaken hiervan zijn enerzijds de verschillen tussen Duitsland en Nederland wat betreft dimensionering en ontwerpcriteria van luchtwasser en ventilatiesysteem en anderzijds gebrekkig functioneren van een aantal luchtwassers in de eerdere praktijksteekproef door onvoldoende controle en procesbewaking (uitvoering onderhoud, bijsturen procescondities). Ten slotte volgt uit het onderzoek dat het nodig is om beter te definiëren waar de pH gemeten wordt (onder of boven het pakket) wanneer gesproken wordt over een minimaal of maximaal gewenste of vereiste pH waarde. De optredende verschillen kunnen namelijk een grote impact hebben op de emissie van stikstofoxiden.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Summary

An earlier field study (Melse et al., 2018b) in the Netherlands showed that the odour and ammonia removal efficiencies of the so called combi-airscrubbers at animal houses were significantly lower than were expected on basis of research and measurements that were done earlier in Germany. Possibly the lower odour removal efficiencies were related to differences in measurement methodology between the Dutch and German odour laboratory involved. Another cause could be differences in dimensioning criteria resulting in larger air scrubbers in German practice as compared to the Netherlands. The aim of this study was to investigate whether the certified performance levels could be reproduced by performing a number of measurements at two farm locations in Germany, each equipped with a certified biological combi-airscrubber. The odour measurements were carried out simultaneously by a German and a Dutch odour laboratory who worked with a different response method, both of which are permitted under EN13725. These are the same two laboratories that also performed the measurements in the earlier research by Melse et al. (2018a). In addition, the removal efficiency for ammonia, the emission of nitrogen oxides and the composition of the recirculation water were determined.

The measurements show that the two air scrubbers had a significantly lower average odour efficiency than the efficiency of 85% that was previously assumed on the basis of the earlier German studies. This applied both to the measurements performed by the German laboratory (location 1: 46%, location 2: 31%) and to the measurements performed by the Dutch laboratory (location 1: 49%; location 2: 20%). There are no indications that existing differences in dimensioning and design criteria between Germany and the Netherlands lead to large differences in odour efficiency. Furthermore, the results show that the reproducibility of olfactometric measurements between laboratories is insufficient. It is recommended to develop a chemical-analytical method and to prepare it for use to quantify odour emissions.

The ammonia removal performance that was found for both air scrubbers (90% or higher) was considerably better than the results of the earlier filed study. This may be caused by differences between Germany and the Netherlands in dimensioning and design criteria for air scrubbers and animal house ventilation, or by poor process conditions that occurred at some of the scrubbers in the field study.

Finally, the research shows that it is necessary to better define where the pH of the recirculation water is measured (below or above the package) when required minimum or maximum pH values are discussed and set. The occurring differences could have large impact on the emission of nitrogen oxides.

The study was commissioned by the Ministry of Infrastructure and Water Management and the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

1 Inleiding

In 2017 is een steekproef uitgevoerd in de provincies Noord-Brabant en Gelderland door bij ca. 50 luchtwassers in de praktijk een onaangekondigde meting van het geur- en ammoniakrendement uit te voeren (Melse et al., 2018b). In het onderzoek werden zowel chemische wassers, biowassers als combi-wassers betrokken.

Hieruit bleek dat de geur- en ammoniakverwijderingsrendementen van de combi-wassers beduidend lager waren dan verwacht. Het geurrendement van de combi-wassers (29 stuks) bedroeg gemiddeld 40%, terwijl dit volgens de Regeling geurhinder en veehouderij (Rgv) 75 tot 85% zou dienen te bedragen. Voor ammoniak werd een rendement van gemiddeld 59% gevonden, terwijl dit volgens de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) 85% dient te bedragen. Mede op basis van dit onderzoek heeft het Ministerie van IenW de Rgv geuremissiefactoren van de combi-wassers per 20 juli 2018 verhoogd naar een waarde die gelijkstaat aan een geuremissiereductie van 45% voor combi-wassers met een biologische wasstap en 30% voor combi-wassers met een chemische wasstap. De emissiefactoren voor ammoniak zijn ongewijzigd gebleven.

De emissiereducties die tot 20 juli 2018 in de Rgv en Rav waren vastgesteld voor combi-wassers zijn gebaseerd op een aantal onderzoeken dat is uitgevoerd door een Duitse certificerende instantie en metingen van een Duits geurlaboratorium (zie voor nadere details Melse et al., 2018b). In de regel betrof dit luchtwasinstallaties die eerst onder begeleiding van de (certificerende) instanties werden geoptimaliseerd en vervolgens tijdens de uitvoering van het testprogramma voor de certificering ook onder toezicht stonden van deze instanties. Voor de geurmetingen uit deze meetprogramma's geldt dat deze zijn uitgevoerd door Duitse laboratoria, conform de geldende geurnorm EN-13725 (CEN, 2013).

In Nederland wordt deze geurnorm eveneens gehanteerd, maar er bestaan aanwijzingen dat verschillen in de gebruikte procedures en analyseapparatuur in het laboratorium kunnen leiden tot systematische verschillen tussen geurmetingen van verschillende laboratoria, zoals bijvoorbeeld bleek uit Deens onderzoek (Jonassen et al., 2012; Riis, 2012) en een Nederlandse ringtest in 2011 (zie Bijlage 3 van Melse et al., 2018). Uit de Nederlandse ringtest met metingen aan een biologische wasser bij een varkensstal traden niet alleen significante verschillen in gemeten geurconcentraties tussen de betrokken laboratoria op, maar verschilden de geurverwijderingsrendementen eveneens aanzienlijk tussen laboratoria, in dit specifieke geval variërend van gemiddeld 12 tot 76% geurverwijdering. In 2016 werd wederom gevonden dat er systematische verschillen kunnen bestaan in geurconcentraties zoals die door verschillende geurlaboratoria worden gemeten (Melse et al., 2018a). In dit onderzoek, waarbij twee combi-wassers werden doorgemeten met twee verschillende geurlaboratoria, lagen de door het Nederlandse laboratorium gemeten geurconcentraties gemiddeld gezien 4,5 maal zo hoog als de waarden die door het Duitse laboratorium werden gemeten. Het niveauverschil tussen de laboratoria vertaalde zich in die studie niet in significante geurrendementsverschillen tussen beide laboratoria, maar opgemerkt moet worden dat er sprake was van slecht functionerende wassers met lage geurrendementen.

Echter ook voor de ammoniakverwijdering geldt dat in de steekproef uit 2017 (Melse et al., 2018b) significant lagere rendementen zijn gevonden dan in de eerdere Duitse certificeringstesten, terwijl hier voor zover bekend geen systematische verschillen tussen meetmethoden een rol spelen. Dit werpt de vraag op of het meten aan een luchtwasser onder gecontroleerde omstandigheden (zoals in het Duitse onderzoek het geval is) wel een goed beeld geeft van de werking van een dergelijk systeem in de Nederlandse praktijk. Blijkbaar is er in de Nederlandse praktijk (zie de resultaten van de steekproef uit 2017) sprake van een aantal factoren die de ammoniakverwijdering van de luchtwasser negatief beïnvloedt, zonder dat deze factoren voldoende bekend zijn of gemeten worden. Mogelijk dat deze factoren ook van invloed zijn op de geurverwijdering.

Een van deze factoren zou kunnen samenhangen met de manier waarop in Duitsland uitgevoerde metingen vertaald worden naar de Nederlandse situatie. In Duitsland wordt in een varkensstal in de regel een ventilatiecapaciteit geïnstalleerd die ca. 25% hoger is dan in Nederland het geval is. Dit hangt mede samen met de eis in Duitsland dat de ammoniakconcentratie in de stal (oftewel in de

ingaaende lucht van de wasser) niet hoger mag zijn dan 20 ppm. Dit betekent ook dat een luchtwasser in Duitsland in de regel groter wordt gedimensioneerd dan in Nederland het geval is.

Met deze achtergrond is besloten om op twee praktijklocaties in Duitsland een aantal geurmetingen uit te voeren bij door DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt, Duitsland) gecertificeerde combi-luchtwassers. Het doel van het onderzoek is om na te gaan of de gecertificeerde prestatieniveaus kunnen worden gereproduceerd door tegelijkertijd metingen uit te voeren met een Duits en een Nederlands geurlaboratorium die met een verschillende responsmethode werken (beide responsmethoden zijn binnen de EN13725 toegelaten). Dit zijn dezelfde twee laboratoria die ook de metingen in het eerdere onderzoek (Melse et al., 2018a) hebben gedaan. Aangezien voor de twee luchtwassers en bijbehorende stallen geldt dat deze volgens de in Duitsland gangbare normen zijn gedimensioneerd, is beïnvloeding van de resultaten als gevolg van afwijkingen in dimensionering en ontwerp (wat in de eerdere studie mogelijk een rol heeft gespeeld, aangezien deze in Nederland plaatsvond) daarmee uitgesloten.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Praktijklocaties

Het doel was om 2 combi-wassers uit te kiezen op locaties in Duitsland, van een type dat ook in Nederland wordt gebouwd door dezelfde leveranciers. Verder was het de bedoeling om 2 locaties te kiezen waarbij, voor zover bekend, volgens de leverancier en veehouder sprake is van een goed werkende luchtwasser. Na overleg met opdrachtgever, luchtwasserleveranciers en de geurlaboratoria zijn 2 locaties uitgekozen.

In Tabel 1 en 2 worden de specificaties van de luchtwassers weergegeven, zoals die in het dimensioneringsplan van de betreffende installatie zijn opgenomen.

Tabel 1 Ontwerpparameters en specificaties van luchtwasser op "Locatie 1".

Ontwerpparameter	Specificatie
Type	Biotrickling filter met voorbevochtiging
Locatie	Duitsland
Certificering	DLG-Prüfbericht 6178: "Biologischer Rieselbettreaktor BioCombie für die Schweinehaltung" (DLG, 2018)
Leverancier	Uniqfill Air BV
BWL nummer wanneer toegepast in Nederland	BWL 2009.12: "Gecombineerd luchtwassysteem 85% ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser" (IenW, 2018a)
Diercategorie	vleesvarkens
Type voer	droogvoer
Maximum aantal dieren (basis voor ontwerp van luchtwasser)	1.520
Ontwerp luchtdebiet (maximum) (*)	133.760 m ³ /uur (= 88 m ³ per vleesvarken per uur)
Flow configuratie	Tegenstroom
Dimensies van pakkingsmateriaal (Lengte / Hoogte / Breedte)	16,8 m / 1,5 m / 2,4 m
Volume van pakkingsmateriaal	60,5 m ³
Aanstroomoppervlak (loodrecht op luchtstroom)	40,3 m ²
Oppervlaktebelasting	3.319 m ³ lucht per uur per m ²
Minimum luchtverblijftijd EBRT (*)	1,63 s
Uitstroomopening	8 schoorstenen met uitstroomoppervlak van 0,66 m ² per stuk, dus in totaal 5,28 m ²
pH-regeling aanwezig?	Ja, dosering van geconcentreerd zwavelzuur (H ₂ SO ₄ , 96%) en natriumbicarbonaat (dosering NaHCO ₃ poeder) in recirculatiebassin
Locatie pH elektrode	Er is sprake van 2 pH metingen: een bevindt zich in de persleiding van de pomp, dus in het water wat rechtstreeks naar sproeiers gaat ("boven pakket"), de ander meet de pH in het water wat onderuit het pakkingsmateriaal druppelt ("onder pakket")
Gewenste pH range	6,5 - 6,9
Spuiregeling	op basis van meting EC
Setpoint voor spuiregeling	≤ 23 mS/cm
Locatie EC elektrode	In persleiding van de pomp, dus in water wat rechtstreeks naar sproeiers gaat ("boven pakket")

(*) EBRT = empty bed residence time.

Tabel 2 Ontwerpparameters en specificaties van luchtwasser op "Locatie 2".

Ontwerpparameter	Specificatie
Type	Biotrickling filter met voorbevochtiging
Locatie	Duitsland
Certificering	DLG-Prüfbericht 5879: Abluftreinigungsanlage "Biologic Clean Air Kombiwäscher BCA 70/90" (DLG, 2009)
Leverancier	Devriecom b.v.
BWL nummer wanneer toegepast in Nederland	BWL 2010.02: "Gecombineerd luchtwassysteem 85% ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser" (IenW, 2018b)
Diercategorie	vleesvarkens
Type voer	droogvoer
Maximum aantal dieren (basis voor ontwerp van luchtwasser)	1.024
Ontwerp luchtdebiet (maximum) (*)	80.896 m ³ /uur (= 79 m ³ per vleesvarken per uur)
Flow configuratie	Tegenstroom
Dimensies van pakkingsmateriaal (Lengte / Hoogte / Breedte)	15,4 m / 1,2 m / 2,4 m
Volume van pakkingsmateriaal	44,35 m ³
Aanstroomoppervlak (loodrecht op luchtstroom)	36,96 m ²
Oppervlaktebelasting	2189 m ³ lucht per uur per m ²
Minimum luchtverblijftijd EBRT (*)	1,97 s
Uitstroomopening	rechthoekige opening van 8,64 m ²
pH-regeling aanwezig?	Ja, dosering van geconcentreerd zwavelzuur (H ₂ SO ₄ , 96%) en natriumhydroxide (oplossing 32%); doseerpunt bevond zich eerst in recirculatiebassin, later tijdelijk in persleiding van recirculatiepomp
Locatie pH en EC electrode	Aankankelijk was sprake van één pH en één EC elektrode in de persleiding van de pomp; de elektroden zaten daarmee na het doseerpunt van de pH regeling in het water wat rechtstreeks naar sproeiers gaat ("boven pakket"). Toen het doseerpunt tijdelijk werd verplaatst naar de persleiding bevonden de elektroden zich voor het doseerpunt (dus tussen doseerpunt en pomp). Uiteindelijk is het doseerpunt weer teruggeplaatst naar het recirculatiebassin en is een tweede pH elektrode geplaatst die de pH meet van water wat onderuit pakket druppelt ("onder pakket").
Gewenste pH range	6,5 - 6,8
Spuiregeling	op basis van meting EC
Setpoint voor spuiregeling	≤ 20 mS/cm

(*) EBRT = empty bed residence time.

Wat betreft de dimensionering van het ventilatiesysteem van de stal (ventilatiecapaciteit per dierplaats) dient opgemerkt te worden dat in Duitsland en Nederland in het algemeen andere criteria worden gebruikt. Daarnaast kunnen er verschillen bestaan tussen de criteria van DLG en de systeembeschrijvingen van de BWL-nummers met betrekking tot de vereiste minimale grootte van het waspakket, oftewel de minimale luchtverblijftijd in het pakket.

Wanneer de luchtwasser die in Tabel 1 wordt beschreven in Nederland wordt toegepast, geldt volgens de systeembeschrijving van BWL 2009.12V4 een maximale belasting van 4.080 m³ lucht per uur per m² aanstroomoppervlak, oftewel 2.720 m³ lucht per uur per m³ pakket bij een pakketdikte van 1,5 m. Wanneer een maximaal ventilatiedebiet van 80 m³ per vleesvarkenplaats per uur wordt aangehouden (het Klimaatplatform Varkenshouderij (2014) adviseert voor vleesvarkens 60-80 m³/uur, afhankelijk van het ventilatiesysteem) zou het volume van het pakkingsmateriaal volgens de BWL beschrijving minimaal 44,7 m³ bedragen. Dit betekent dat de luchtwasser dan 26% lager zou zijn dan de in Tabel 1 beschreven wasser die een pakket heeft van 60,5 m³. Wanneer een maximaal ventilatiedebiet van 60 m³ per vleesvarkenplaats per uur wordt aangehouden, komt het minimale volume van het waspakket berekend volgens de BWL eisen uit op 33,5 m³, wat 45% lager is dan de 60,5 m³ uit Tabel 1.

Voor de luchtwasser die in Tabel 2 wordt beschreven geldt iets vergelijkbaars. Wanneer deze in Nederland wordt toegepast, geldt volgens de systeembeschrijving van BWL 2010.02V6 een maximale belasting van 2.250 m³ lucht per uur per m² aanstroomoppervlak, oftewel 1.875 m³ lucht per uur per m³ pakket bij een pakketdikte van 1,2 m. Wanneer ook hier een maximaal ventilatiedebiet van 80 m³ per vleesvarkenplaats per uur wordt aangehouden, zou het volume van het pakkingsmateriaal volgens de BWL beschrijving minimaal 43,69 m³ bedragen, hetgeen praktisch gelijk is aan het volume van 44,35 m³ van de luchtwasser die in Tabel 2 wordt beschreven. Wanneer een maximaal ventilatiedebiet van 60 m³ per vleesvarkenplaats per uur wordt aangehouden, komt het minimale volume van het waspakket berekend volgens de BWL eisen uit op 32,7 m³, wat 26% lager is dan de 44,35 m³ uit Tabel 2.

2.2 Meetprogramma

Op beide locaties in Duitsland is een meetprogramma uitgevoerd van 4 meetsessies, in de periode februari tot april 2019. Tijdens elke meetsessie zijn door twee verschillende laboratoria, het Nederlandse Buro Blauw (Wageningen) en het Duitse LUFA Nord-West (Oldenburg), metingen gedaan.

2.2.1 Geur

Tijdens elke meetsessie nam elk laboratorium tegelijkertijd twee monsters van de ingaande lucht (dus een duplo) en twee monsters van de uitgaande lucht (eveneens een duplo). De monsters werden respectievelijk genomen in de periode tussen 8:30 en 10:00 (locatie 1) en tussen 11:00 en 12:30 (locatie 2); de monsternameduur bedroeg telkens 30 minuten, conform het VERA protocol. In alle gevallen werd gebruik gemaakt van nalophaan-folie (PET) geurzakken. De monsters werden door beide labs op dezelfde plaats en tegelijkertijd genomen. De monsters werden vervolgens op dezelfde dag (tenzij anders vermeld) geanalyseerd door de laboratoria conform de geurnorm EN-13725 en gerapporteerd in Europese geureenheden (OU_E/m^3) (CEN, 2013). De gevoeligheid van de panelleden werd voor de metingen getest met n-butanol, conform EN-13725. Elk laboratorium analyseerde de zelfgenomen monsters; de monsters werden niet voorverdund. Het geurlaboratorium van Buro Blauw werkt binnen de geurnorm volgens de bij Nederlandse laboratoria gangbare 'gedwongen keuze' analysemethode, en het laboratorium van LUFA Nord-West werkt binnen de geurnorm volgens de in de Duitse laboratoria gangbare 'ja/nee' analysemethode.

Het geurrendement van de wasser werd voor elke meting als volgt berekend:

$$\text{Rendement (\%)} = 100 \times [(C_{in} - C_{uit}) / C_{in}]$$

waarbij:

C_{in} = ingaande geurconcentratie, OU_E/m^3 ;

C_{uit} = uitgaande geurconcentratie, OU_E/m^3 .

Op vergelijkbare wijze kan voor ammoniak (zie onderstaand de bepalingsmethode) het verwijderingsrendement worden berekend.

Tevens werd per locatie het gemiddelde geurrendement en de standaardfout van het gemiddelde (*standard error of the mean* (sem)) berekend op basis van de geurrendementen van de 4 metingen.

2.2.2 Ammoniak en stikstofoxiden (indicatief)

Verder zijn ter plaatse door beide laboratoria met behulp van gasdetectiebuisjes indicatieve metingen uitgevoerd van het gehalte ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO_x). Dit type metingen betreft een momentopname en is niet gebaseerd op een voor het vaststellen van emissiefactoren erkende meetmethode. De methode is echter wel geschikt om een indicatie te geven van concentratieniveaus, zij het dat uit eerder onderzoek naar meting van NH_3 met gasdetectiebuisjes blijkt dat de verwijderingsrendementen enigszins kunnen worden overschat doordat de gasdetectiebuisjes in de uitgaande lucht een lagere concentratie meten dan met de nat-chemische referentiemethode (Melse et al., 2012).

Voor de meting van het ammoniakgehalte (NH_3) in zowel de lucht voor als na de luchtwasser, werd door Buro Blauw gebruik gemaakt van gasdetectiebuisjes van het merk Kitagawa, typ 105SD (0,2 - 20 ppm NH_3 , meting in duplo). LUFA Nord-West gebruikte hiervoor gasdetectiebuisjes van het merk Dräger, type Ammonia 2/a (67 33 231) (2-30 ppm NH_3 , enkelvoudige meting).

Voor de meting van het gehalte aan stikstofoxiden (NO_x) in de lucht na de luchtwasser werd door Buro Blauw gebruik gemaakt van gasdetectiebuisjes van het merk Kitagawa, type 175U (0,5-30 ppm NO_x , meting in duplo). LUFA Nord-West gebruikte hiervoor gasdetectiebuisjes van het merk Dräger, type Nitrous Fumes 0.2/a (81 03 661, S.202) (0.2-30 ppm NO_x , enkelvoudige meting). Lachgas (N_2O) wordt door deze gasdetectiebuisjes niet gedetecteerd.

2.2.3 Overige metingen

Verder zijn tijdens elk bezoek monsters genomen van het waswater van de luchtwassers. In deze monsters werd de pH en de EC bepaald zowel door Buro Blauw als door LUFA Nord-West. Ook zijn deze waarden afgelezen op de regelkast van de luchtwasser.

De pH staat voor de 'zuurgraad', waarbij een waarde van ca. 6 - 8 wordt beschouwd als 'neutraal', een waarde lager dan ca. 6 als 'zuur', en een waarde hoger dan ca. 8 als 'basisch', ook wel 'alkalisch' genoemd. De EC staat voor de 'elektrische geleidbaarheid' (Electrical Conductivity), wat een maat is voor de totale hoeveelheid opgeloste zouten, waaronder NH_4^+ , NO_2^- en NO_3^- .

In het chemisch laboratorium zijn aanvullend analyses gedaan van het gehalte NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- en SO_4^{2-} .

Verder is door LUFA Nord-West een indicatieve meting gedaan van het ventilatiedebiet door de uitstroomsnelheid van de lucht te meten. Hiertoe is (om invloed van wind te voorkomen) op de druppelvanger een buis geplaatst waarna de luchtsnelheid in de buis werd bepaald. Door deze vervolgens met het oppervlak van de uitstroomopening van de wasser te vermenigvuldigen (40 resp. 37 m², zie Tabel 1) volgt het ventilatiedebiet door de luchtwassers.

Ook is genoteerd wat het aantal dieren in de stal was en het gemiddelde diergewicht (beide volgens opgave van de betreffende veehouder).

Ten slotte is de data afkomstig uit het elektronische logboek (waarin elk uur de belangrijkste parameters worden geregistreerd) van beide locaties aan ons beschikbaar gesteld.

3 Resultaten

3.1 Locatie 1

In Tabel 3, 4 en 5 worden voor locatie 1 de bedrijfsomstandigheden (aantal dieren, gemiddelde diergewicht en indicatieve luchtdebiet) en de resultaten van de metingen van geur, ammoniak en stikstofoxiden weergegeven. In Tabel 6 en 7 worden ten slotte de metingen aan het waswater gerapporteerd.

Tabel 3 Bedrijfsvoering tijdens metingen: Locatie 1.

		Aantal dieren	Gemiddeld diergewicht (kg)	Indicatief luchtdebiet (¹) (m ³ /uur)
Meting 1	14 feb. 2019	544	35	17.000 (13%)
Meting 2	21 feb. 2019	1.155	38	15.200 (11%)
Meting 3	14 mrt 2019	1.217	50	22.800 (17%)
Meting 4	2 april 2019	1.210	70	20.900 (16%)

(¹) Waarde tussen haakjes is het percentage van het ontwerpdebiet, d.w.z. 133.760 m³/uur = 100%, op basis van 1.520 vleesvarkensplaatsen.

Tabel 4 Resultaten metingen geur en debiet: Locatie 1.

Metingen LUFA Nord-West				
		Geur-in (¹) (OU _E /m ³)	Geur-uit (¹) (OU _E /m ³)	Rendement (%)
Meting 1	14 feb. 2019	1517	276	82
Meting 2	21 feb. 2019	660	247	63
Meting 3	14 mrt 2019	1100 (²)	922	16
Meting 4	2 april 2019	1660	1250	25
Gemiddelde		1234	674	46
Sem (³)		225	247	16
Metingen Buro Blauw				
		Geur-in (¹) (OU _E /m ³)	Geur-uit (¹) (OU _E /m ³)	Rendement (%)
Meting 1	14 feb. 2019	2318 (⁴)	1006 (⁴)	57
Meting 2	21 feb. 2019	2460	1388	44
Meting 3	14 mrt 2019	4443	2798	37
Meting 4	2 april 2019	3135	1238	61
Gemiddelde		3089	1607	49
Sem (³)		485	404	5

(¹) Gemiddelde van duplo-meting, tenzij anders vermeld; zie Bijlage 1 voor resultaten van de enkelvoudige metingen.

(²) Enkelvoudige bepaling i.v.m. lekkage tweede monsterzak.

(³) Sem = Standard error of the mean.

(⁴) Helft van geurpanel heeft op zelfde dag, helft heeft op volgende dag meting uitgevoerd.

Tabel 5 Resultaten indicatieve metingen ammoniak en stikstofoxiden: Locatie 1.

Metingen LUFA Nord-West (¹)					
		NH ₃ -in (ppm)	NH ₃ -uit (ppm)	Rendement (%)	NO _x -uit (ppm)
Meting 1	14 feb. 2019	20	2	90	<0,1
Meting 2	21 feb. 2019	20	2	90	0,5
Meting 3	14 mrt 2019	21	2	90	0,5
Meting 4	2 april 2019	21	2	90	0,25
Metingen Buro Blauw (²)					
		NH ₃ -in (ppm)	NH ₃ -uit (ppm)	Rendement (%)	NO _x -uit (ppm)
Meting 1	14 feb. 2019	20	2	90	0,5
Meting 2	21 feb. 2019	22	2,3	90	0,5
Meting 3	14 mrt 2019	29	2	93	<0,5
Meting 4	2 april 2019	30	2	93	0,25

(¹) Enkelvoudige meting.

(²) Gemiddelde van duplo-meting.

Tabel 6 Metingen waswater, uitgevoerd ter plaatse: Locatie 1 (1).

		Display luchtwasser		LUFA Nord-West		Buro Blauw	
		pH	EC (mS/cm)	pH	EC (mS/cm)	pH	EC (mS/cm)
Meting 1	14 feb. 2019	7,1	19	7,4	21	7,3	22
Meting 2	21 feb. 2019	7,1	20	7,3	22	7,2	24
Meting 3 (1)	14 mrt 2019	7,0 / 6,9	20	7,1 / 7,2	23	7,1	
Meting 4 (1)	2 april 2019	7,4 / 7,1	20	7,3 / 7,3	22	7,2	24

(1) Wanneer bij de pH meting een waarde wordt genoemd, betreft dit het water wat naar de sproeiers gaat ("boven pakket"). Wanneer ook een tweede waarde wordt genoemd, betreft dit het water wat onderuit het pakkingsmateriaal druppelt ("onder pakket").

Tabel 7 Metingen waswater, laboratoriumanalyses: Locatie 1 (1).

		pH	EC (mS/cm)	NH ₄ ⁺ -N (g/l)	NO ₂ ⁻ -N (g/l)	NO ₃ ⁻ -N (g/l)	SO ₄ ²⁻ (g/l)
Meting 1	14 feb. 2019	7,0	22	2,16	0,92	0,10	6,84
Meting 2	21 feb. 2019	7,1	23	2,42	0,83	0,09	8,01
Meting 3	14 mrt 2019	7,0	23	2,64	1,13	0,07	6,35
Meting 4	2 april 2019	7,1	22	2,61	1,30	0,09	5,14

(1) De monsters betreffen het water dat naar de sproeiers gaat ("boven pakket").

3.2 Locatie 2

In Tabel 8, 9 en 10 worden voor locatie 2 de bedrijfsomstandigheden (aantal dieren, gemiddelde diergewicht en indicatieve luchtdebiet) en de resultaten van de metingen van geur, ammoniak en stikstofoxiden weergegeven. In Tabel 11 en 12 worden ten slotte de metingen aan het waswater gerapporteerd.

Tabel 8 Bedrijfsvoering tijdens metingen: Locatie 2.

		Aantal dieren	Gemiddeld diergewicht (kg)	Indicatief luchtdebiet (1) (m ³ /uur)
Meting 1	14 feb. 2019	1.000	55	31.000 (38%)
Meting 2	21 feb. 2019	1.000	60	40.000 (49%)
Meting 3	14 mrt 2019	930	88	43.500 (54%)
Meting 4	2 april 2019	600	110	47.300 (58%)

(1) Waarde tussen haakjes is het percentage van het ontwerpdebiet, d.w.z. 80.896 m³/uur = 100%, op basis van 1024 vleesvarkensplaatsen.

Tabel 9 Resultaten geurmetingen: Locatie 2.

Metingen LUFA Nord-West			
		Geur-in (1) (OU _E /m ³)	Geur-uit (1) (OU _E /m ³)
Meting 1	14 feb. 2019	1097	184
Meting 2	21 feb. 2019	436	373
Meting 3	14 mrt 2019	1845	1702
Meting 4	2 april 2019	1208	990
Gemiddelde		1146	812
Sem (2)		289	342
Metingen Buro Blauw			
		Geur-in (1) (OU _E /m ³)	Geur-uit (1) (OU _E /m ³)
Meting 1	14 feb. 2019	3071 (3)	2537 (3)
Meting 2	21 feb. 2019	2361	2680
Meting 3	14 mrt 2019	5613	3177
Meting 4	2 april 2019	2577	1755
Gemiddelde		3405	2537
Sem (2)		751	295

(1) Gemiddelde van duplo-meting, tenzij anders vermeld; zie Bijlage 1 voor resultaten van de enkelvoudige metingen.

(2) Sem = Standard error of the mean.

(3) Helft van geurpanel heeft op zelfde dag, helft heeft op volgende dag metingen gedaan.

Tabel 10 Resultaten indicatieve metingen ammoniak en stikstofoxiden: Locatie 2.

Metingen LUFA Nord-West ⁽¹⁾		NH ₃ -in (ppm)	NH ₃ -uit (ppm)	Rendement (%)	NO _x -uit (ppm)
Meting 1	14 feb. 2019	15	<0,5	>97	2
Meting 2	21 feb. 2019	14	<0,5	>97	3
Meting 3	14 mrt 2019	13	<0,5	>96	2
Meting 4	2 april 2019	23	<0,5	>98	1
Metingen Buro Blauw ⁽²⁾		NH ₃ -in (ppm)	NH ₃ -uit (ppm)	Rendement (%)	NO _x -uit (ppm)
Meting 1	14 feb. 2019	19	<0,3	>98	1,8
Meting 2	21 feb. 2019	18,5	<0,3	>98	3
Meting 3	14 mrt 2019	n.b. ⁽³⁾	<0,3	n.b. ⁽³⁾	<0,3
Meting 4	2 april 2019	23	0,5	98	1,5

(¹) Enkelvoudige meting.

(²) Gemiddelde van duplo-meting.

(³) n.b. = niet bekend.

Tabel 11 Metingen waswater, uitgevoerd ter plaatse: Locatie 2 (¹).

		Display luchtwater		LUFA Nord-West		Buro Blauw	
		pH	EC (mS/cm)	pH	EC (mS/cm)	pH	EC (mS/cm)
Meting 1	14 feb. 2019	6,7	15	6,7	14	6,8	15
Meting 2	21 feb. 2019	6,9	14	7,1	13	7,2	13
Meting 3 (¹)	14 mrt 2019	6,9	16	7,0 / 6,8	15	6,9 / 6,8	16
Meting 4 (¹)	2 april 2019	7,4 / 6,9	14	7,4 / 7,0	13	7,6 / 7,2	14

(¹) Wanneer bij de pH meting een waarde wordt genoemd, betreft dit het water wat naar de sproeiers gaat ("boven pakket"). Wanneer ook een tweede waarde wordt genoemd, betreft dit het water wat onderuit het pakkingsmateriaal druppelt ("onder pakket").

Tabel 12 Metingen waswater, laboratoriumanalyses: Locatie 2 (¹).

		pH	EC (mS/cm)	NH ₄ ⁺ -N (g/l)	NO ₂ ⁻ -N (g/l)	NO ₃ ⁻ -N (g/l)	SO ₄ ²⁻ (g/l)
Meting 1	14 feb. 2019	6,7	13	1,29	1,28	0,12	0,73
Meting 2	21 feb. 2019	6,7	13	1,03	1,32	0,10	0,52
Meting 3	14 mrt 2019	6,7	16	0,83	1,82	0,09	0,44
Meting 4	2 april 2019	7,6	13	0,59	1,61	0,05	0,39

(¹) De monsters betreffen het water dat naar de sproeiers gaat ("boven pakket").

4 Discussie en conclusie

4.1 Ontwerpverschillen Duitsland - Nederland

Zoals in de inleiding beschreven was het doel om metingen uit te voeren aan twee luchtwassers van een type dat zowel in Duitsland als in Nederland wordt gebouwd. Ook al is er in dit onderzoek sprake van een type luchtwassers dat door deze leveranciers in zowel Duitsland als Nederland wordt gebouwd, er bestaan toch enige verschillen in de uitvoering, het ontwerp en de geldende criteria:

- In de eerste plaats zijn er verschillen in de minimale grootte van de luchtwasser, zoals in Tabel 1 en 2 nader is toegelicht, aangezien andere criteria voor de ventilatiecapaciteit per dierplaats gelden. Wanneer we de grootte van de luchtwasser uitdrukken als m³ pakkingsmateriaal per dierplaats, dan kan een wasser in Duitsland ca. 25 - 50% groter zijn, zo wordt ingeschat. Het gevolg van een hogere ventilatiehoeveelheid per dier heeft ook tot gevolg dat de stallucht naar verwachting een lagere geurconcentratie en een lagere ammoniakconcentratie zal bevatten. Ook dit laatste kan van invloed zijn op het verwijderingsrendement.
- Daarnaast is een pH regeling in Duitsland vaak een eis, terwijl dit in Nederland niet verplicht is maar sinds november 2017 wel wordt toegestaan (zie InfoMil, 2017).
- In alle gevallen (of een pH regeling nu wel of niet aanwezig is) geldt voor de pH waarde van het waswater dat deze zich niet buiten de toegelaten range mag bevinden. In de Nederlandse BWL beschrijvingen wordt hiervoor een range gehanteerd van 6,5 tot 7,5, in de Duitse DLG eisen (zie Tabel 1) worden meestal lagere waarden gehanteerd.
- Het is niet altijd duidelijk waar deze pH zou moeten worden gemeten (onder of boven het pakket), zowel in de DLG beschrijvingen als in de BWL beschrijvingen is dit niet (altijd) duidelijk gespecificeerd. Bij actief werkende biologische luchtwassersystemen kan de pH onder het pakket echter tot maximaal ca. 1,0 eenheid lager zijn dan boven het pakket.

4.2 Geur

Op locatie 1 (DLG 6178/BWL 2009.12) is door LUFA Nord-West en Buro Blauw een gemiddelde geurverwijdering van 46% respectievelijk 49% gevonden. Op locatie 2 is (DLG 5879/BWL 2010.02) door LUFA Nord-West en Buro Blauw een gemiddelde geurverwijdering van 31% respectievelijk 20% gevonden. De door beide laboratoria gevonden gemiddelde rendementen zijn beduidend lager dan het geurrendement van 85% waarvan tot 20 juli 2018 uitgegaan werd in de Rgv voor BWL 2009.12 en BWL 2010.02. De resultaten liggen in lijn met de geurverwijderingsrendementen die in een eerdere steekproef zijn gevonden bij combi-wassers (Melse et al., 2018b). Aangezien de luchtmonsters op dezelfde plek en tegelijkertijd zijn genomen door beide laboratoria, moeten de gevonden verschillen te wijten zijn aan de activiteiten die hebben plaatsgevonden na de monsternamen, dat wil zeggen de behandeling van de monsters (opslag, transport) gevolgd door analyse in het laboratorium. Wanneer aangenomen wordt dat het probleem van reproduceerbaarheid vooral speelt tussen verschillende laboratoria, blijft onduidelijk waarom de geurrendementen die volgen uit de eerdere DLG studies (DLG, 2009, 2018), die eveneens waren uitgevoerd door het laboratorium van LUFA Nord-West, niet konden worden gereproduceerd. Aangezien er sprake was van luchtwassers die gebouwd waren onder dezelfde certificering door dezelfde leveranciers en de metingen werden uitgevoerd door hetzelfde geurlaboratorium, werd verwacht dat vergelijkbare geurrendementen gevonden zouden worden.

De gemiddelde geurrendementen voor beide locaties komen, gezien de spreiding van de metingen, goed overeen tussen de verschillende laboratoria. Wanneer echter de resultaten van individuele meetdagen worden vergeleken tussen de laboratoria, zijn er zeer grote verschillen te zien in het gevonden geurrendement. Dit geeft aan dat de geurrendementsmetingen niet goed reproduceerbaar zijn tussen de verschillende laboratoria. De duplo bepalingen die de laboratoria zelf hebben uitgevoerd (zie Bijlage 1) liggen wel heel dicht bij elkaar.

Daarnaast laten de gemeten geurconcentraties grote verschillen zien: gemiddeld gezien zijn de door Buro Blauw gemeten concentraties 2,75 maal zo hoog als de door LUFA Nord-West gemeten concentraties (in eerder onderzoek werd voor een vergelijkbare meetserie gemiddeld een factor 4,5 maal gevonden, Melse et al., 2018a).

Verder gold voor de door LUFA Nord-West uitgevoerde metingen dat 2 van de 4 metingen op locatie 1 en 3 van de 4 metingen op locatie 2 een geurconcentratie na de wasser lieten zien van $> 300 \text{ OU}_E/\text{m}^3$, een waarde die als maximum geurconcentratie wordt gehanteerd in Duitsland.

Gezien de resultaten zijn er geen aanwijzingen dat verschillen in dimensionering en ontwerpcriteria tussen Duitsland en Nederland zouden leiden tot grote verschillen in geurrendement.

4.3 Ammoniak en stikstofoxiden

De indicatieve ammoniakmetingen lieten op beide locaties een rendement van minimaal 90% zien en voldeden daarmee aan de eis van 85% ammoniakverwijdering zoals die in Nederland geldt voor dit type luchtwassers. Deze resultaten zijn aanzienlijk beter dan het gemiddelde ammoniakrendement van 59% zoals dat in de eerdere steekproef is gevonden bij 29 combi-wassers (Melse et al., 2018b). De verschillen in dimensionering en ontwerpcriteria tussen Duitsland en Nederland (lagere belasting en pH regeling) zijn een mogelijke oorzaak van het hogere ammoniakrendement in dit onderzoek. Daarnaast is het mogelijk dat niet uitgevoerd onderhoud of onvoldoende procesbewaking en processturing een negatief effect hebben gehad op de ammoniakverwijdering in het eerdere onderzoek.

Als er productie van stikstofoxide plaatsvindt, is het netto rendement van de stikstofverwijdering lager - qua stikstofemissie staat 1 ppm NO_x namelijk gelijk aan 1 ppm NH_3 . De productie van stikstofoxiden bedroeg op locatie 1 maximaal 0,5 ppm, wat in het algemeen beschouwd wordt als een concentratie die normaal is voor een biologisch nitrificatiesysteem.

Op locatie 2 werd tijdens de eerste en in het bijzonder de tweede meting een betrekkelijk hoge concentratie NO_x werd gemeten in de lucht na de luchtwasser. Omdat gevreesd werd dat hierdoor geen sprake was van een normaal werkende installatie, is besloten een aantal aanpassingen van het luchtwassysteem uit te voeren. Het is bekend dat een (te) lage pH productie van NO_x tot gevolg kan hebben heeft (Melse, 2018c), zoals ook in onderstaande paragrafen wordt besproken.

4.4 Locatie van pH elektrode

Zoals gezegd werd op locatie 2 tijdens de eerste en in het bijzonder de tweede meting een betrekkelijk hoge concentratie NO_x gemeten. Omdat bekend is dat een (te) lage pH productie van NO_x tot gevolg kan hebben werd besloten een aantal aanpassingen van het pH-regelsysteem uit te voeren. De pH in (een deel van) het pakket zou misschien te laag kunnen zijn, d.w.z. dat de pH van het water wat onderuit het pakket druppelt lager zou zijn dan het minimum van 6,5. Daarom is tussen de tweede en de derde meting op 8 maart 2019 het doseerpunt van de pH regeling verlegd van het recirculatiebassin naar de persleiding van de pomp, op dusdanige wijze dat de pH meter dan het water zou meten wat uit het recirculatiebassin komt voordat zuur of loog wordt toegediend. Dit systeem is tussen de derde en vierde meting op 20 maart 2019 nog aangepast door een tweede pH elektrode te plaatsen in de opvanggoot onder het pakket, zodat tegelijkertijd de pH boven en onder het pakket gemeten kon worden. Het oorspronkelijk doseerpunt in het recirculatiebassin is toen weer hersteld. Uit een analyse van het elektronische logboek blijkt dat de pH in de 3 maanden voorafgaand aan de aanpassingen gemiddeld 6,7 bedroeg. Op basis van de zuurproductie waarvan sprake was in de 2 laatste weken waarin twee elektroden (boven en onder het pakket) waren geplaatst, wordt ingeschat dat de pH onder het pakket gemiddeld 0,4 eenheid lager is geweest gedurende deze 3 maanden, dus 6,3. In de laatste 2 weken was de pH boven het pakket gemiddeld 7,5 en onder het pakket 6,8 (een verschil van 0,7). Hieruit volgt dat de aanpassing van de pH regeling door deze te sturen op basis van de pH onder het pakket tot gevolg heeft gehad dat de pH onder het pakket is gestegen van 6,3 tot 6,8. Of de aanpassing ook tot gevolg heeft gehad dat de NO_x emissie is afgenomen, is op basis van het beperkt aantal metingen niet op te maken.

4.5 pH regeling en procescondities

In een biologische luchtwasser vindt nitrificatie plaats. Wanneer de pH van het waswater tussen 6,5 en 7,5 blijft en er geen sprake is van toevoeging van zuur of loog, dan mag een verhouding van ongeveer 1 : 1 verwacht worden voor $\text{NH}_4\text{-N} : (\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})$. Dit betekent dat het waswater eigenlijk een oplossing is van ammoniumnitriet en ammoniumnitraat (het ammonium-ion is dus het tegen-ion voor nitriet en nitraat).

Uit de analyses van het waswater op locatie 1 (Tabel 7) blijkt dat deze verhouding ongeveer 2 : 1 is. In de studie van DLG (2018) werd in de winterperiode een vergelijkbare verhouding gevonden. Dit betekent dat bij locatie 1 de helft van het ammonium in het water gebonden is als gevolg van zuurvorming door nitrificatie, en dat de helft van de ammonium is gebonden door het toegevoegde zwavelzuur. Dit illustreert de werking van de pH regeling door toediening van zuur: wanneer de nitrificatie achterblijft (bijvoorbeeld doordat een lagere temperatuur in de winter het proces remt) moet zuur worden toegevoegd om de pH voldoende laag te houden. Tabel 7 laat dan ook een sulfaatconcentratie zien van enige grammen per liter. Daarnaast valt niet uit te sluiten dat het relatief hoge NH_4^+ gehalte de nitrificatie remt; als dat inderdaad het geval is, zal een dergelijk systeem moeilijk een omslag kunnen maken naar een situatie waarbij wel voldoende ammoniak verwijderd wordt (als gevolg van verhoogde nitrificatieactiviteit) maar zuurtoediening niet meer nodig is. Men zou kunnen zeggen dat een installatie onder deze condities een combinatie is van een (licht) zure wasser en een biologisch systeem.

De studie van DLG (2018) laat verder zien dat in de zomer het omgekeerde het geval lijkt te zijn: de verhouding $\text{NH}_4\text{-N} : (\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})$ gaat dan naar ongeveer 1 : 2. Dit illustreert de werking van de pH regeling door toediening van base: wanneer de nitrificatiesnelheid zeer hoog is (bijvoorbeeld doordat een hogere temperatuur het proces stimuleert) moet base (loog) worden gedoseerd om de pH voldoende hoog te houden. Men zou kunnen zeggen dat de installatie in de zomer onder deze condities een combinatie is van een (licht) alkalische wasser en een biologisch systeem.

Uit de analyses van het waswater op locatie 2 (Tabel 12) blijkt dat de verhouding $\text{NH}_4\text{-N} : (\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})$ gemiddeld ca. 1 : 1,7 bedraagt. Dit duidt erop dat door toediening van loog het gehalte aan ammonium in het water laag wordt gehouden. Op deze locatie is de nitrificatie waarschijnlijk dusdanig actief dat er 'te veel' zuur wordt gevormd om de pH niet te laten zakken onder de setpoint van minimaal 6,5. Inderdaad wordt op deze locatie niet of nauwelijks zuur gedoseerd tijdens de meetperiode (zie het lage sulfaatgehalte in Tabel 12).

Het is bekend dat een (te) lage pH in een biologische luchtwasser kan leiden tot emissie van stikstofoxiden (NO_x en NO_y) (Melse, 2018c); dit is ook de reden dat de pH-regeling wordt toegepast in Duitsland. Zoals eerder opgemerkt is niet altijd duidelijk waar deze pH zou moeten worden gemeten (onder of boven het pakket), zowel in de DLG beschrijvingen als in de BWL beschrijvingen is dit niet (altijd) duidelijk gespecificeerd. Dit is wel van belang omdat bij actief werkende biologische luchtwassystemen de pH onder het pakket tot ca. 1,0 eenheid lager kan zijn dan boven het pakket (uitgaande van een tegenstroomconfiguratie) als gevolg van de zuurproductie die in het pakket optreedt tijdens het nitrificatieproces. Als de norm wordt toegepast dat de pH van het water onder het pakket niet lager mag zijn dan 6,5, betekent dit dat de pH van het water wat naar de sproeijs gaat een waarde moet hebben van bijvoorbeeld 7,0 of zelfs 7,5. In de laatste 2 weken van de meetperiode werd op locatie 2 de pH zowel boven als onder het pakket continu gemeten; gemiddeld bedroeg het verschil 0,7 eenheden.

Bedacht moet worden dat toediening van zuur en base in het algemeen tot gevolg zal hebben dat de EC toeneemt. Wanneer gespuid wordt bij een vaste EC waarde, kan aangenomen worden dat bij een systeem met pH-regeling het stikstofgehalte in het spuiwater lager is dan in een systeem zonder pH-regeling.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

Uit de studie is gebleken dat de twee in Duitsland doorgemeten biologische combi-luchtwassers gemiddeld een beduidend lager geurrendement hadden dan het rendement van 85% waarvan tot 20 juli 2018 is uitgegaan in de Rgv en wat gebaseerd was op metingen uit eerdere DLG studies. Dit gold zowel voor de metingen uitgevoerd door LUFA Nord-West als door Buro Blauw.

Er zijn geen aanwijzingen dat verschillen in dimensionering en ontwerpcriteria tussen Duitsland en Nederland leiden tot grote verschillen in geurrendement.

Dit versterkt het idee dat geurrendementen van dit niveau beschouwd kunnen worden als 'normaal' voor dit type combi-wassers en vergelijkbaar zijn met enkelvoudige biologische wassers, zoals ook reeds besproken in Melse et al. (2018b).

Verder blijkt (wederom) dat de reproduceerbaarheid van olfactometrische metingen tussen laboratoria onvoldoende is. Daarom dient de vraag gesteld te worden of olfactometrie wel geschikt is om als basis te gebruiken voor het vaststellen van geuremissies en te verwachten geurhinder. Aanbevolen wordt om een chemisch-analytische methode te ontwikkelen en praktijkrijp te maken om de geuremissie te kwantificeren.

De ammoniakrendementen (minimaal 90%) waren wel aanzienlijk beter dan het gemiddelde rendement van 59% wat in de eerdere studie (Melse et al., 2018b) werd gevonden voor combi-luchtwassers en voldeden daarmee wel aan de in de Nederlandse regelgeving gestelde eis van 85% ammoniakrendement. Mogelijke oorzaken hiervan zijn enerzijds de verschillen tussen Duitsland en Nederland wat betreft dimensionering en ontwerpcriteria van luchtwasser en ventilatiesysteem en anderzijds gebrekkig functioneren van een aantal luchtwassers in de eerdere praktijksteekproef door onvoldoende controle en procesbewaking (uitvoering onderhoud, bijsturen procescondities).

Ten slotte volgt uit het onderzoek dat het nodig is om beter te definiëren waar de pH gemeten wordt wanneer gesproken wordt over een minimaal of maximaal gewenste pH waarde, of aparte waarden te hanteren voor een pH die onder of boven het pakket wordt gemeten. Optredende verschillen in pH waarde, afhankelijk van de locatie van het meetpunt, kunnen namelijk een grote impact hebben op de emissie van stikstofoxiden.

Literatuur

- CEN (2003). EN 13725: Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- DLG (2009). Devriecom b.v. - Abluftreinigungsanlage "Biologic Clean Air Kombiwäscher BCA 70/90". DLG-Prüfbericht 5879. Link: <https://pruefberichte.dlg.org/filestorage/5879.pdf>
- DLG (2018). UniqFill Air BV - Biologischer Rieselbettreaktor BioCombie für die Schweinehaltung. DLG-Prüfbericht 6178. Link: <https://pruefberichte.dlg.org/filestorage/6178.pdf>
- InfoMil (2017). Technisch informatiedocument 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'. Eisen aan en richtlijnen voor de uitvoering en het gebruik van luchtwassystemen in dierenverblijven. Versie 2.2, november 2017, vervangt versie 2.1 van oktober 2016. Link: https://www.infomil.nl/publish/pages/128906/infodoc_luchtwassystemen_veehouderij_versie_2_2_nov_2017.pdf
- Jonassen, K.E.N., Pedersen, P., Riis, A.L., Sørensen, K. (2012). Does the choice of olfactometric laboratory affect the efficiency of odour abatement technologies?, Chem Eng Trans 30, 43-48.
- Klimaatplatform Varkenshouderij (2014). Richtlijnen klimaatinstellingen. Versie augustus 2014. Link: <https://www.wur.nl/nl/show/Klimaatplatforms-Varkens-en-Pluimveehouderij.htm>
- Melse, R. W., Nijeboer, G. M. & Ogink, N. W. M. (2018a) Evaluatie geurverwijdering door luchtwassystemen bij stallen: Deel 1: Oriënterend onderzoek naar werking gecombineerde luchtwassers en verschillen tussen geurlaboratoria. Wageningen Livestock Research rapport; no. 1081.
- Melse, R. W., Nijeboer, G. M. & Ogink, N. W. M. (2018b) Evaluatie geurverwijdering door luchtwassystemen bij stallen: Deel 2: Steekproef rendement luchtwassers in de praktijk. Wageningen Livestock Research rapport; no. 1082.
- Melse, R.W., G.M. Nijeboer, G.C.C. Kupers, J.P.M. Ploegaert (2018c). Emissies van stikstofverbindingen uit luchtwassers met biologische wasstap. Wageningen Livestock Research rapport; no. 1112.
- Melse, R.W., Ellen, H., Nijeboer, G.M., Ploegaert, J.P.M. (2012). Vergelijking rendementmetingen bij luchtwassers - Natchemisch versus gasdetectiebuisjes. Livestock Research, Wageningen. Gepubliceerd als bijlage van rapport "Innovatieproject Doelmatig gebruik luchtwassers - Eindverslag. DLV Intensief Advies BV/DLV Rundvee Advies BV, 13 maart 2012".
- IenW (2018a). Systeembeschrijving BWL 2009.12V4 - Gecombineerd luchtwassersysteem 85% ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser. Link: https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl_2009_12_v4.pdf
- IenW (2018b). Systeembeschrijving BWL 2010.02.V6 - Gecombineerd luchtwassersysteem 85% ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser. Link: https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl_2010_02_v6_1.pdf
- Riis A.I. (2012). Odour and ammonia reduction in ventilation air from a unit with growing-finishing pigs using a 3-step air cleaner. Proceedings of The Ninth International Livestock Environment Symposium (ILES IX), Valencia ,Spain, July 2012.

Bijlage 1 Geurmetingen

GEURMETINGEN BIOLOGISCHE COMBI-WASSERS								
LOKATIE 1								
Geurmetingen door LUFA								
		Geur-in-DuploA (OUE/m3)	Geur-in-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-in (OUE/m3)	Geur-uit-DuploA (OUE/m3)	Geur-uit-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-uit (OUE/m3)	Rendement (%)
Meting 1	14-Feb-2019	1644	1390	1517	305	246	276	82
Meting 2	21-Feb-2019	660	660	660	261	233	247	63
Meting 3	14-Mar-2019	1100	n.a.	1100	1042	802	922	16
Meting 4	2-Apr-2019	1664	1655	1660	1246	1253	1250	25
	Gemiddelde:			1234			674	46
	sd:			450			495	31
	sem:			225			247	16
LOKATIE 1								
Geurmetingen door Buro Blauw								
		Geur-in-DuploA (OUE/m3)	Geur-in-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-in (OUE/m3)	Geur-uit-DuploA (OUE/m3)	Geur-uit-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-uit (OUE/m3)	Rendement (%)
Meting 1	14-Feb-2019	2195	2441	2318	912	1099	1006	57
Meting 2	21-Feb-2019	2745	2175	2460	1513	1262	1388	44
Meting 3	14-Mar-2019	3719	5166	4443	2891	2704	2798	37
Meting 4	2-Apr-2019	3401	2869	3135	1288	1188	1238	61
	Gemiddelde:			3089			1607	49
	sd:			970			809	11
	sem:			485			404	5
LOKATIE 2								
Geurmetingen door LUFA								
		Geur-in-DuploA (OUE/m3)	Geur-in-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-in (OUE/m3)	Geur-uit-DuploA (OUE/m3)	Geur-uit-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-uit (OUE/m3)	Rendement (%)
Meting 1	14-Feb-2019	1147	1047	1097	179	189	184	83
Meting 2	21-Feb-2019	471	400	436	322	423	373	14
Meting 3	14-Mar-2019	1619	2070	1845	1646	1757	1702	8
Meting 4	2-Apr-2019	1175	1240	1208	987	992	990	18
	Gemiddelde:			1146			812	31
	sd:			577			686	35
	sem:			289			343	18
LOKATIE 2								
Geurmetingen door Buro Blauw								
		Geur-in-DuploA (OUE/m3)	Geur-in-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-in (OUE/m3)	Geur-uit-DuploA (OUE/m3)	Geur-uit-DuploB (OUE/m3)	Gemiddelde-uit (OUE/m3)	Rendement (%)
Meting 1	14-Feb-2019	2589	3552	3071	2628	2446	2537	17
Meting 2	21-Feb-2019	2287	2434	2361	2864	2496	2680	-14
Meting 3	14-Mar-2019	3975	7251	5613	3492	2862	3177	43
Meting 4	2-Apr-2019	2888	2266	2577	1637	1873	1755	32
	Gemiddelde:			3405			2537	20
	sd:			1502			589	25
	sem:			751			295	12

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl [www.wur.nl/
livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

