

Was bestimmt die Rohgaszusammensetzung und welche Folgen kann das haben?

Was passiert in meinem Rieselbettfilter und wie kann ich das Geschehen beeinflussen?

Wie funktioniert meine Technik und was sollte ich regelmäßig tun?

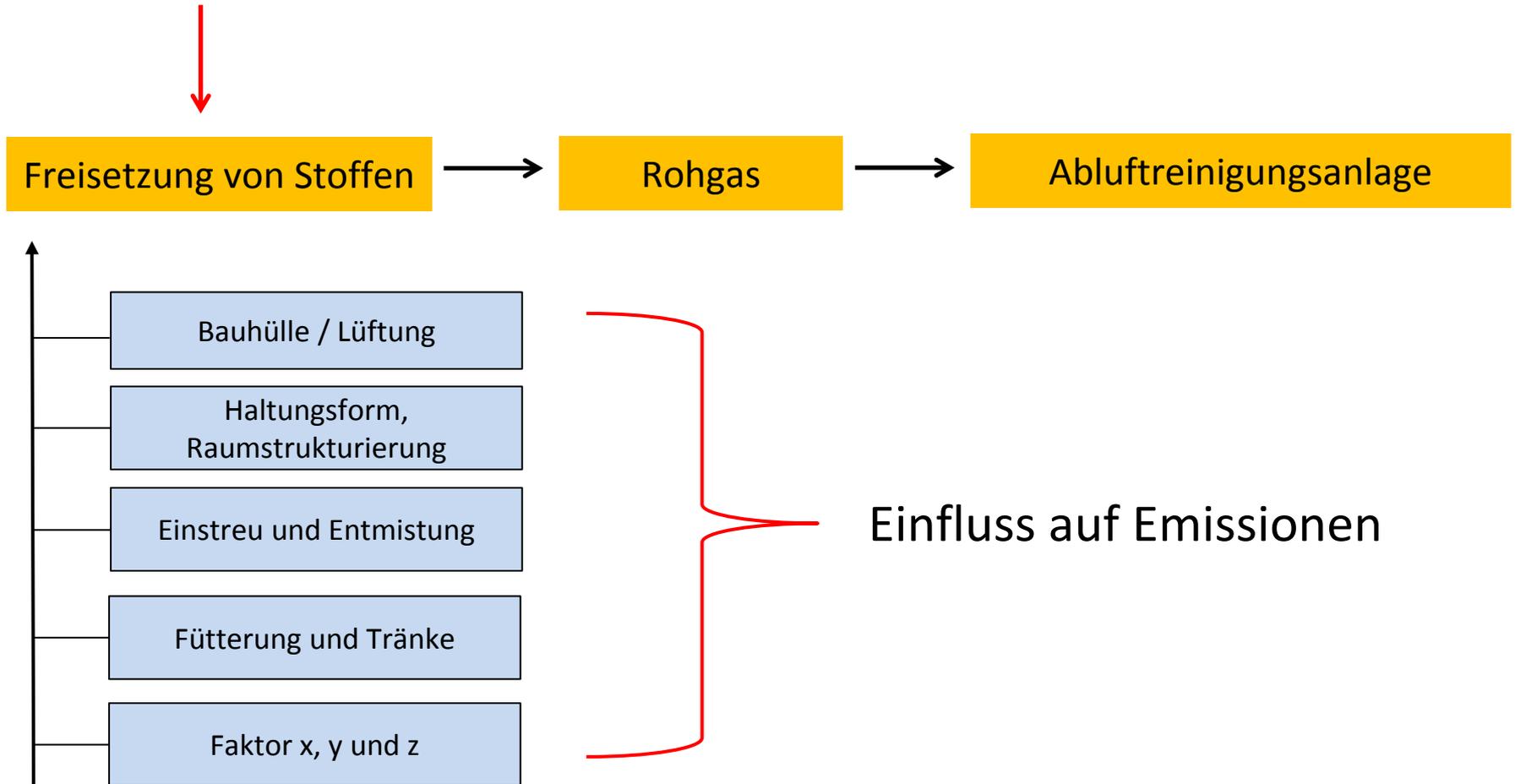
Wie kann ich meinen Anlagenbetrieb weiter optimieren?

1. Abluftzusammensetzung: Allgemeine Einflussfaktoren
2. Staub
3. Ammoniak
4. Geruch
5. Bioaerosole
6. Wartung und Optimierung
7. Zusammenfassung



# Abluftzusammensetzung

*Einflussfaktoren, Quelle: VDI 3894*



# Abluftzusammensetzung

*Einflussfaktoren, Quelle: VDI 3894, ergänzt*



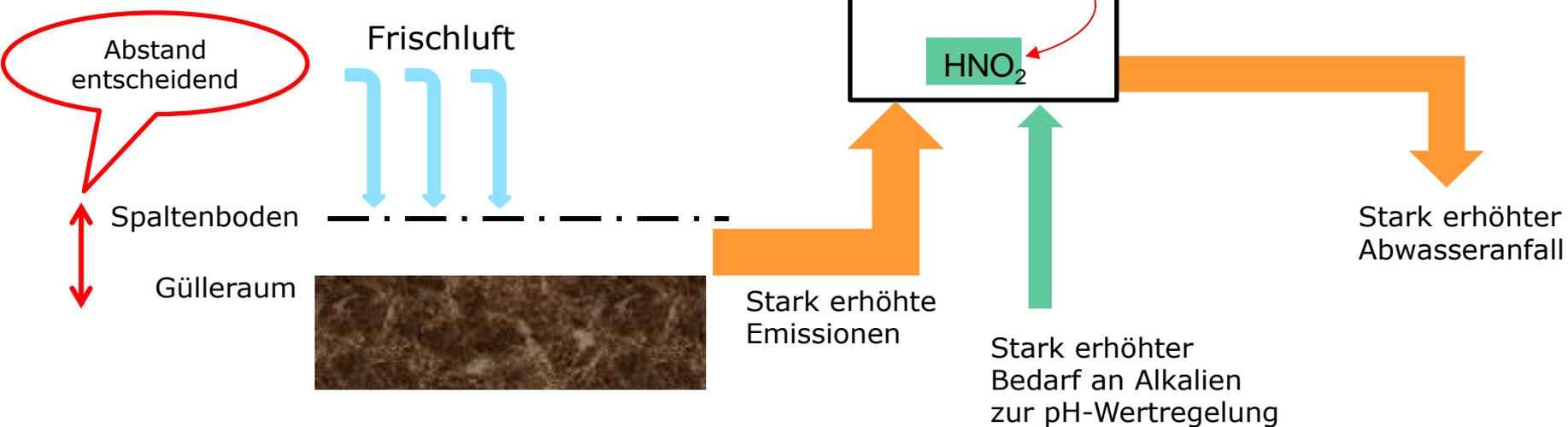
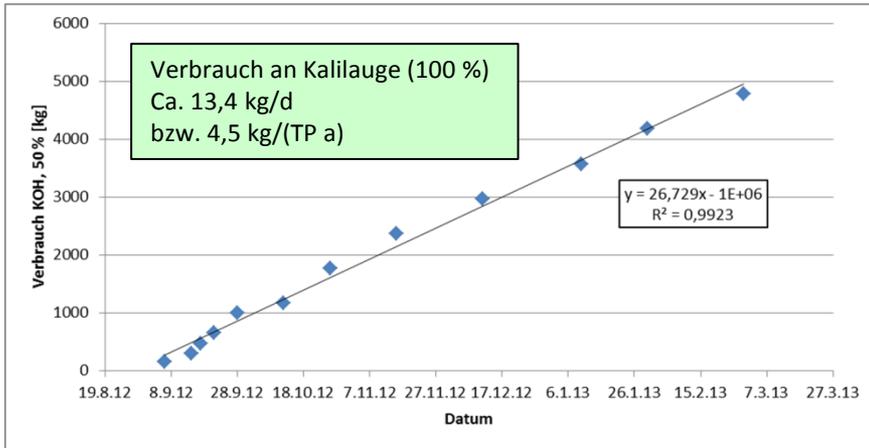
Bauhülle / Lüftung

Emissionspotenzial

Niedrige Raumtemperatur	Hohe Raumtemperatur
Nicht wärmedämmtes Gebäude	Wärmedämmtes Gebäude
Freie Lüftung	Zwangslüftung: Unterflur: hohe Emissionen
Niedrige Strömungsgeschwindigkeit über emissionsrelevanten Flächen	Hohe Strömungsgeschwindigkeiten über emissionsrelevanten Flächen
Technische Maßnahmen zur Minderung der Lüftrate	Keine technischen Maßnahmen zur Minderung der Lüftrate

# Klassische Unterflurentlüftung

## *Erhöhung der Emissionen*



Haltungsform und  
Raumstrukturierung

Emissionspotenzial



Geringe Tieraktivität	Hohe Tieraktivität
Großgruppen, separater Kotbereich	Kleingruppen ohne separaten Kotbereich

# Abluftzusammensetzung

*Einflussfaktoren, Quelle: VDI 3894*



Einstreu und Entmistung

Emissionspotenzial



Keine Dunglagerung im Stall

Langfristige Dunglagerung im Stall

# Abluftzusammensetzung

*Einflussfaktoren, Quelle: VDI 3894*



Fütterung

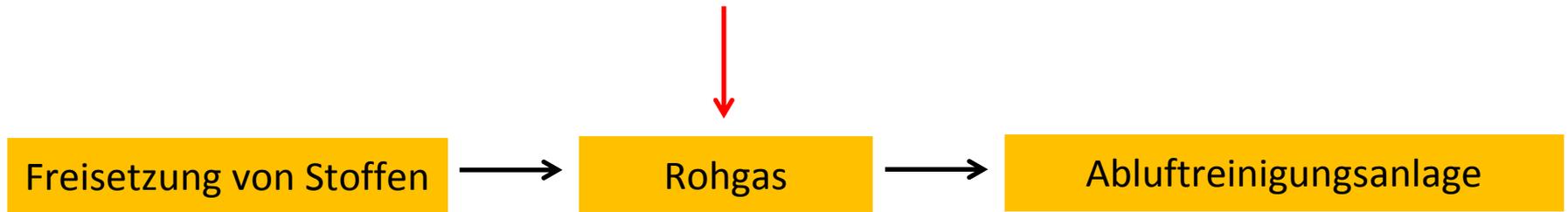
Emissionspotenzial



Nährstoffangepasste Fütterung

Keine nährstoffangepasste Fütterung

# Konzentrationsbereich von Abluftkomponenten in der einstreulosen Mast Schweinehaltung



Tierkategorie	Ammoniak [ppm]	Gesamtstaub [mg/m <sup>3</sup> ]	Geruch [GE/m <sup>3</sup> ]	Gesamt-Bakterien [KBE/m <sup>3</sup> ]
Schweine - Mast Schweine	4 - 30	0,5 - 2	300 - 3.000	76 - 560*10 <sup>3</sup>

Quelle: DLG-Prüfverfahren

## 2. Staub



# Staub: *Sedimentation im Sammelkanal*

Freisetzung von Stoffen



Rohgas



Abluftreinigungsanlage



Sedimentation  
und Reinigung (?)

# Staub: *Abscheidung bei der Vorbedüsung*

Freisetzung von Stoffen



Rohgas



Abluftreinigungsanlage



# Staub:

## *Ablagerung in der Füllkörperpackung*

Freisetzung von Stoffen



Rohgas



Abluftreinigungsanlage



Verstopfung  
Keine ausreichende Berieselung



Verstopfung  
Ungleichmäßige Wasserverteilung

# Abscheidung von Staub

Quelle: DLG-Prüfungen, Beispiele

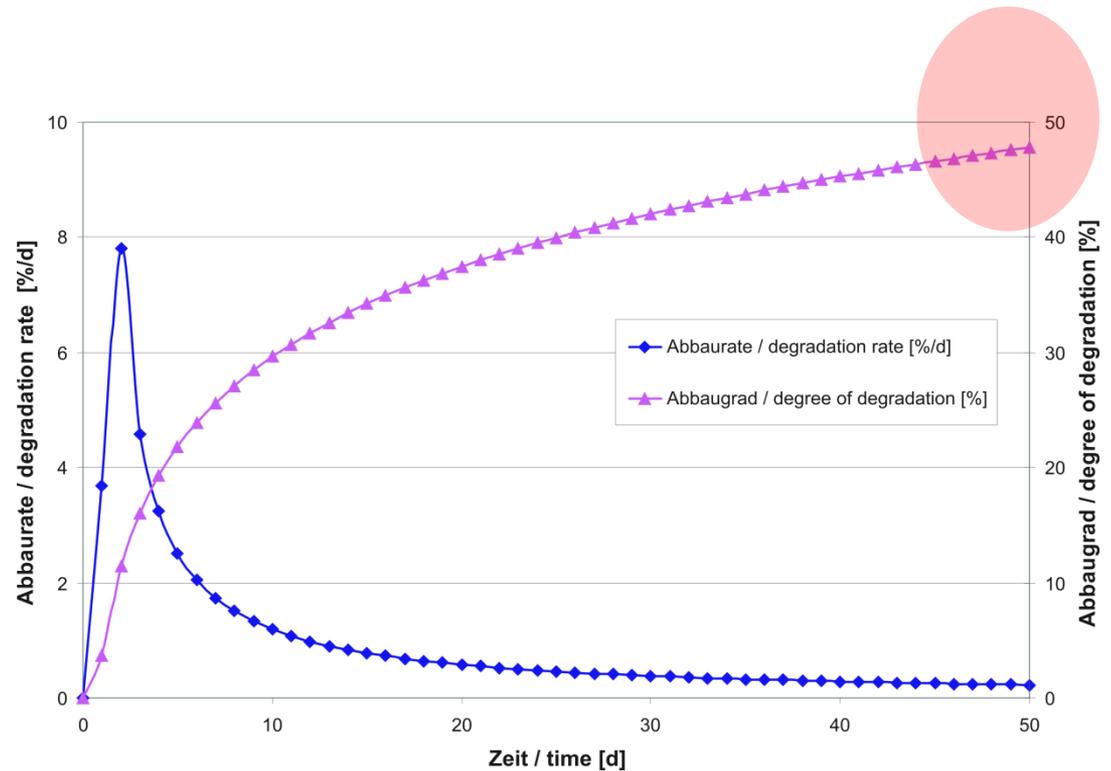
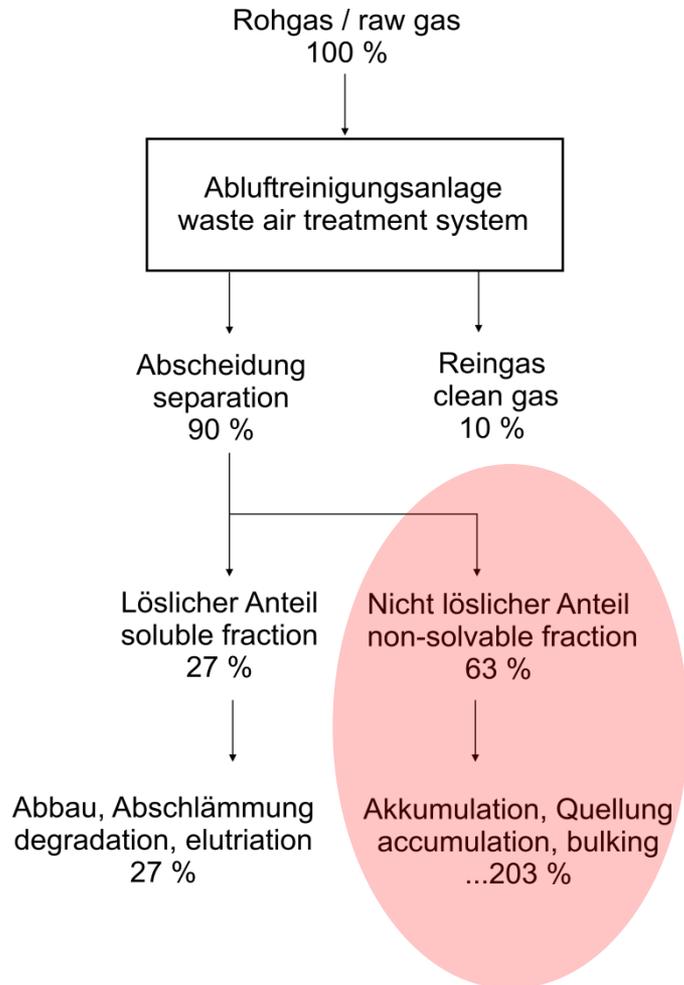


Tierkategorie	Verfahren 1	Verfahren 2	Verfahren 3	Verfahren 4
Schweine <i>Gesamtstaub [%]</i> <i>PM<sub>2,5</sub> / PM<sub>10</sub> [%]</i>	89,0 95,9/85,8	82,0 94,9/88,3	90,5 95,5/89,4	84,0 > 56/ > 70
Masthähnchen <i>Gesamtstaub [%]</i> <i>PM<sub>2,5</sub> / PM<sub>10</sub> [%]</i>	81,4 96,6/83,2	87,4 93,7/77,0	75,9 87,5/71,9	78,0 > 60/ >70
Legehennen <sup>1</sup> <i>Gesamtstaub [%]</i> <i>PM<sub>2,5</sub> / PM<sub>10</sub> [%]</i>	≈75,9 ≈88,6/72,6	≈85,4 ≈95,5/82,5	≈83,4 98,2/88,3	

1: Prüfungen laufend

# Staub: Ablagerung in der Füllkörperpackung

## Was passiert?



# Staub: Ablagerung in der Füllkörperpackung *Was passiert?*



## Fettgehalte bei Futtermitteln:

Getreide: 1,5 (Weizen) – 4,5 % (Hafer, Mais)

Samen ölliefernder Pflanzen: - 40 %

Presskuchen: 10 – 20 % Restfettgehalt

Bedingt lösliche Öle  
im Staub



Polymerisation mit  
Sauerstoff, Bildung  
harzartiger Produkte,  
Härtung mit Wasserstoff,  
Löslichkeit nimmt ab,  
**Kaum Abbau**

Unlösliche Fette  
im Staub



Ablagerung, **kaum Abbau**

# Staub: Ablagerung in der Füllkörperpackung

*Was passiert?*

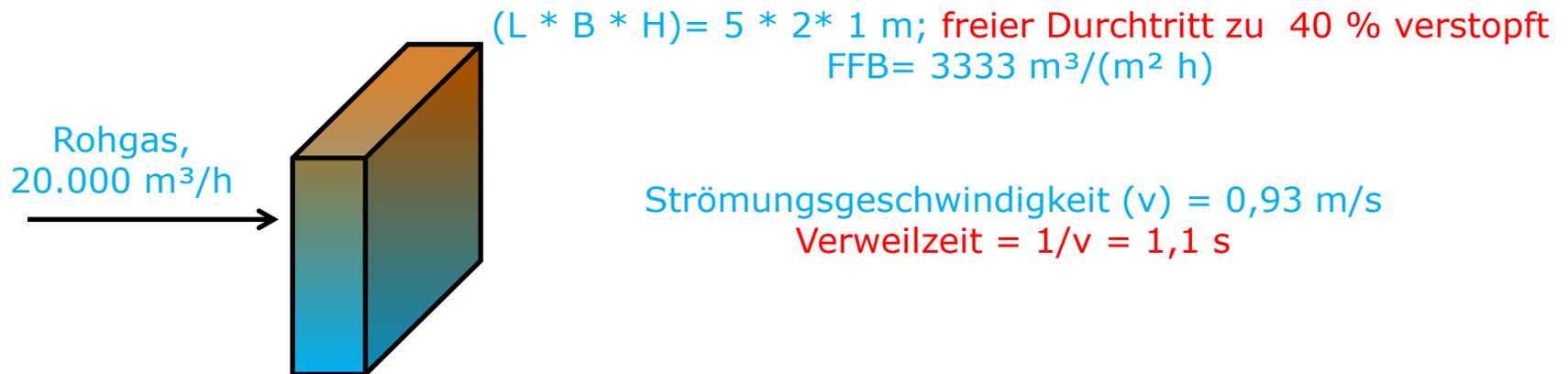
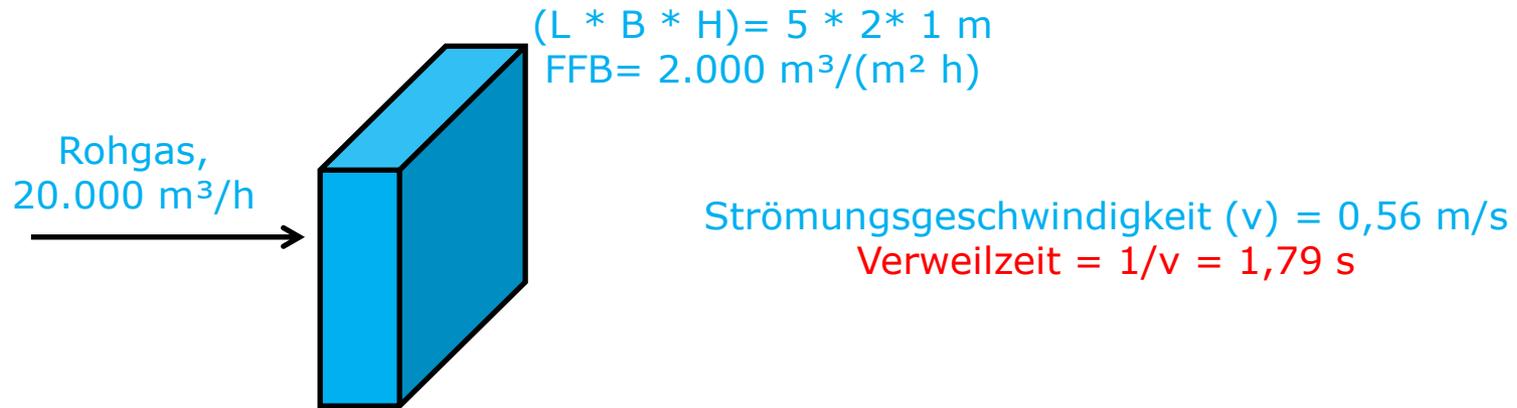


# Staub und Biofilme: Ablagerung in der Füllkörperpackung *Was passiert?*



Bildung von filmartigen, flächigen Überbrückungen mit hohem Wassergehalt bei zu kleinem Lückengrad

# Staub: Ablagerung in der Füllkörperpackung *Was passiert?*



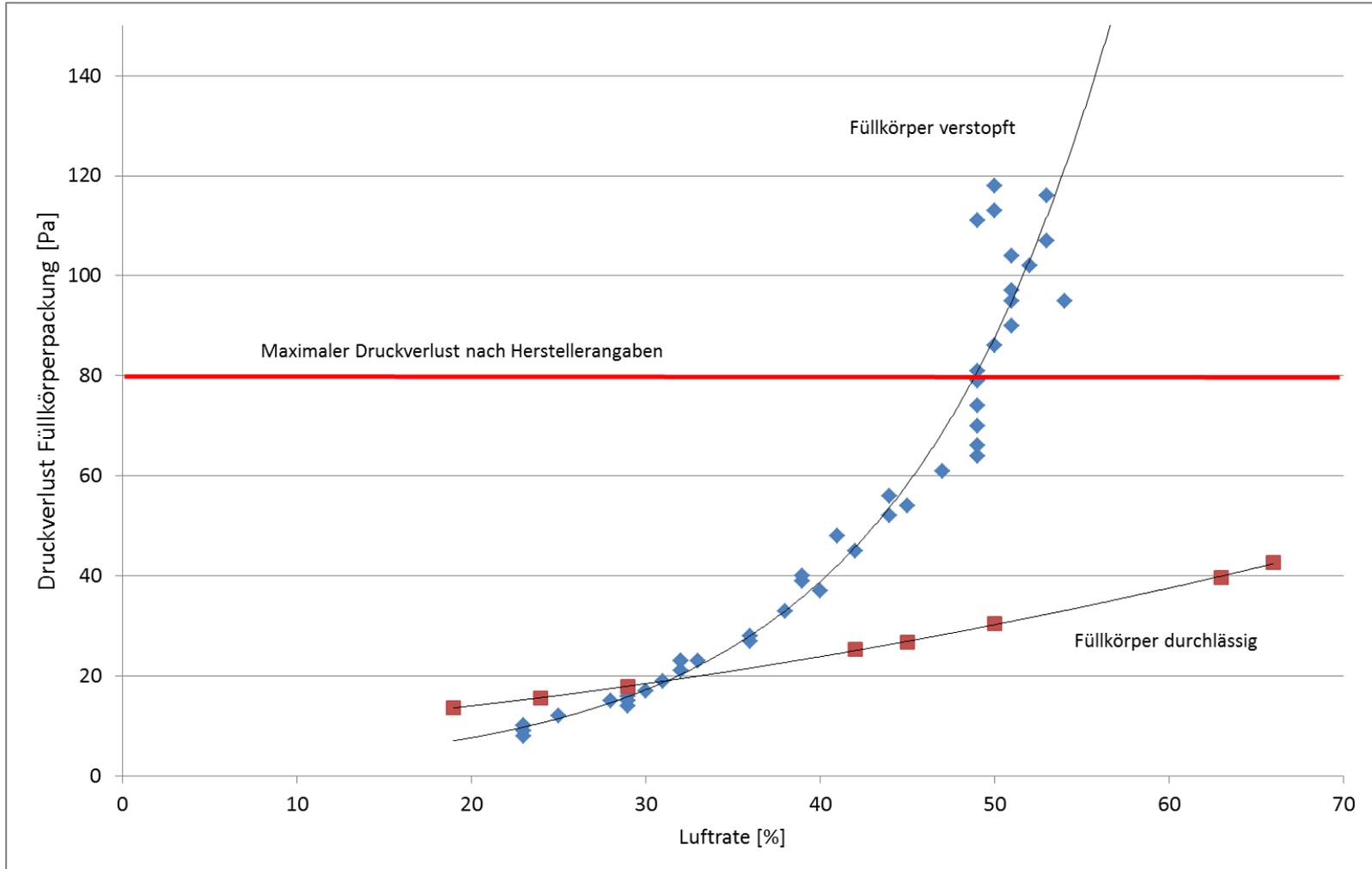
Sinkende Verweilzeit



Verschlechterung der Reinigungsleistung

# Staub: Ablagerung in der Füllkörperpackung

*Was passiert?*

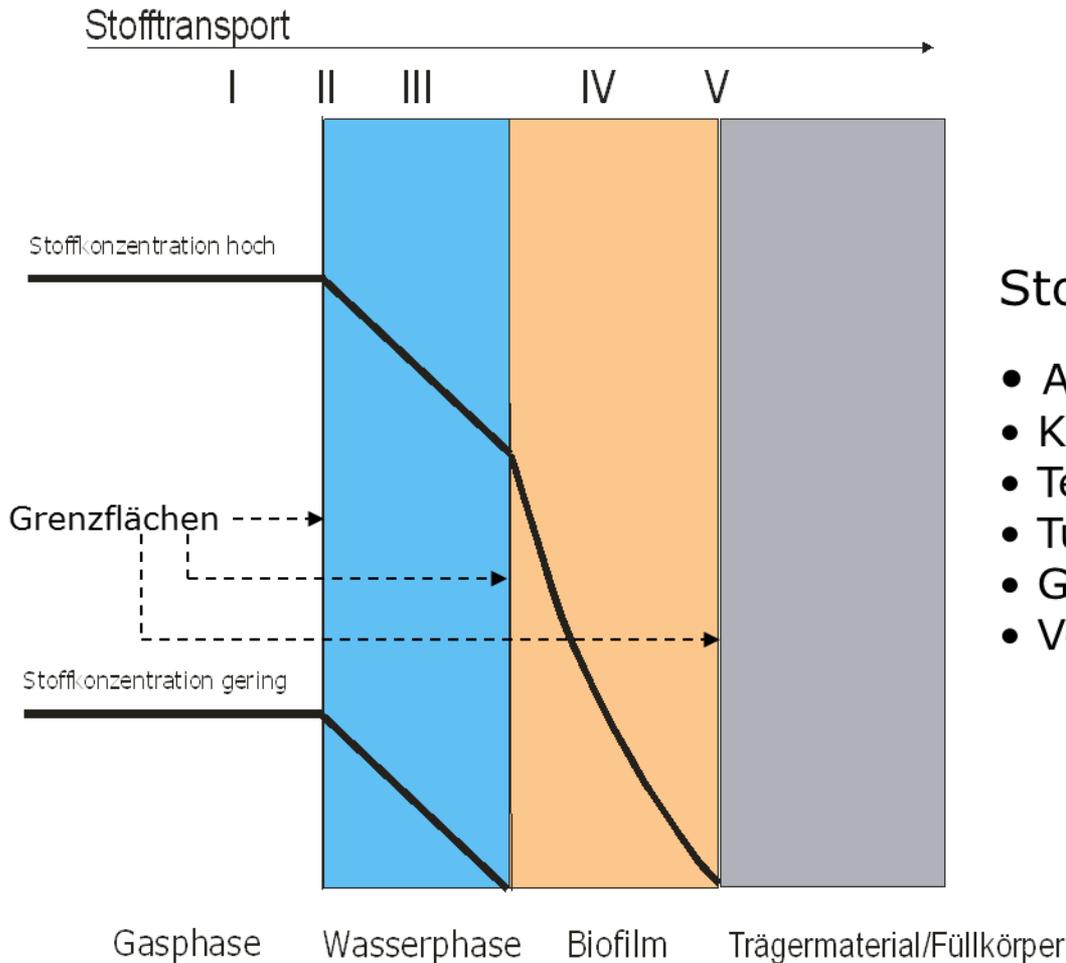


## 3. Ammoniak



# Stofftransport von Gasen

## *Was passiert?*



Stofftransport steigt mit:

- Austauschfläche
- Konzentrationsgefälle
- Temperatur
- Turbulenz
- Grenzflächenenerneuerung
- Verringerung der Transportstrecke

# Ammoniak:

*Sehr gute Wasserlöslichkeit*



Freisetzung von Stoffen



Rohgas



Abluftreinigungsanlage



Komponente	Wasserlöslichkeit [g/l]
Methan	0,025
Kohlenmonoxid	0,029
Kohlendioxid	1,69
<b>Ammoniak</b>	<b>518</b>
Sauerstoff	0,04
Schwefelwasserstoff	3,97
Methylmercaptan	24,0
Ethylmercaptan	6,8
Dimethylsulfid	2,0
Para-Cresol	20,0
3-Methylindol	unlöslich

Ammoniak löst sich um den Faktor 300 besser als Kohlendioxid

Ammoniak löst sich um den Faktor 13.000 besser als Sauerstoff

## Annahmen:

- 1000 MS, Volumenstrom<sub>max</sub> = 80.000 m<sup>3</sup>/h
- FFB = 2.000 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h), FF = 40 m<sup>2</sup>

Spezifische Berieselungsdichte [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	Umwälzrate [m <sup>3</sup> /h]
0,5	20
0,75	30
1	40
1,5	60

Ist das wirklich erforderlich?

## Annahmen:

- 1000 MS, Volumenstrom<sub>max</sub> = 80.000 m<sup>3</sup>/h
- NH<sub>3</sub>-Konzentration = 10 ppm → Massenstrom ca. 570 g/h
- Wasserbedarf für c = 5 g/l → 114 Liter/h
- Wasserbedarf für Verdunstung
  - 50 % Feuchte auf 100 % bei 20 °C, Dichte 1,2 kg/m<sup>3</sup>
  - Wasserbedarf für Verdunstung: ca. 480 Liter/h

<b>Rechnerischer Wasserbedarf + 500 % Sicherheitszuschlag [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Geringe praxisübliche Umwälzrate [m<sup>3</sup>/h]</b>
3	20

# Umwälzung und Berieselungsdichten

*Sehr viel Aufwand bei Rieselbettfiltern...*

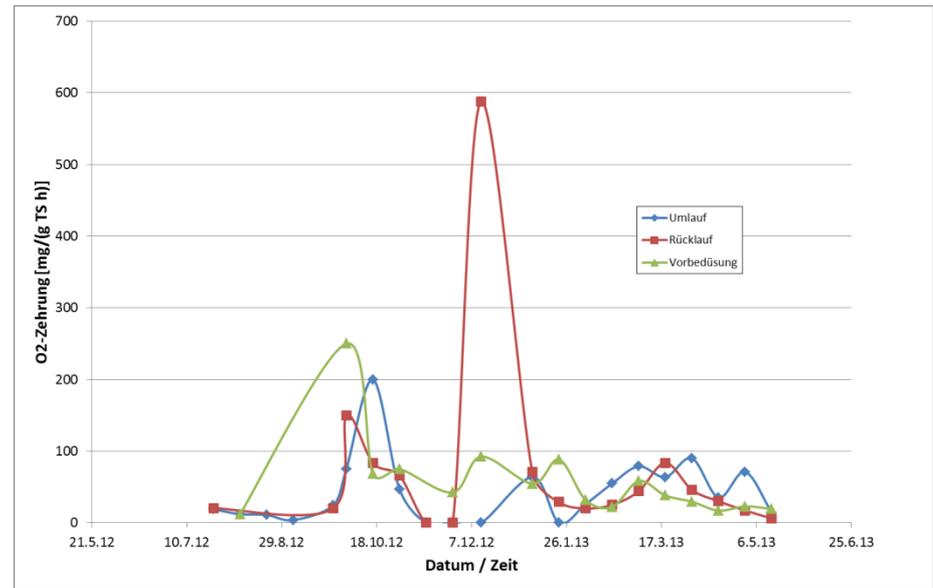


Rechnerischer Wasserbedarf + 500 % Sicherheitszuschlag [m <sup>3</sup> /h]	Geringe praxisübliche Umwälzrate [m <sup>3</sup> /h]
3	20

## Aber:

- Wasserverteilsystem muss bei weniger Wasser optimal ausgelegt werden
- Es sind wahrscheinlich andere und ggf. mehr Düsen erforderlich
- Der Feststoffgehalt des Waschwassers sollte gering sein (Staubeintrag?) und ggf. Filtereinheit erforderlich

# Sehr große Wasservorlagen: *Ist das sinnvoll?*

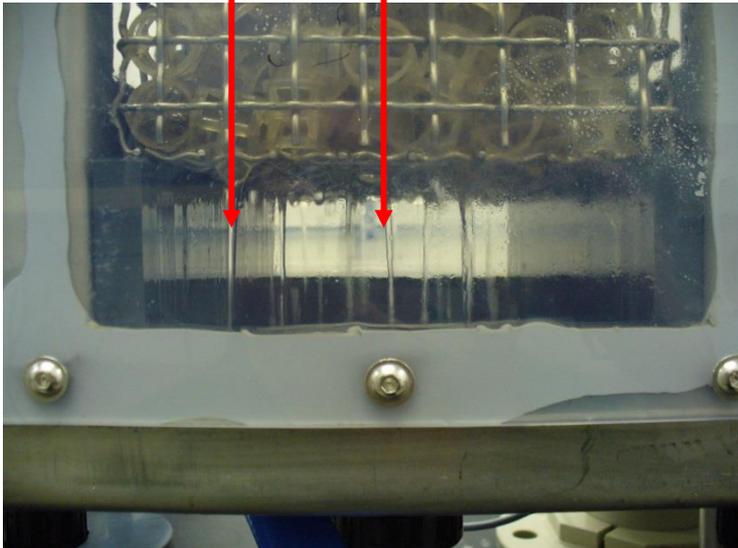


*Welchen Sinn hat dann  
eine Wasservorlage  
von 10, 20 oder 30 m<sup>3</sup>?*



# Ursachen für die sehr hohen Berieselungsdichten

- Nicht optimiertes, nicht gleichmäßig arbeitendes Wasserverteilsystem
- Zu große Tropfen
- Zu wenig Düsen, keine ausreichende Überlappung
- Vorsorge gegen Verstopfung (Staubeintrag)
- „Rinnsal-Bildung“ im Füllkörper

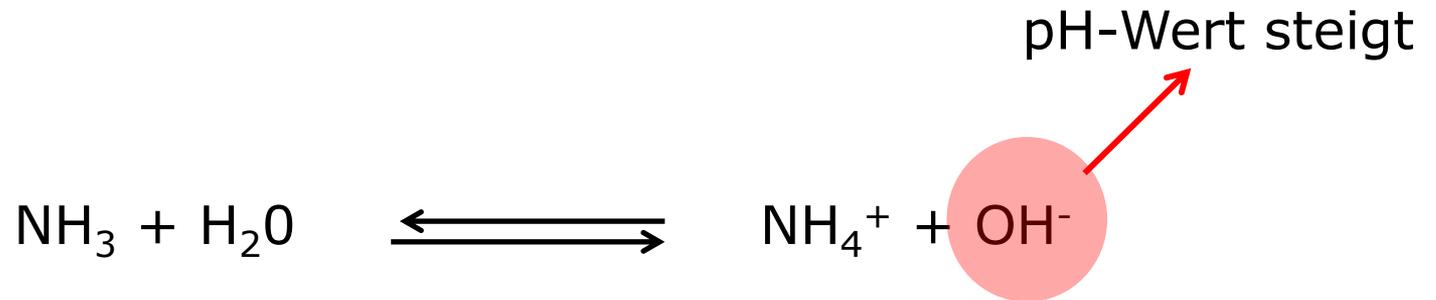


# Ammoniak:

*Sehr gute Wasserlöslichkeit*

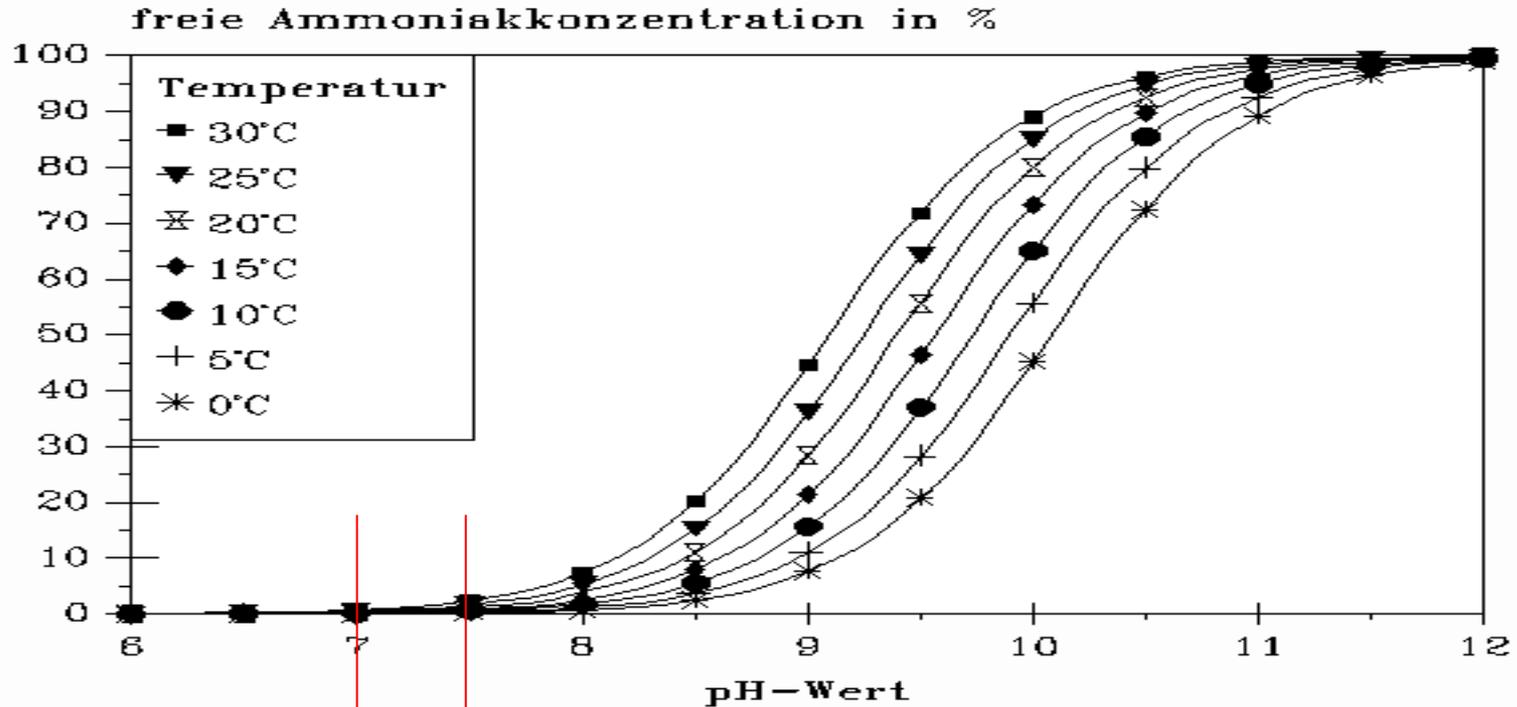


Ammoniak + Wasser reagieren zu Ammonium und Hydroxid



# Ammoniak:

## Ammoniakanteil in Abhängigkeit von pH-Wert und Temperatur



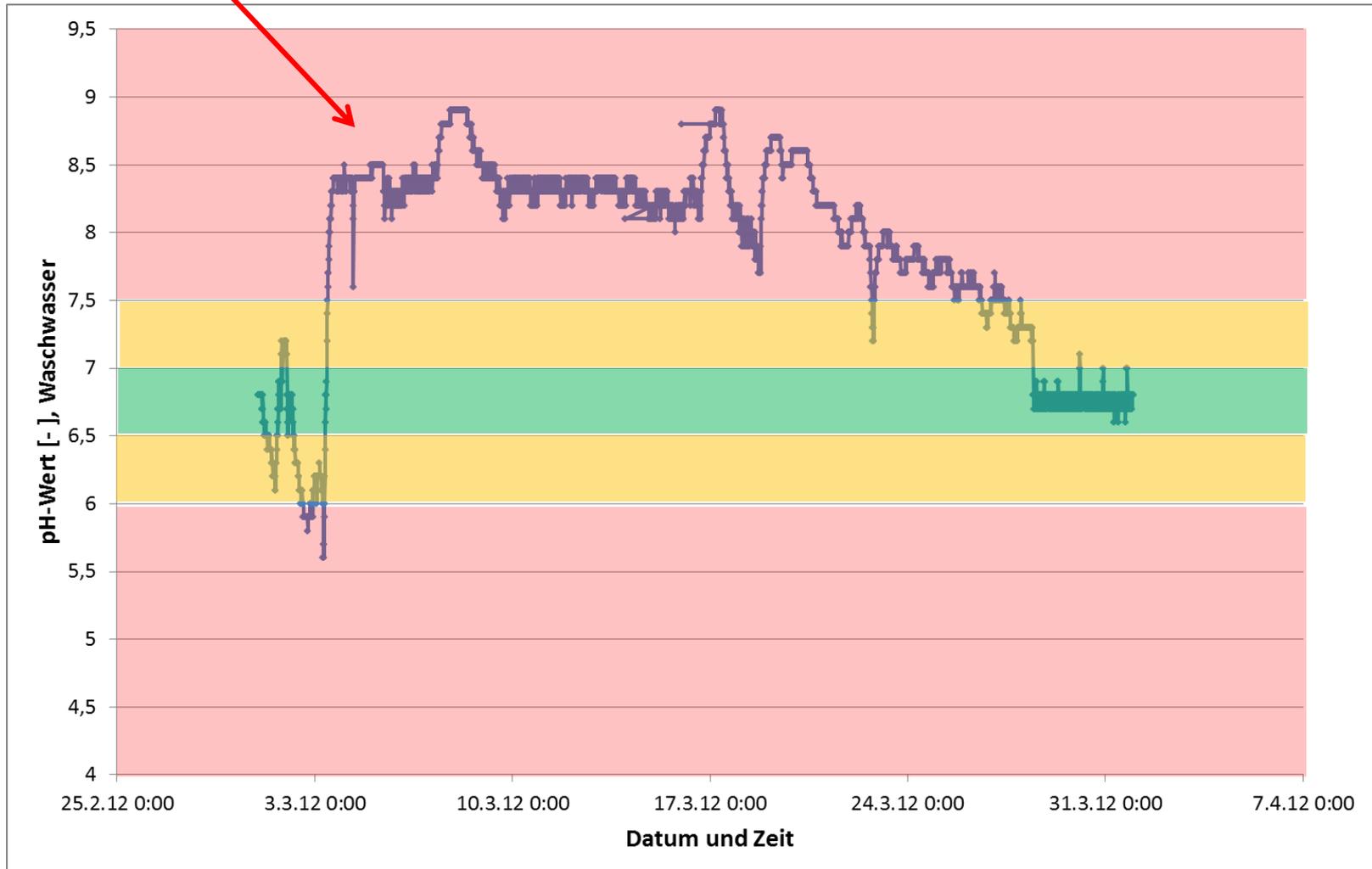
Abscheidung wird besser

Zunehmende Verluste durch Ausblasen aus dem Wasser

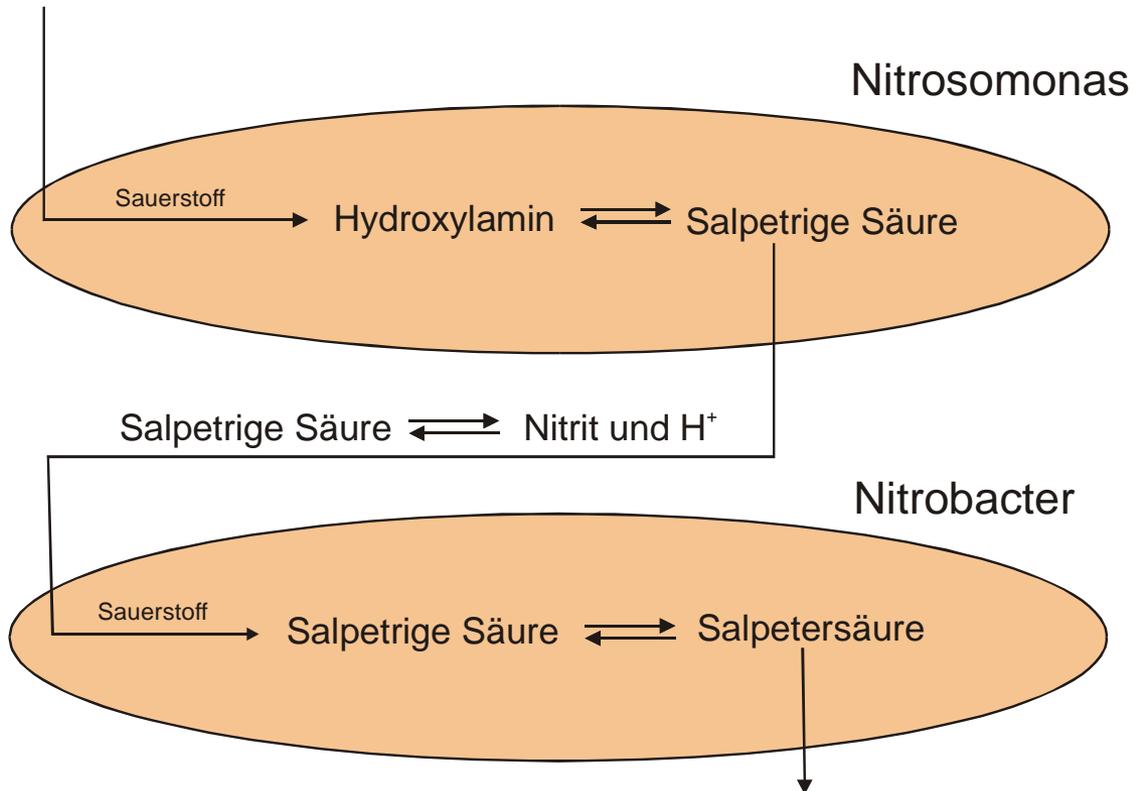
→ Keine sichere Abscheidung von mindestens 70 %

# Ammoniak:

*Hohe pH-Werte durch Abscheidung von Ammoniak*



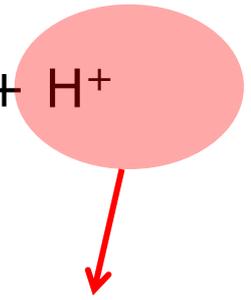
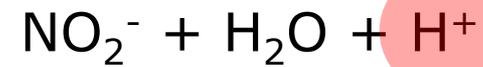
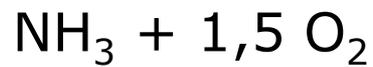
# Mikrobiologische Oxidation Ammoniak



**Hemmung durch:  
salpetrige Säure**

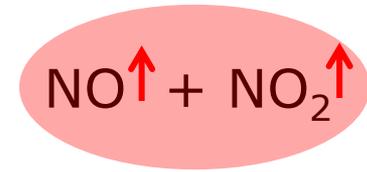
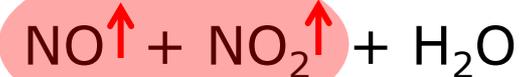
**Hemmung durch:  
Ammoniak und  
salpetrige Säure**

# Mikrobiologische Oxidation von Ammoniak und Freisetzung nitroser Gase



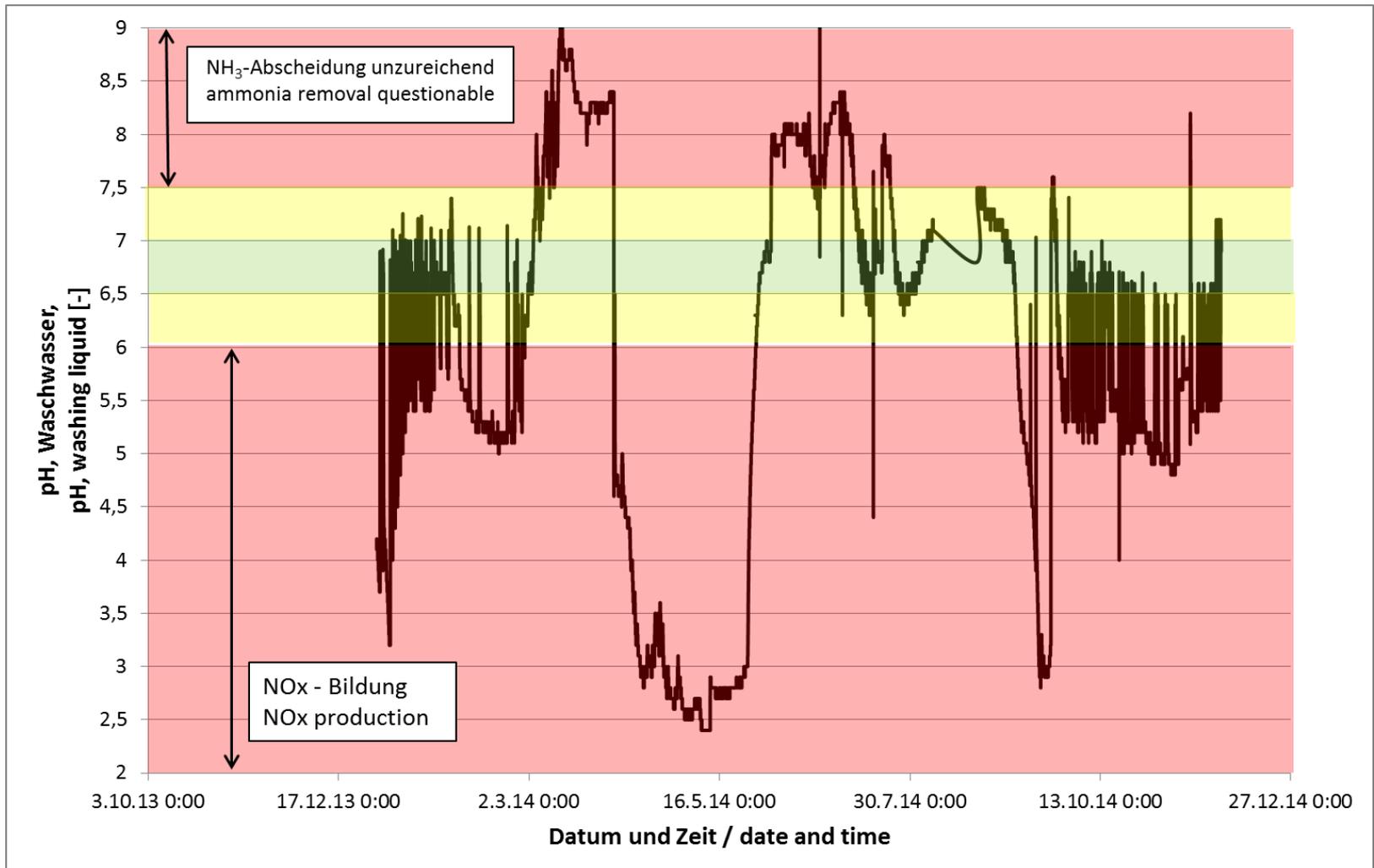
pH-Wert sinkt

Säureeinwirkung

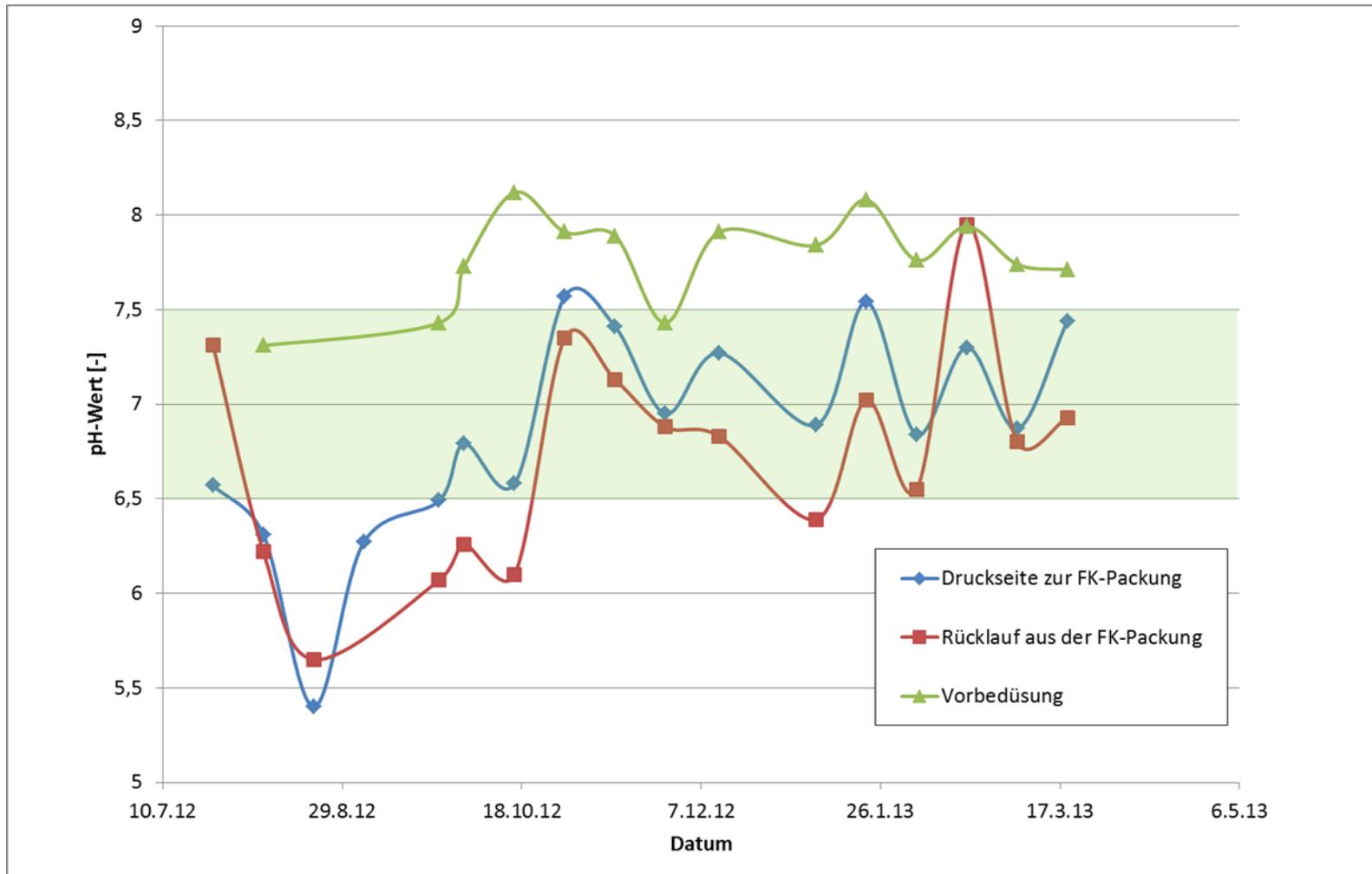


Freisetzung nitroser Gase

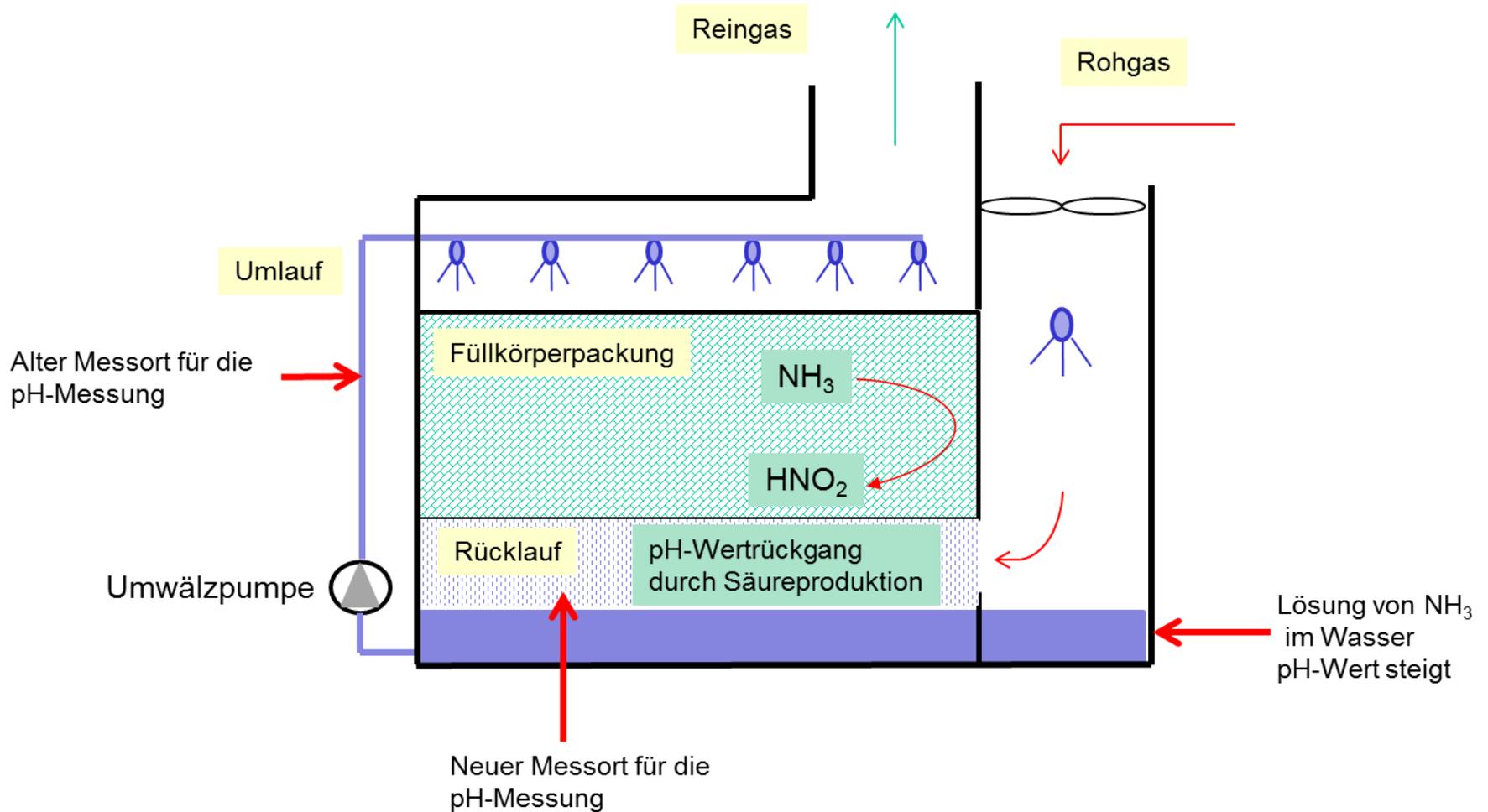
# Mikrobiologische Oxidation von Ammoniak und Freisetzung nitroser Gase



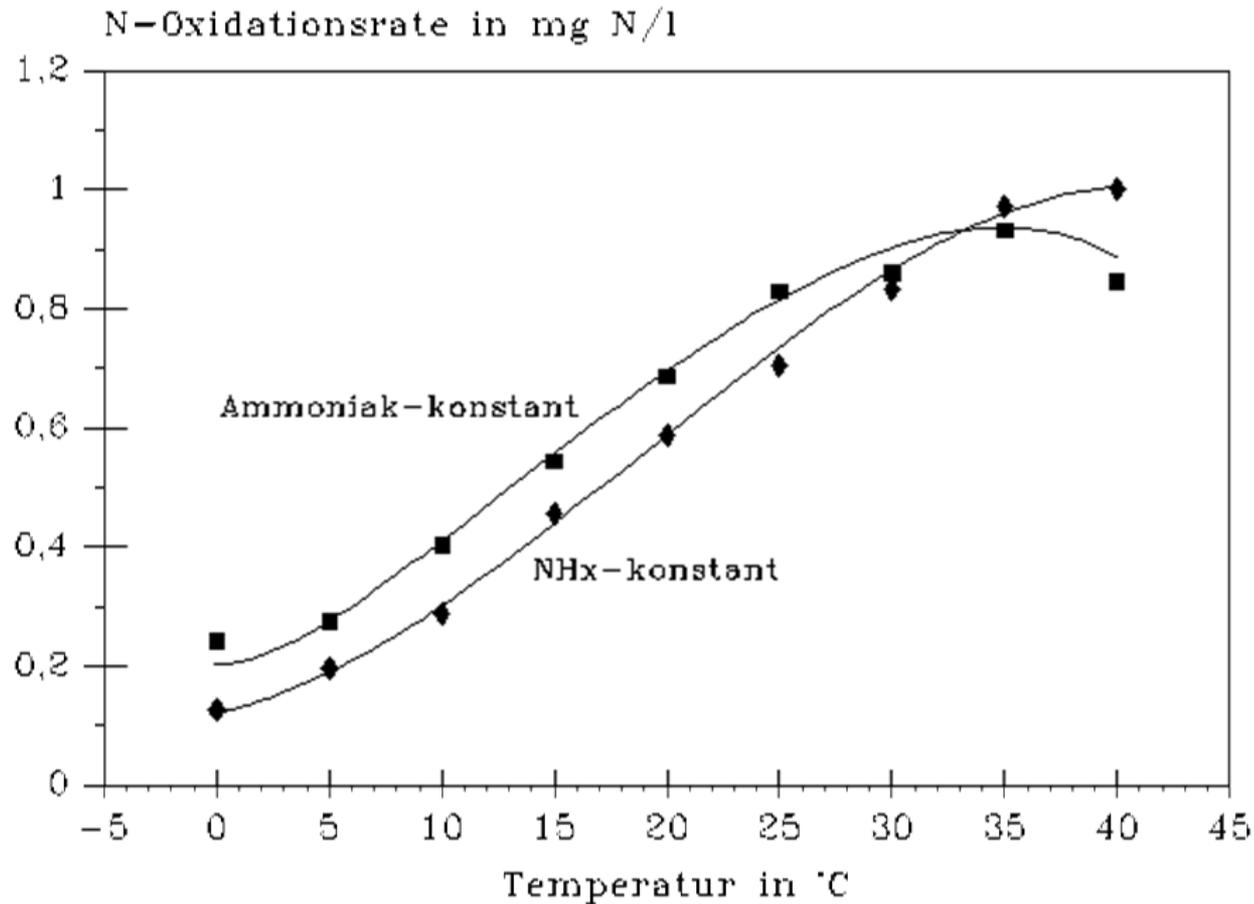
# Mikrobiologische Oxidation von Ammoniak und pH-Wertabsenkung



# Mikrobiologische Oxidation von Ammoniak und pH-Wertabsenkung



# Temperaturabhängigkeit der Ammoniakoxidation

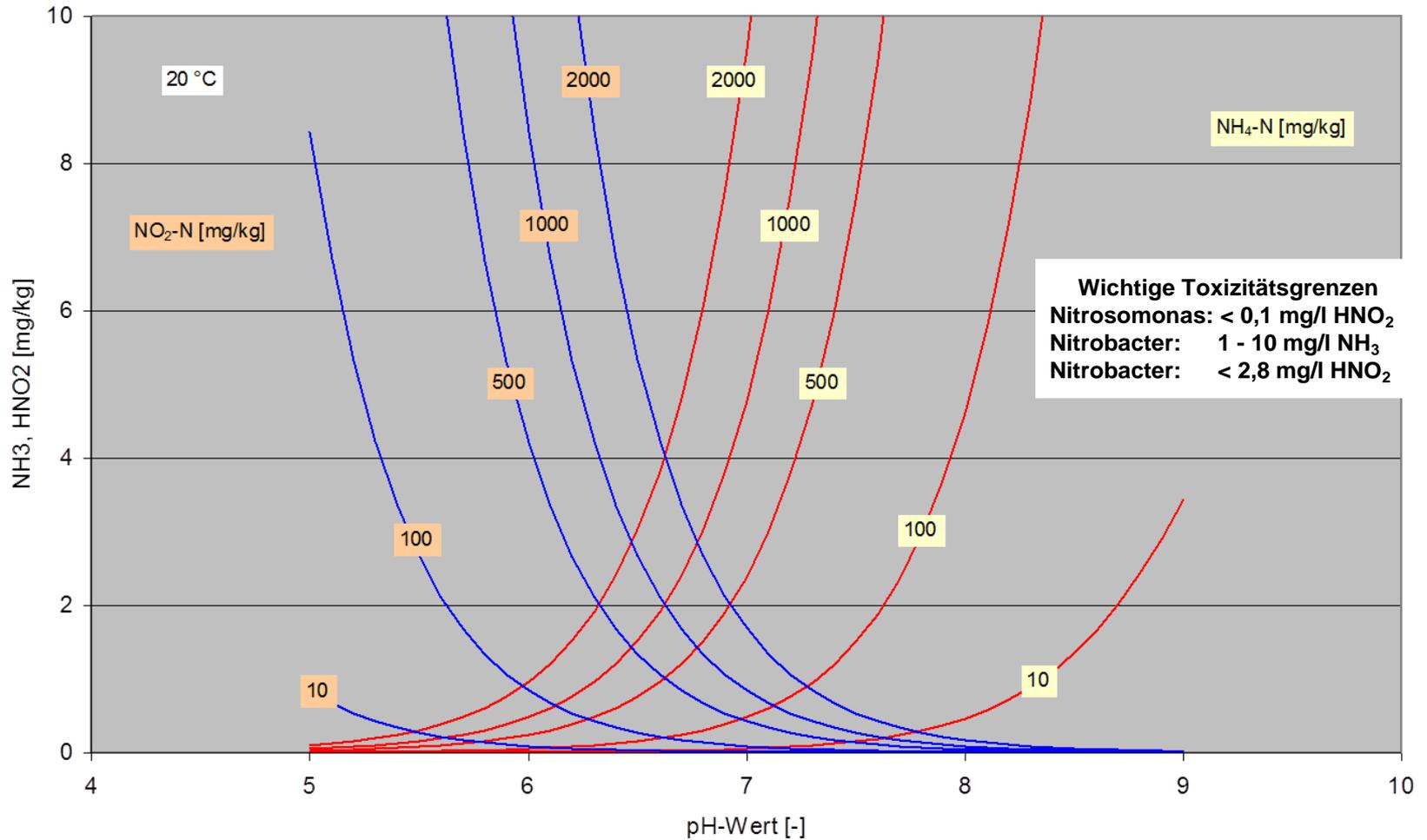


Die Ammoniakoxidationsrate von *Nitrosomonas europaea* in Abhängigkeit von der Temperatur mit konstanter  $\text{NH}_x\text{-N}$ -Einwaage (1) und mit konstanter Ammoniakkonzentration (2).  $\text{pH} = 8,00 \pm 0,02$ . (Sellner 1992, Groeneweg et al. 1994)

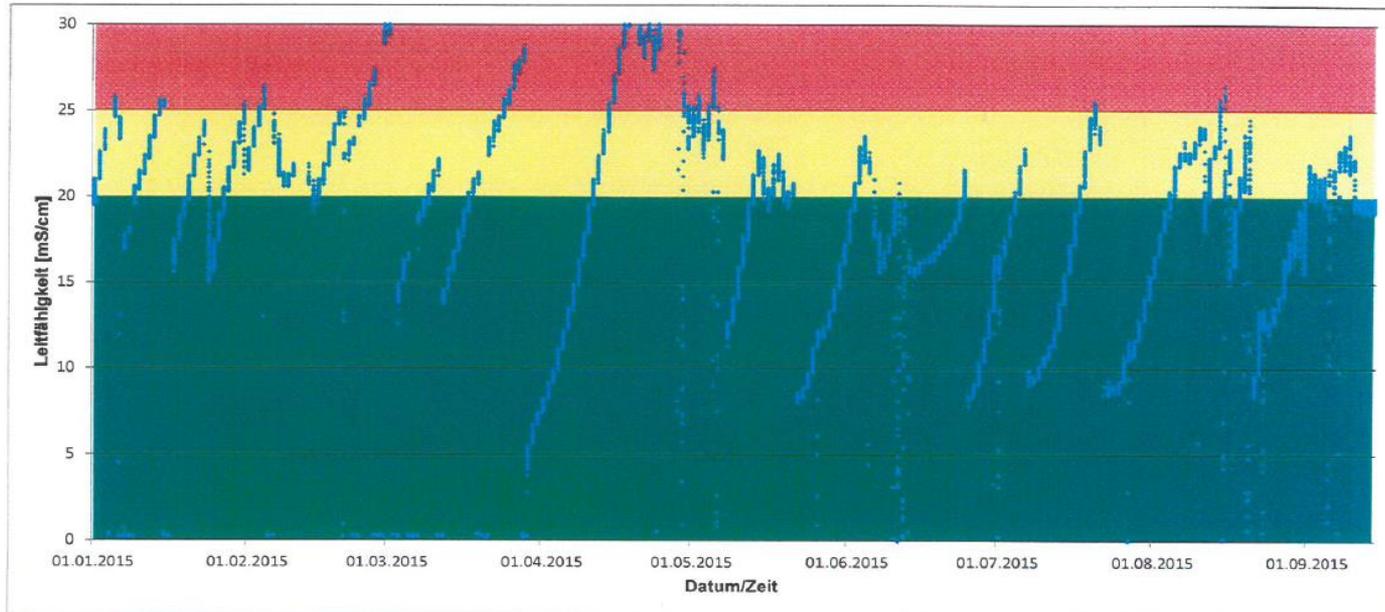
# Hemmung von Ammoniakoxidierenden Bakterien

	Einsetzende Hemmung [mg/l]		Toxizitätsgrenze [mg/l]	
	NH <sub>3</sub>	HNO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	HNO <sub>2</sub>
<b>Nitrosomonas</b> (Ammoniakoxidierer)	10 - 150	< 0,02	200 - 700	0,1
<b>Nitrobacter</b> (Nitritoxidierer)	0,1 - 1,5	0,2 – 0,9	1 - 10	2,8
<b>Belebtschlamm</b>	30 - 50	< 2,8		

# Dissoziationsgleichgewichte



# Wie sind Überschreitungen der Sollwerte im Rahmen der Anlagenüberwachung zu bewerten?



Mängel beim Lf-Wertverlauf	Erläuterungen	
Abweichung dauerhaft		Bei Lf-Werten >25 Abschlämmen notwendig
Abweichung wiederkehrend	X	
Datenlücken erheblich		
Fehler Messkette		
Fehler Programm		
Fehler Datenaufzeichnung		
Sonstiges:		

# Wie sind Überschreitungen der Sollwerte im Rahmen der Anlagenüberwachung zu bewerten?



1. Werte von 20 – 25 mS/cm sind kurzfristig unproblematisch.
2. Längerfristige und wiederkehrende Überschreitungen des Maximalwertes von 25 mS/cm führen zur Bewertung „Rot“.
3. Fehlen Aufzeichnungen über einen längeren Zeitraum (mindestens 2 Wochen) ohne plausible Erklärung, führt dies zur Bewertung „Rot“.

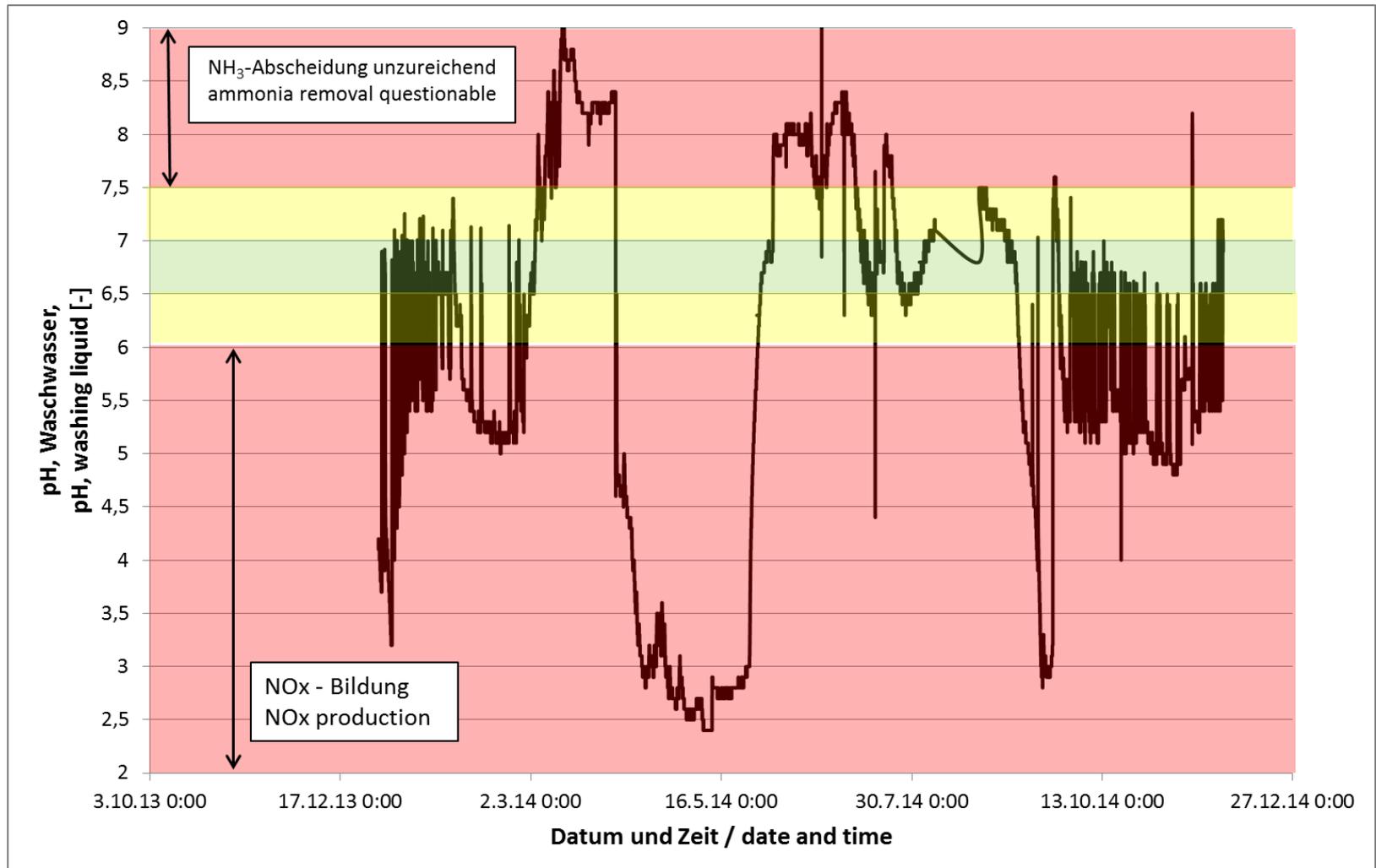
Quelle: Hahne, Jochen: Analyse der Funktionserfüllung von Abluftreinigungsanlagen aufgrund von Messergebnissen und Ableitung von Handlungsempfehlungen für die praktische Überprüfung. Braunschweig, Februar 2014 im Auftrag des Landkreises Cloppenburg

# Was passiert, wenn die Leitfähigkeit im Waschwasser steigt?



1. Die Leitfähigkeit ist ein Maß für den Salzgehalt im Waschwasser.
2. Bei höheren Leitfähigkeitswerten steigt im Regelfall auch die Konzentration an Ammonium und Ammoniak im Waschwasser.
3. Ammoniak wird in Abhängigkeit vom pH-Wert gebildet und aus dem Waschwasser auch wieder ausgeblasen (!).
4. Die Abscheidegrad von Ammoniak aus dem Rohgas wird verschlechtert um den Anteil, der aus dem Waschwasser wieder ausgeblasen wird.
5. Der  $\text{NH}_3$ -Abscheidegrad wird umso stärker beeinflusst je geringer die Rohgaskonzentrationen sind.

# Wie sind Überschreitungen der Sollwerte im Rahmen der Anlagenüberwachung zu bewerten?



# Wie sind Überschreitungen der Sollwerte im Rahmen der Anlagenüberwachung zu bewerten?



1. Werte von  $< 6$  und  $> 7,5$  sind für die Anlagenfunktion kritisch.
2. Treten diese Werte über einen längeren Zeitraum (mindestens 2 Wochen oder immer wiederkehrend auf, führt dies zur Bewertung „Rot“.
3. Fehlen Aufzeichnungen über einen längeren Zeitraum (mindestens 2 Wochen) ohne plausible Erklärung, führt dies zur Bewertung „Rot“.

Quelle: Hahne, Jochen: Analyse der Funktionserfüllung von Abluftreinigungsanlagen aufgrund von Messergebnissen und Ableitung von Handlungsempfehlungen für die praktische Überprüfung. Braunschweig, Februar 2014 im Auftrag des Landkreises Cloppenburg

# Was passiert, wenn der pH-Wert nicht im Soll bleibt?



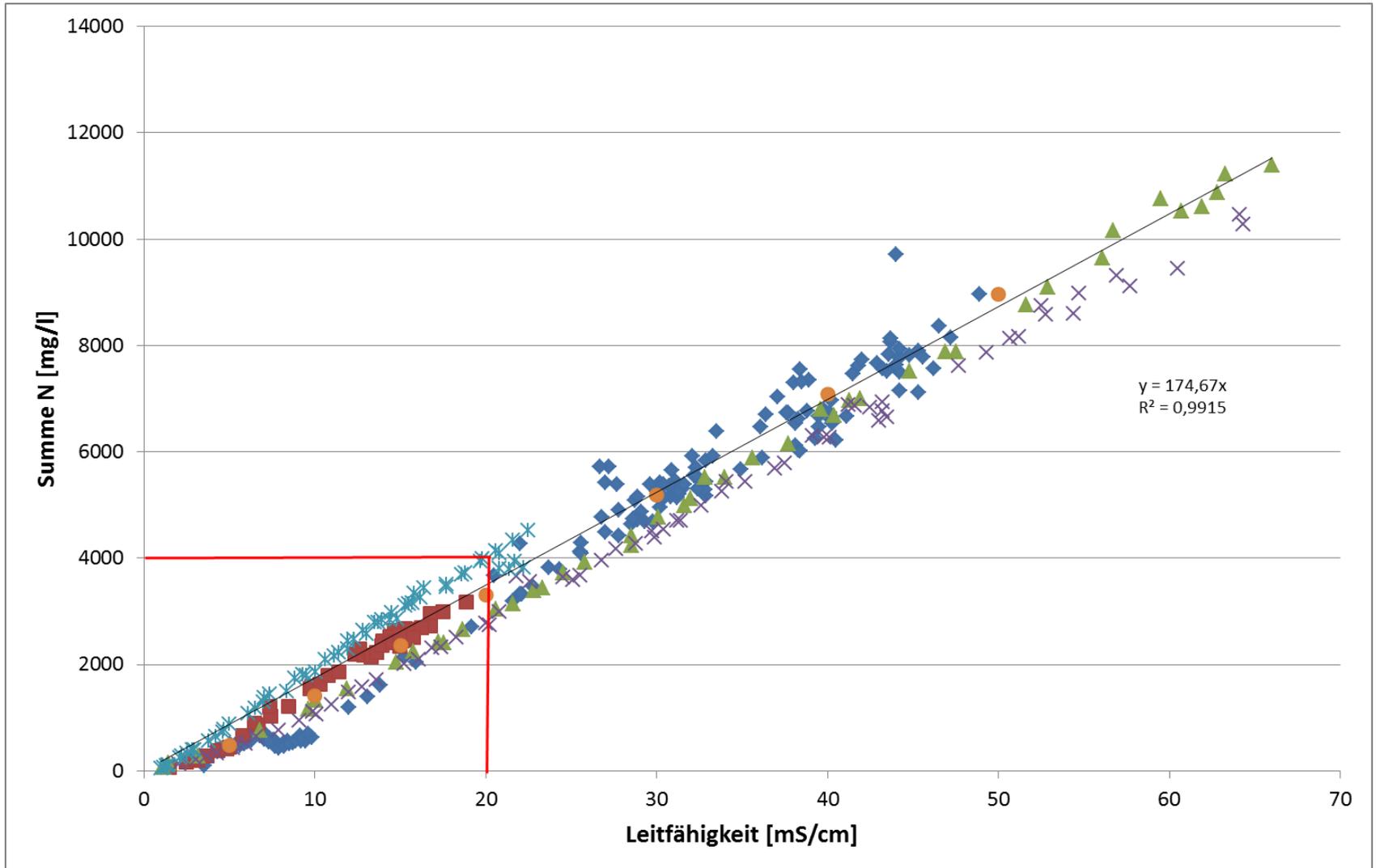
## *Steigende pH-Werte*

Im Waschwasser gelöstes Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) reagiert zu Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und kann ausgeblasen werden. Dadurch sinkt der Abscheidegrad für Ammoniak.

## *Fallende pH-Werte*

Bei sinkenden pH-Werten reagiert Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) zu salpetriger Säure ( $\text{HNO}_2$ ). Diese zerfällt unter Bildung nitroser Gase ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), die in die Umwelt gelangen und auch sehr korrosiv sind. Durch diesen Vorgang sinkt die N-Entfrachtung beträchtlich.

# Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und N-Konzentration im Waschwasser bei Rieselbettfiltern



## Annahmen:

- 1000 MS, Emissionsfaktor= 3,64 kg/(TP a) bzw. 3 kg N/(TP a)
- Abscheidegrad =  $80/100 = 0,8$
- N-Konzentration im Waschwasser =  $4 \text{ kg/m}^3$  (bei 20 mS/cm)

## N-Masse im Waschwasser (abzuscheidende N-Masse):

$$= 1000 \text{ TP} * 3 \text{ kg N/(TP a)} * 0,8 = 2400 \text{ kg N}$$

## Abschlämmung:

$$= \text{Abzuscheidende N-Masse [kg]} / \text{N-Konzentration Waschwasser [kg/m}^3]$$

$$= 2400 \text{ kg N} / (4 \text{ kg/m}^3) = 600 \text{ m}^3 \text{ Waschwasser}$$

# Was passiert, wenn zu wenig Waschwasser abgeschlämmt wird?



- Die Konzentrationen an Salzen (die Leitfähigkeit) steigt zunächst an.
- Es bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Abscheidung und Freisetzung von Gasen bei „Sättigung“ des Waschwassers. Der Abscheidegrad sinkt für Stickstoff bis auf Null.
- Die Konzentration von Staub und organischen Stoffen im Waschwasser steigt an. Ablagerungen im System führen zu Fäulnisvorgängen und sekundären Geruchsfreisetzungen aus dem Waschwasser.
- Mehr Biomasse und höhere Temperaturen im System führen zu mehr Stoffumsatz (starke Ammoniakoxidation). Sinnvoll sind kleine Wasservorlagen und der häufigerer Austausch.

# Waschwasserszusammensetzung

*Einstufige Rieselbettfilter, ordnungsgemäße  
Abschlammung*



Parameter	Wertespanne
pH-Wert [-]	6,3 – 7,4
Leitfähigkeit [mS/cm]	11,5 -25,8
NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	240 – 2.900
NO <sub>2</sub> -N [mg/l]	0 – 2.970
NO <sub>3</sub> -N [mg/l]	0 - 710
N <sub>organisch</sub> [mg/l]	0 - 99
Gesamt-P [mg/l]	4 - 25
Sulfat [mg/l]	240 – 1.350
CSB [mg/l]	2.000 – 4.000*

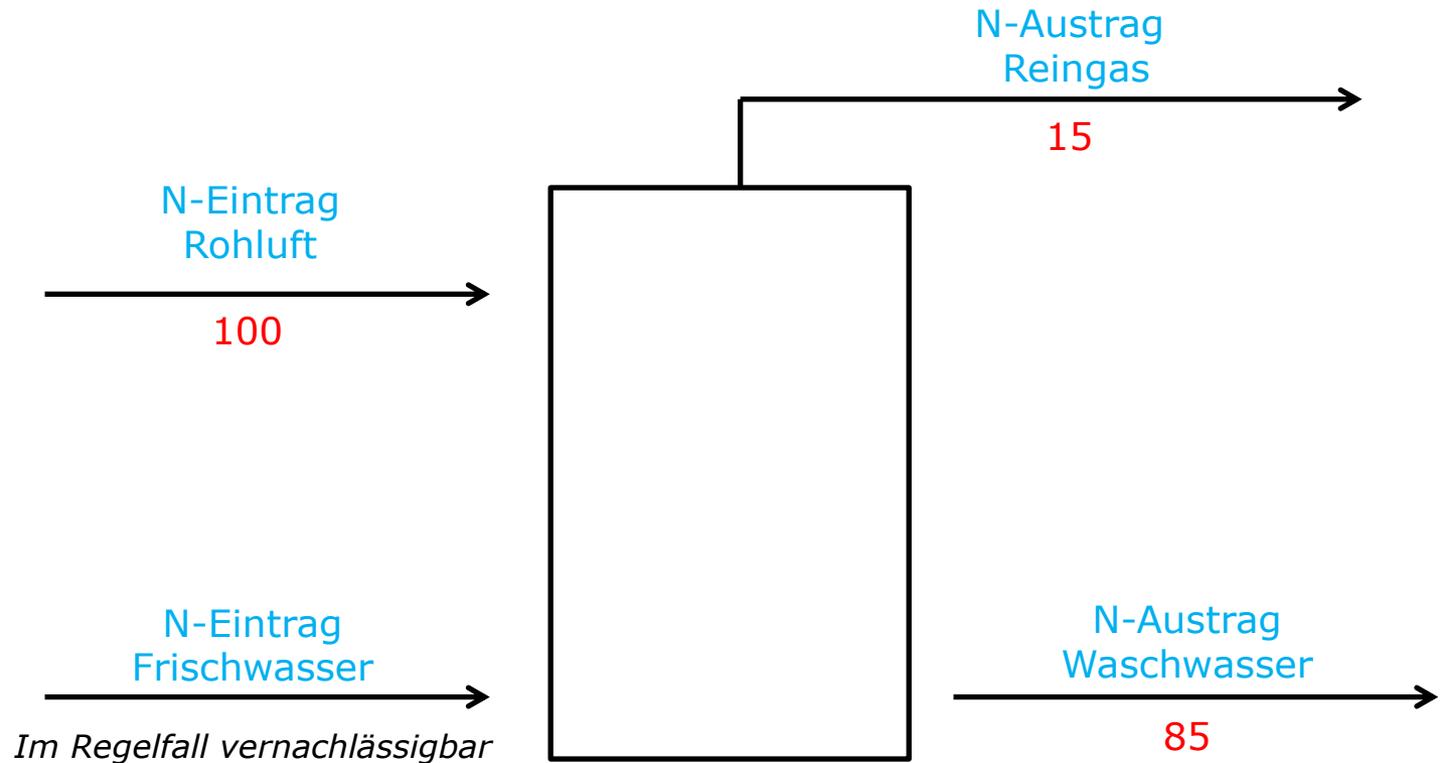
# Abscheidung von Ammoniak

Quelle: DLG-Prüfungen, pH-geregelt und leitfähigkeitsgesteuerte Abschlämmung



Tierkategorie	Verfahren 1	Verfahren 2	Verfahren 3	Verfahren 4
Schweine <i>NH<sub>3</sub>-Abscheidung [%]</i> <i>N-Entfrachtung [%]</i>	90,5 77,8	92,0 83,0	84,0 75,0	83,0 70,0

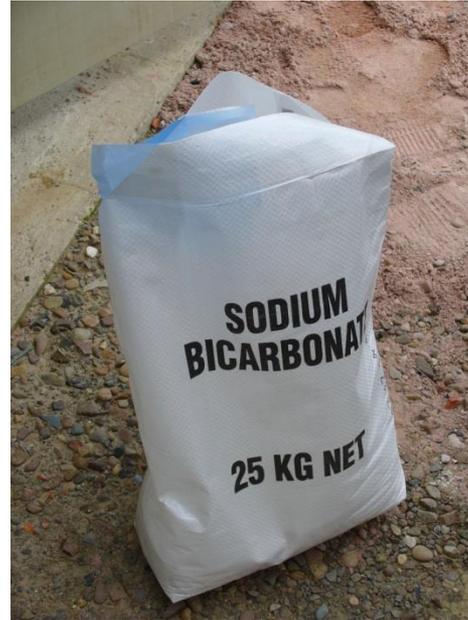
# N-Entfrachtung bei Rieselbettfiltern



$$\text{N-Entfrachtung} = (\text{N-Austrag Waschwasser} / \text{N-Eintrag Rohluft}) * 100$$
$$\text{N-Entfrachtung} = (85/100) * 100 = 85 \%$$

# Alkalien-Einsatz zur pH-Wert-Regelung

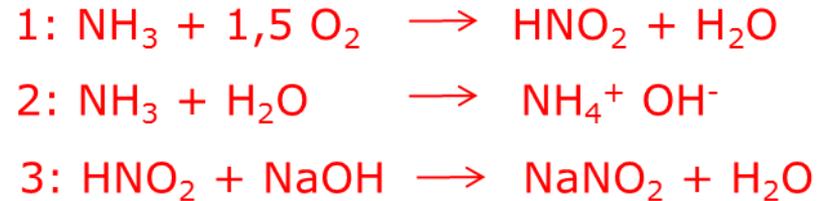
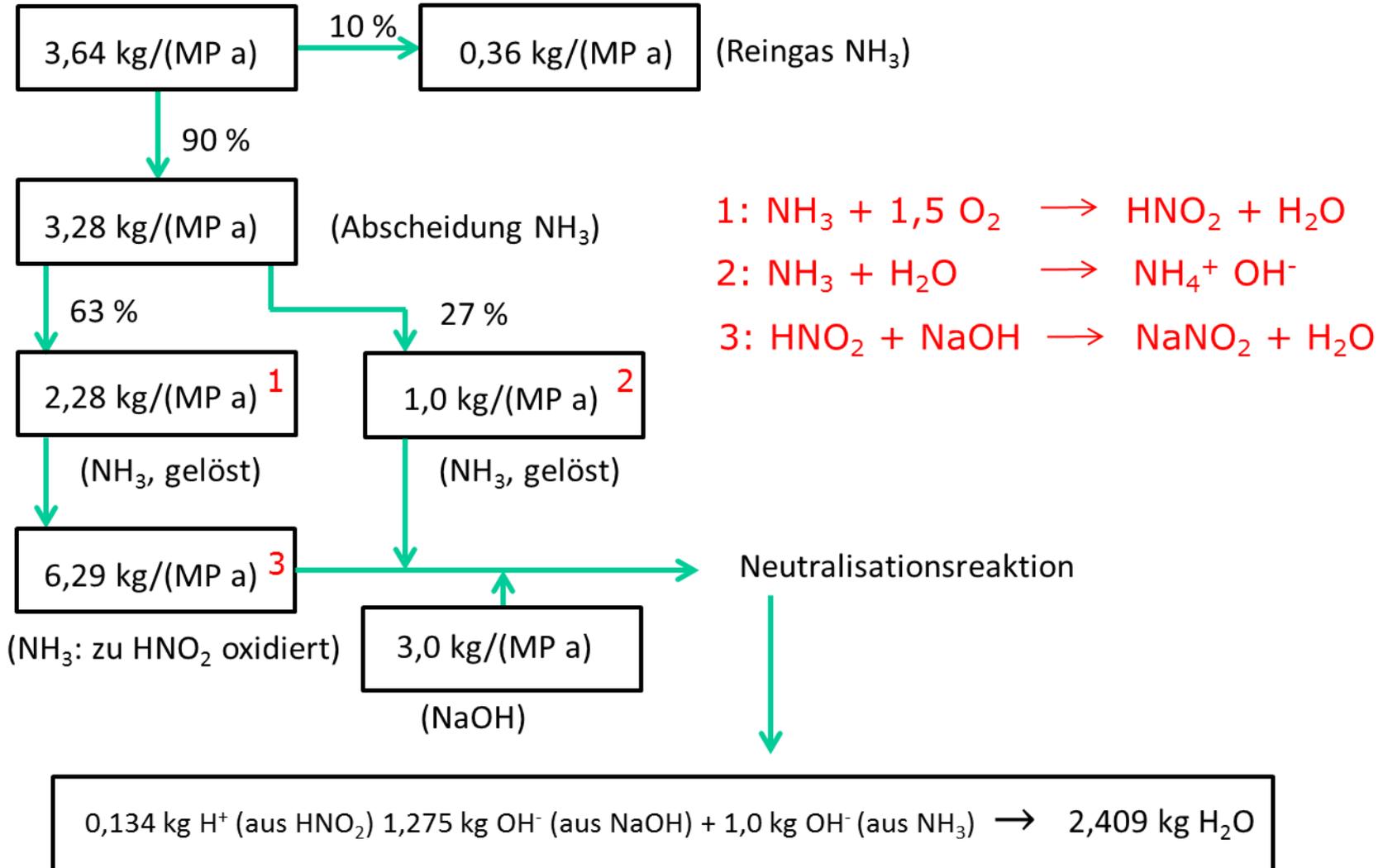
## *Wirkstoffanteile, Dosierung und Vermischung*



	<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	<b>NaOH (50 %)</b>
<i>Wirkstoffanteil [%]</i>	20	21
<i>Dosierbarkeit, Mischbarkeit</i>	?	<i>Dosierpumpe</i>

# Alkalien-Aufwand zur pH-Wert-Regelung

## *Mastschweinehaltung*



## Nitrifikationshemmer:

- verzögern die mikrobiologische Oxidation von Ammoniak
  - Weniger Säurebildung, geringerer pH-Wertabfall
  - Mehrverbrauch an Säure zur Ammoniakabscheidung
    - *Weil keine oder nur eine verminderte biologische Ansäuerung erfolgt*
  - Kein oder nur geringer Laugenverbrauch
  - Weniger Waschwasser (?)

## aber

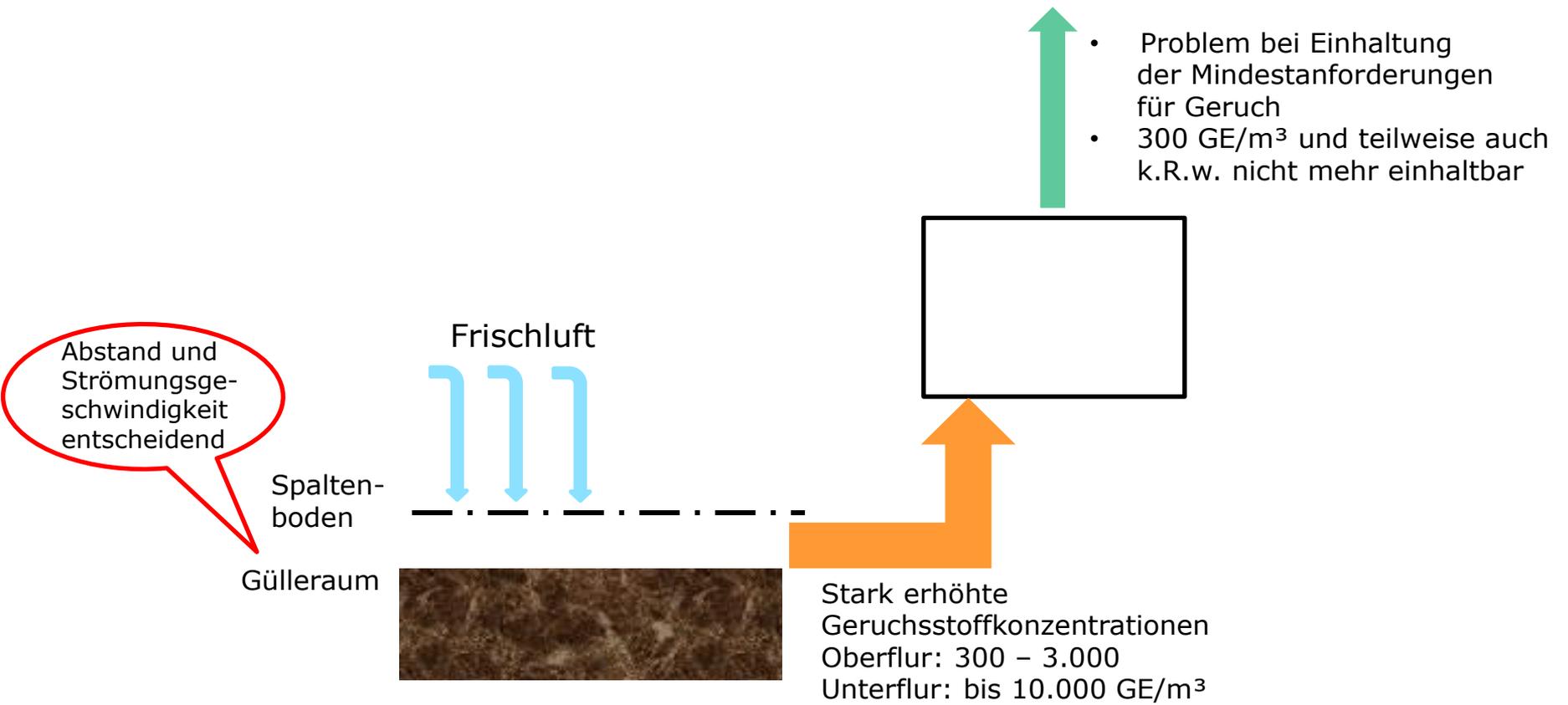
- Dürfen diese Stoffe für diesen Zweck eingesetzt werden (Zulassung?)
- Wie erfolgt die Dosierung dieser Stoffe?
- Wonach wird die Dosierung gesteuert / geregelt?
- Wo verbleiben diese Stoffe? (Abbau, Boden, Grundwasser?)

## 4. Geruch



- Es gibt mehrere Hundert Geruchsstoffe in der Abluft aus Tierhaltungsanlagen.
- Die Konzentrationen der einzelnen Verbindungen (die riechen) in der Abluft sind sehr gering.
- Die menschliche Wahrnehmungsschwelle ist für bestimmte Geruchsstoffe sehr gering
  - Schwefelwasserstoff =  $0,025 \text{ mg/m}^3$
  - Ammoniak =  $4,0 \text{ mg/m}^3$
- Die Geruchsstoffe sind teilweise schlecht wasserlöslich (Skatol  $< 0,45 \text{ g/l}$ ).
- Als unangenehm werden verschiedene Stickstoff- und schwefelhaltige Stoffklassen wahrgenommen: Thiole, Thioether und Amine: **Sie stammen häufig aus dem Abbau von Eiweiß-Verbindungen.**

# Unterflurabsaugungen können auch zu hohen Geruchsbelastungen führen



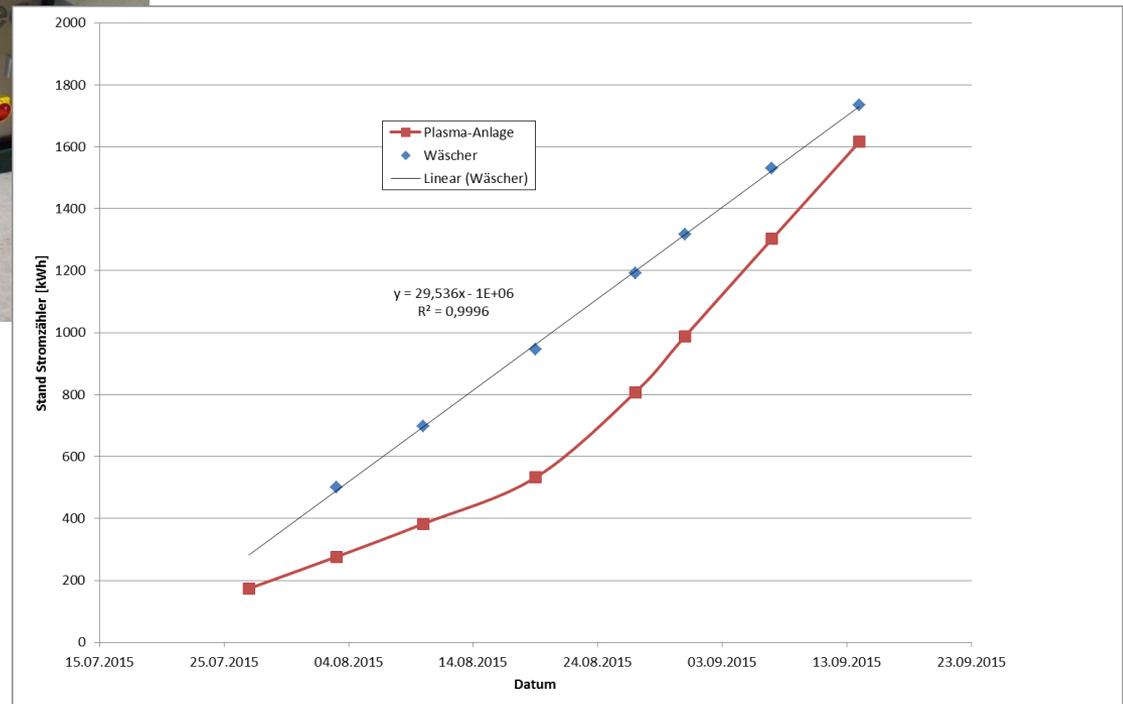
- Nicht angepasste Fütterung (überhöhte Eiweißausscheidungen im Kot)
- Lange Lagerung der Gülle im Stall, geringer Abstand Gülle zum Spaltenboden
- Verschmutzung in den Abteilen, hohe Temperaturen
- Bestimmte Futtermittel (Eiweißhaltige Lebensmittelreste, Molke etc.).
- Zu hoher Staubeintrag in den Abluftwäscher
- Falscher Betrieb von Abluftreinigungsanlagen
  - unzureichende Abschlämmung
  - Zu geringe oder falsche Berieselung
  - Fäulnisprozesse bei Ablagerungen im Wäscher
  - ungenügende Reinigung der Austauschflächen
  - Zu geringer pH-Wert im Waschwasser (Schwefelhaltige Verbindungen)
  - Zu hoher pH-Wert im Waschwasser (Stickstoffhaltige Verbindungen)

# Beseitigung von Gerüchen mit Additiven: Plasma-Einsatz

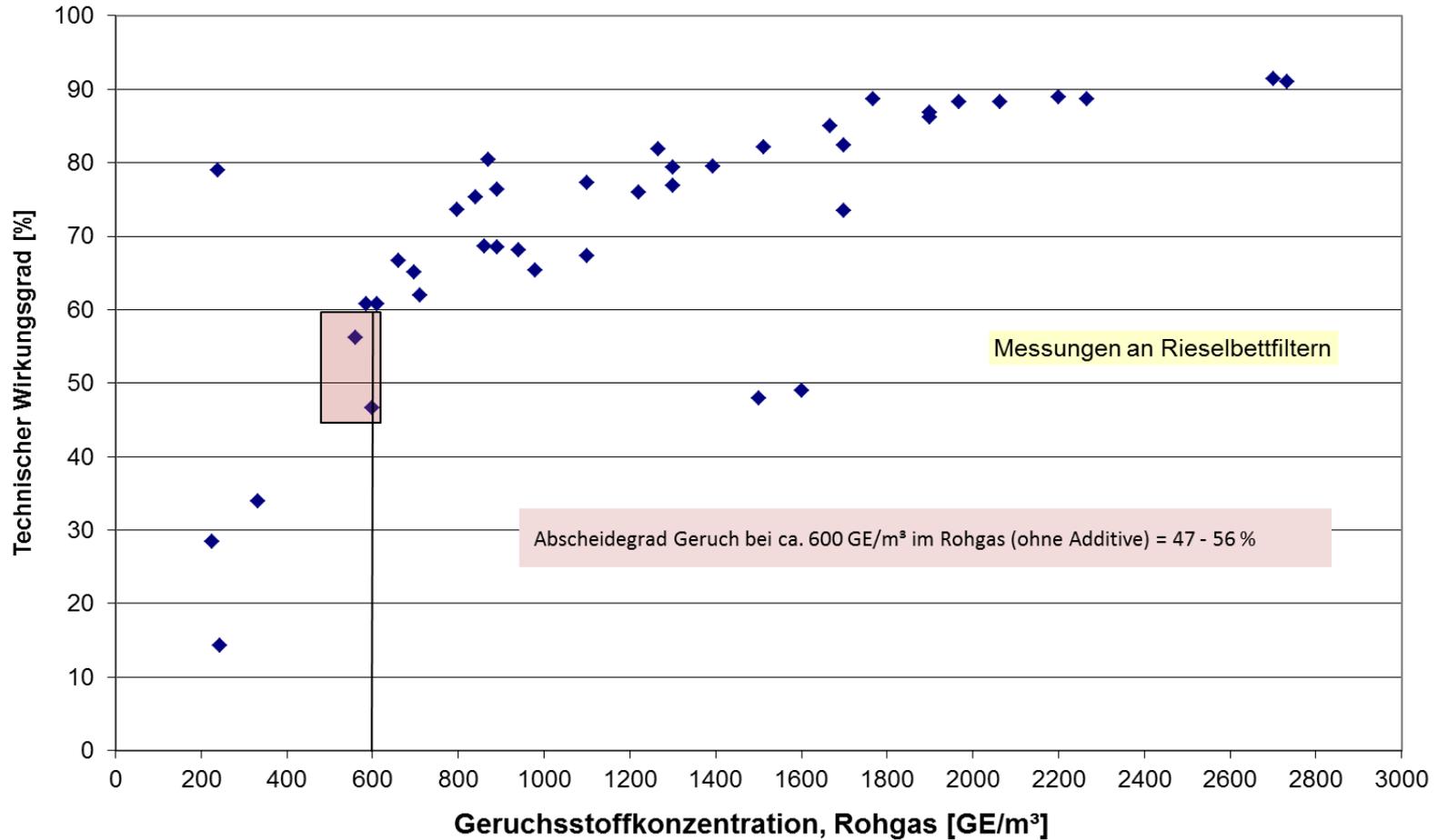


Hoher Energieverbrauch der Plasma-Anlage  
= 20,9 kWh/(TP a)

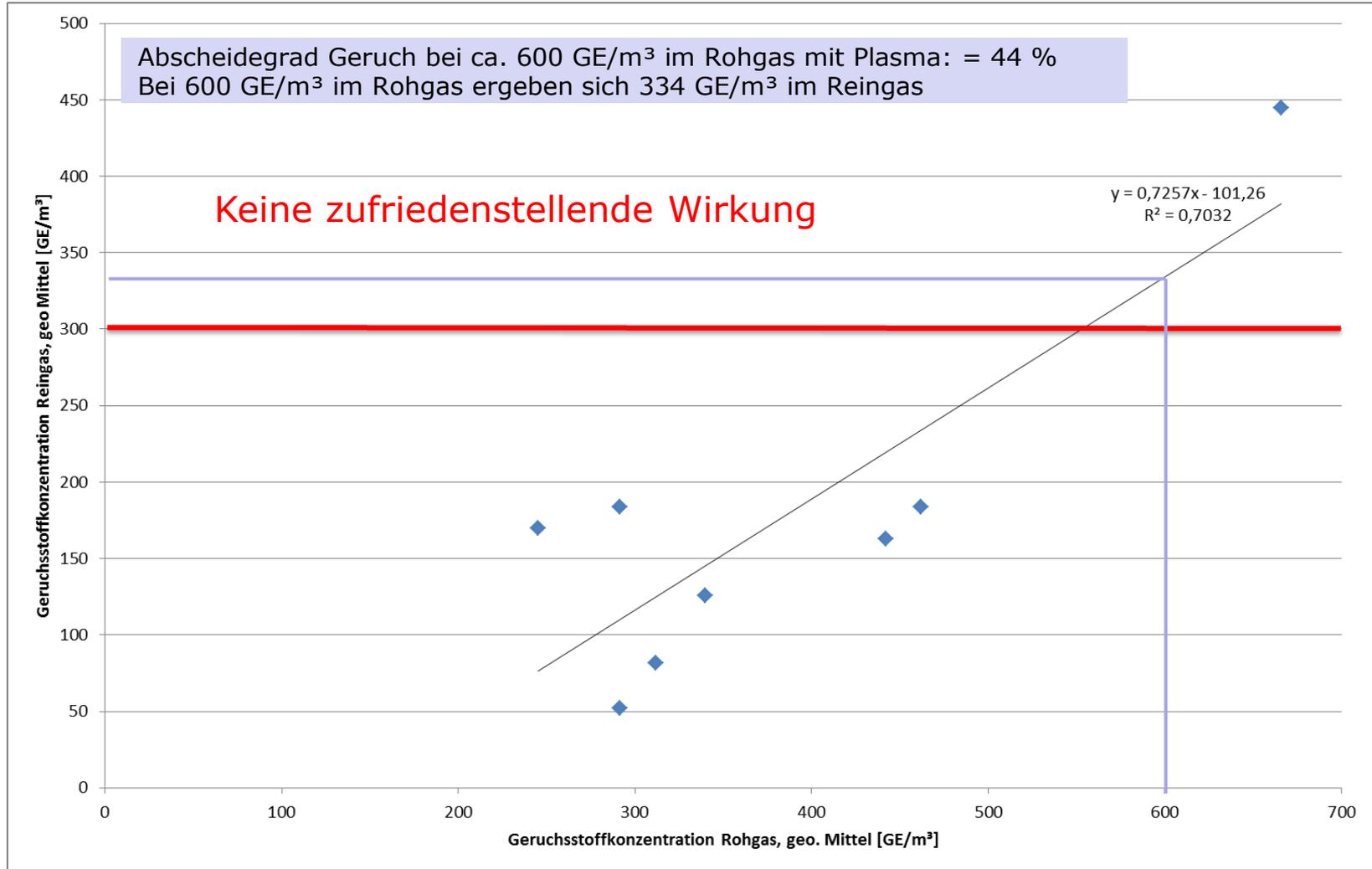
Energieverbrauch Wäscher  
= 14 kWh/(TP a)



# Beseitigung von Gerüchen bei Rieselbettfiltern ohne Additive



# Beseitigung von Gerüchen mit Additiven: Plasmaeinsatz, Schweinehaltung

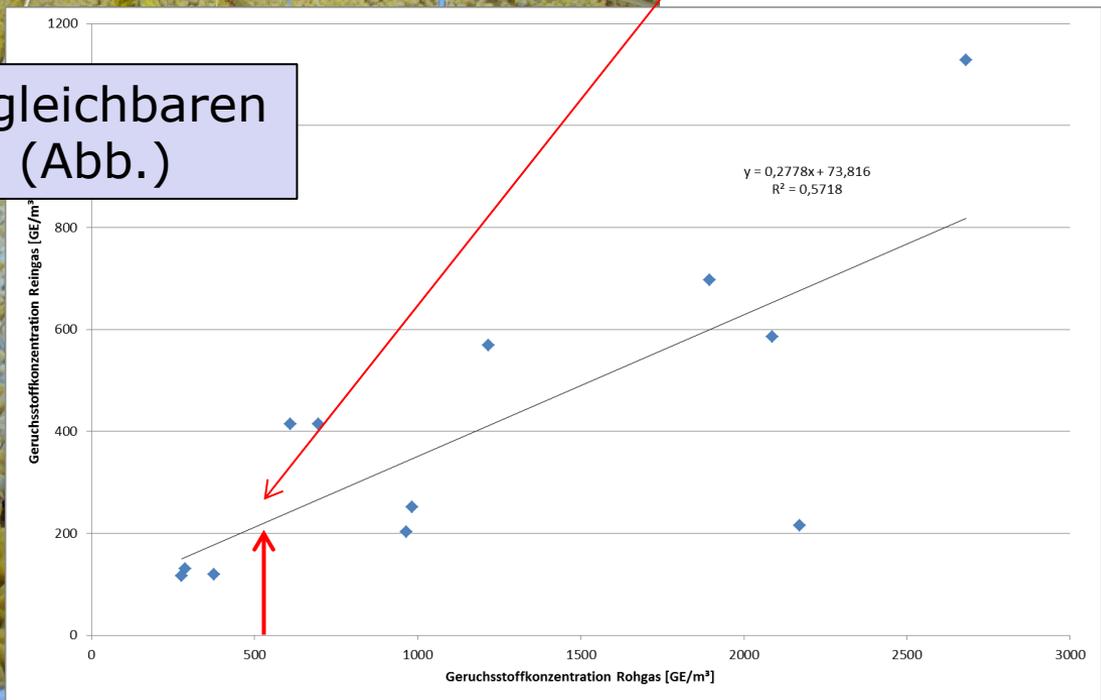
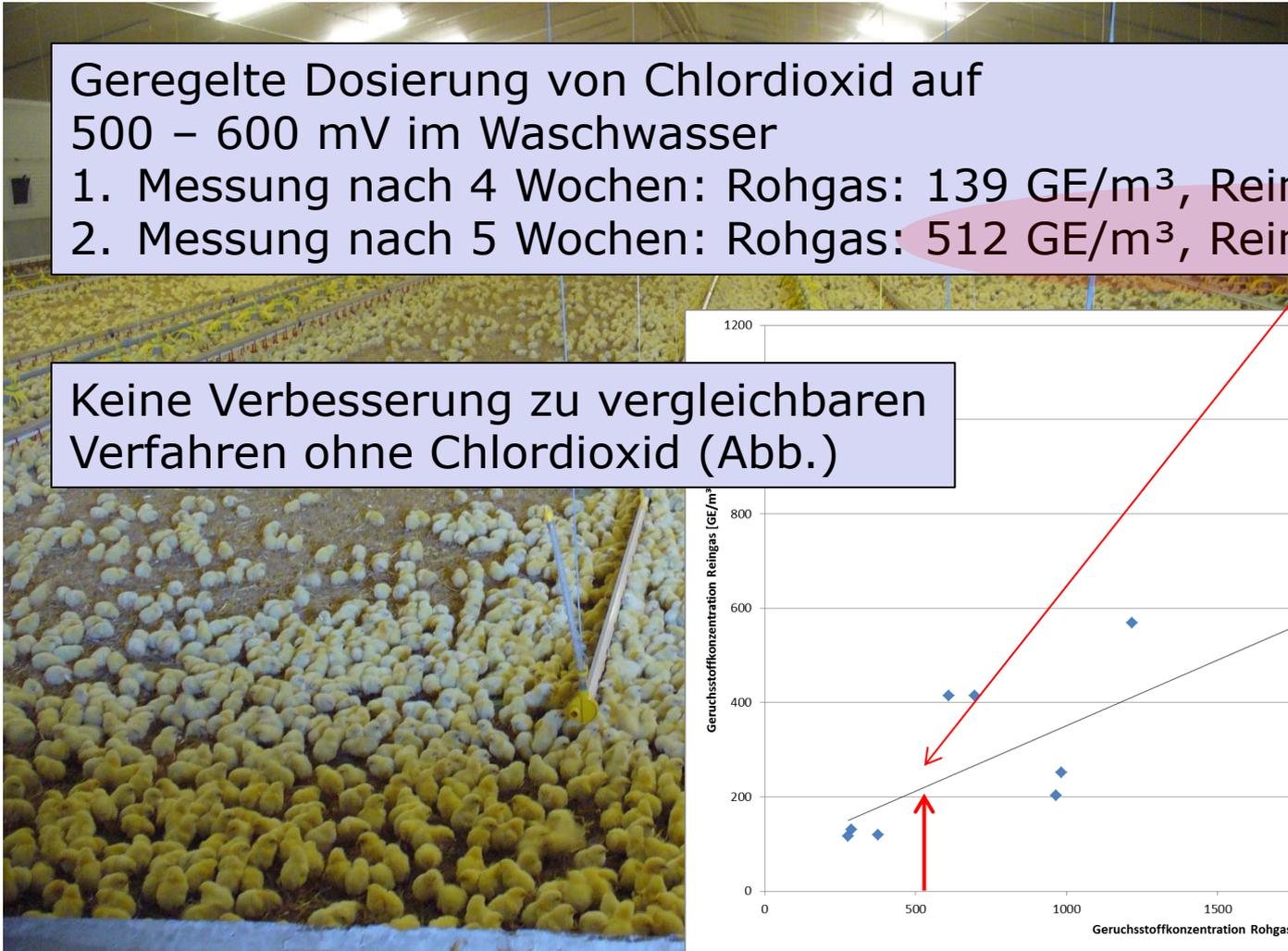


# Beseitigung von Gerüchen mit Additiven: Chlordioxid (Masthähnchen)

Geregelte Dosierung von Chlordioxid auf 500 – 600 mV im Waschwasser

1. Messung nach 4 Wochen: Rohgas: 139 GE/m<sup>3</sup>, Reingas: 154 GE/m<sup>3</sup>
2. Messung nach 5 Wochen: Rohgas: 512 GE/m<sup>3</sup>, Reingas: 323 GE/m<sup>3</sup>

Keine Verbesserung zu vergleichbaren Verfahren ohne Chlordioxid (Abb.)



# Abscheidung von Gerüchen

Quelle: DLG-Prüfungen, Beispiele



Tierkategorie	Verfahren 1	Verfahren 2	Verfahren 3	Verfahren 4
Schweine <i>Konzentration im Reingas [GE/m<sup>3</sup>]</i> <i>Rohgasgeruch im Reingas</i>	< 300 nein	< 300 nein	< 300 nein	< 300 nein

1: Prüfungen laufend

## 5. Bioaerosole

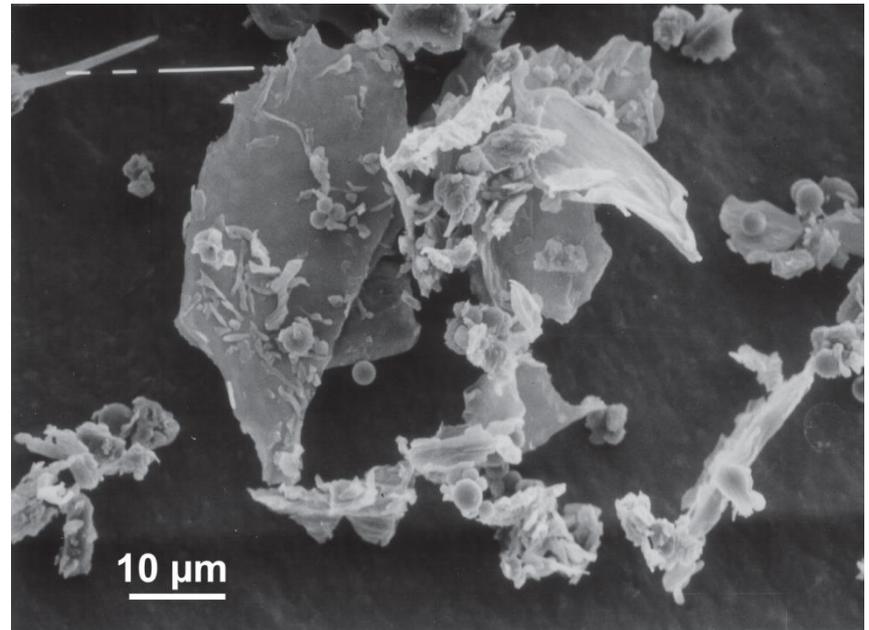


Foto: M. Clauß, Thünen-Institut

# Konzentrationen und Abscheidung von Bioaerosolen

Quelle: DLG-Prüfungen



Tierkategorie	Gesamtbakterien	Schimmelpilze
<p>Schweine</p> <p><i>Konzentration im Rohgas [KBE/m<sup>3</sup>]</i></p> <p><i>Konzentration im Reingas [KBE/m<sup>3</sup>]</i></p> <p><i>Abscheidegrad [%]</i></p>	<p><math>10^4 - 10^5</math></p> <p><math>10^3 - 10^4</math></p> <p>Ca. 80 – 90</p>	<p><math>1,2 - 1,7 \cdot 10^3</math></p> <p><math>2,0 - 6,0 \cdot 10^2</math></p> <p>Ca. 30 – 85</p>

# Abscheidung von Bioaerosolen bei eignungsgeprüften Anlagen

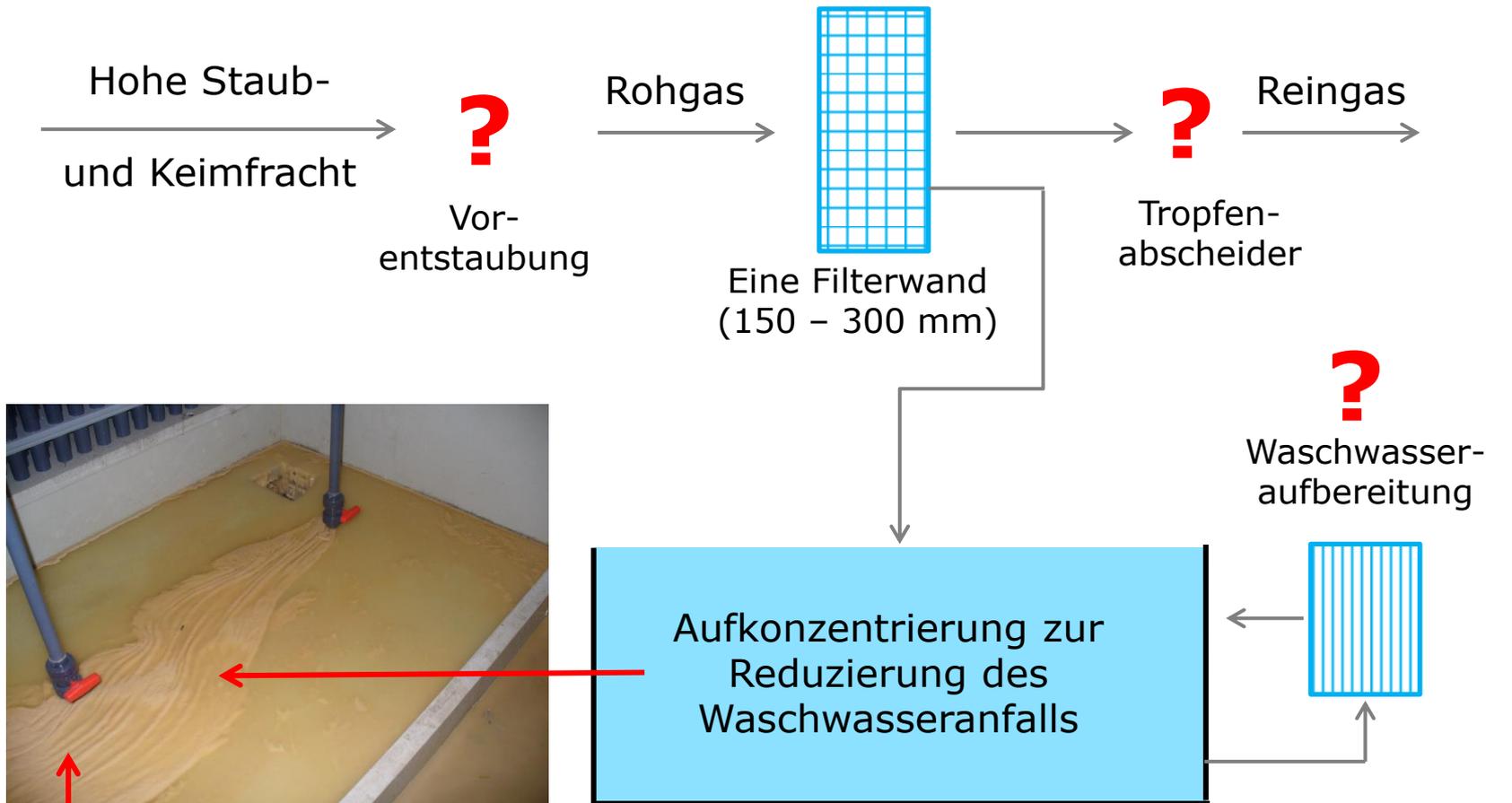
*BioAluRein-Projekt: Schweinehaltung*



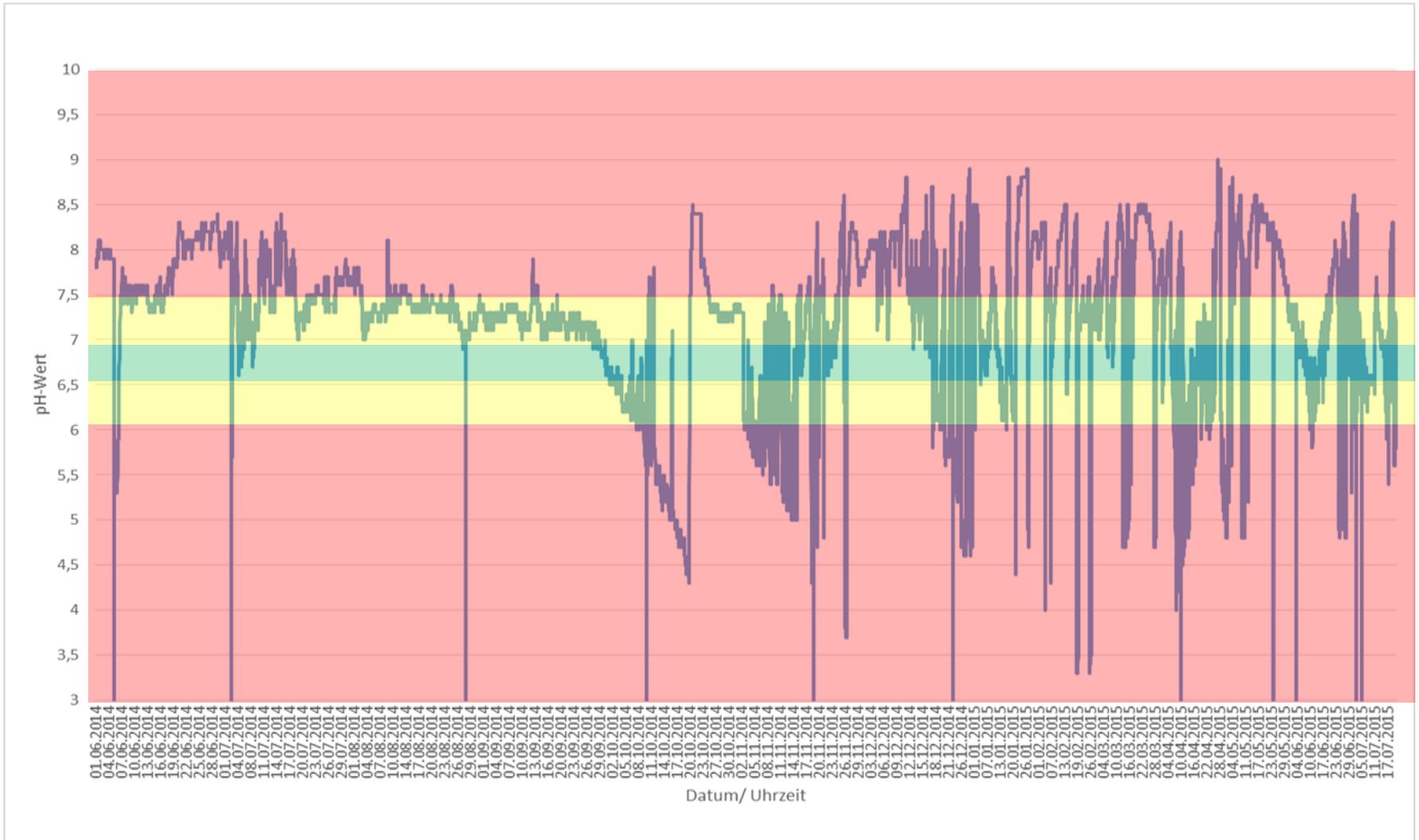
Messungen durch die TIHO, Hannover

- 3-stufige Abluftreinigungsanlage
  - *Abscheidung von Gesamtkeimen im Mittel 88 % (n= 10)*
    - *Schwankungsbreite: 74 – 97 %*
  - *Abscheidung von MRSA: 89 % (n= 10)*
    - *Schwankungsbreite 67 – 100 %*
  - *Emission von Schimmelpilzen bei falschem Betrieb möglich*
- 1-stufiger Rieselbettfilter
  - *Abscheidung von Gesamtkeimen im Mittel 85 % (n= 20)*
    - *Schwankungsbreite: 35 – 98 %*
  - *Abscheidung von Streptococccen: 87 % (n= 10)*
    - *Schwankungsbreite 56 – 100 %*
  - *Emission von Schimmelpilzen bei falschem Betrieb möglich*
- Generelles
  - *Mehrstufige Anlagen: Abscheidung stabiler*
  - *Freisetzung sekundärer Keime unproblematisch*

# Probleme bei der Abscheidung von Pilzen in der Geflügelhaltung



# Mögliches Wachstum von Pilzen bei niedrigen pH-Werten im Waschwasser



# Mögliches Wachstum von Pilzen bei niedrigen pH-Werten im Waschwasser



# Abscheidung von Bioaerosolen: Schweinehaltung (Beispiel)



Messdatum	03.08.2015		03.08.2015		19.08.2015		19.08.2015	
Roh- oder Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas
Messbeginn [hh:mm]	10:28	10:28	11:07	11:07	09:15	09:15	09:50	09:50
Messende [hh:mm]	10:58	10:58	11:37	11:37	09:45	09:45	10:20	10:20
Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	3,5	4,3	3,5	4,5	3,6	3,5	3,6	3,5
Temperatur [°C]	25,1	22,8	25,5	23,1	22,4	19,6	22,4	19,6
relative Feuchte [%]	69	98	68	98	82	100	82	100
Umgebungsdruck [mbar]	1015	1015	1015	1015	1014	1014	1014	1014
V <sub>Norm</sub> [l]	739,1	524,6	780,9	513,5	721,5	516,1	790,5	514,2
<b>Untersuchungsergebnisse [KBE/30ml]</b>								
Bakterienkeimzahl (22°C)	90.000	8.500	79.000	7.800	96.000	11.000	190.000	7.800
Schimmelpilzkeimzahl	1.200	600	1.700	200	2.400	1.200	2.400	1.500
Enterokokken	<300*	<300*	<300*	<300*	450	<300*	<300*	<300*
<b>Konzentration unter Normbedingungen [KBE/m³]</b>								
Bakterienkeimzahl (22°C)	121.767	16.203	101.164	15.190	133.050	21.313	240.346	15.171
Schimmelpilzkeimzahl	1.624	1.144	2.177	389	3.326	2.325	3.036	2.917
Enterokokken	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Abscheidung [%]</b>								
<b>Gesamtbakt.keimzahl (22°C)</b>	<b>87%</b>		<b>85%</b>		<b>84%</b>		<b>94%</b>	
<b>Schimmelpilzkeimzahl</b>	<b>30%</b>		<b>82%</b>		<b>30%</b>		<b>4%</b>	
<b>Enterokokken</b>	-		-		-		-	

Quelle: LUFA Nordwest, Daten anonymisiert

# Reinigungsleistungen

## Abscheidung von Bioaerosolen (1)



<b>Quelle</b>	<b>Anlage</b>	<b>Abscheidegrad [%]</b>
Wekerle et al. (1983)	Versuchs-Biowäscher	4 - 69,5 (Viren !)
Ottengraf et al. (1991)	Biofilter	Stark abhängig von Rohgaskonzentration
Martens, W. et al. (2000)	Biofilter	Kultivierbare Bakterien: 70 – 95 %, Pilze: > 60 %, Zunahme bei Hefen
Rabe et al. (2000)	Biofilter und Wäscher-Biofilter-Kombination	Gesamtpilzsporen: Teilw. negativ Freisetzung von Paecilomyces
Kummer et al. (2003)	Biowäscher-Container-Biofilter	< 2 Zehnerpotenzen, teilw. Zunahme von Gesamtpilzzahl und thermophilen Actinomyceten

# Reinigungsleistungen

## Abscheidung von Bioaerosolen (2)



Quelle	Anlage	Abscheidegrad [%]
Zucker, 2005	2-stufiger Wäscher	GKZ: 86 (n = 22) Gramneg. GKZ: 51
Geburek, 2005	1-stufiger Biofilter	GKZ: > 98 (n = 12) Pilze: teilweise neg.
Tymczyna et al. 2007	1-stufiger Biofilter	Gramneg. GKZ: > 99,3 Endotox: -665 bis 100
Hartung, Clauß, 2012	3-stufige Anlage (Projektergebnisse)	Mes. Bakt.: 73 – 97 Pilze: -114 bis 100
Clauß, Hartung, 2012	Rieselbettfilter (Projektergebnisse)	Mes. Bakt.: 82 – 98 Pilze: -600 bis 100

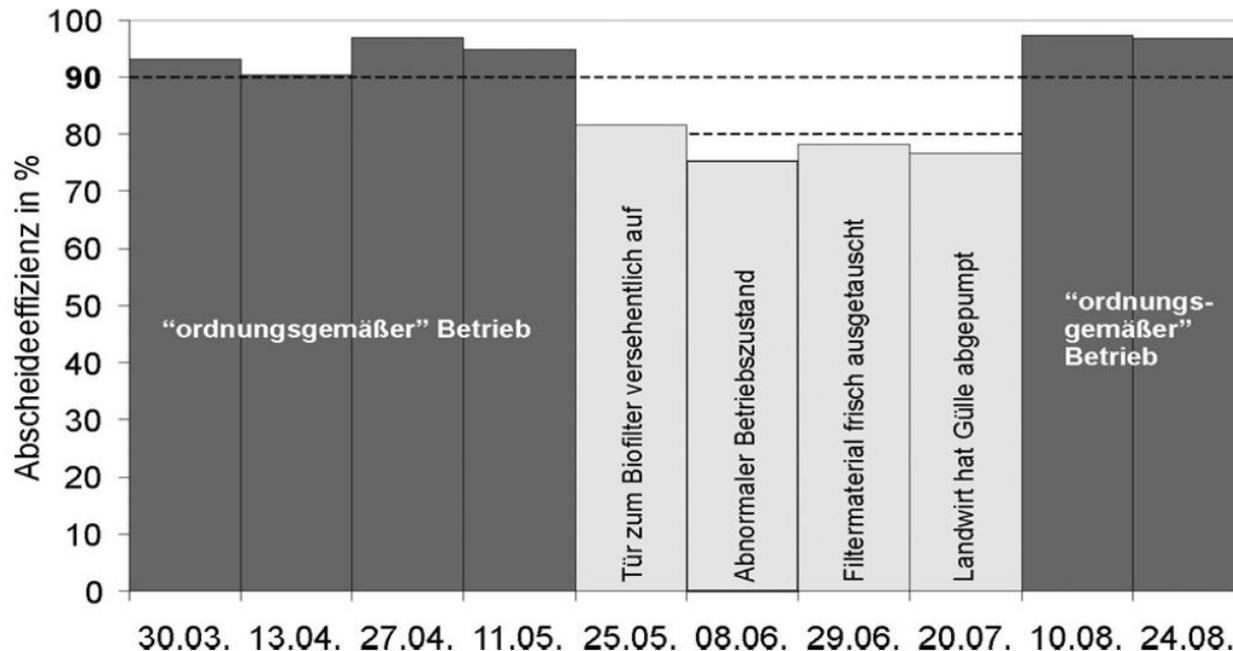
# Abscheidung von Bioaerosolen

*Wirksamkeit zertifizierter Anlagen*



Quelle: Jörg Hartung, Marcus Clauß: KTBL/vTI-Fachgespräch  
17. und 18.9.2012 in Braunschweig

Beispiel für Reduktionseffizienzen einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage für luftgetragene mesophile Bakterien während „ordnungsgemäßigem“ und gestörtem Betrieb



# Abscheidung von Bioaerosolen

*Betrachtung des Wirkungsgrades*



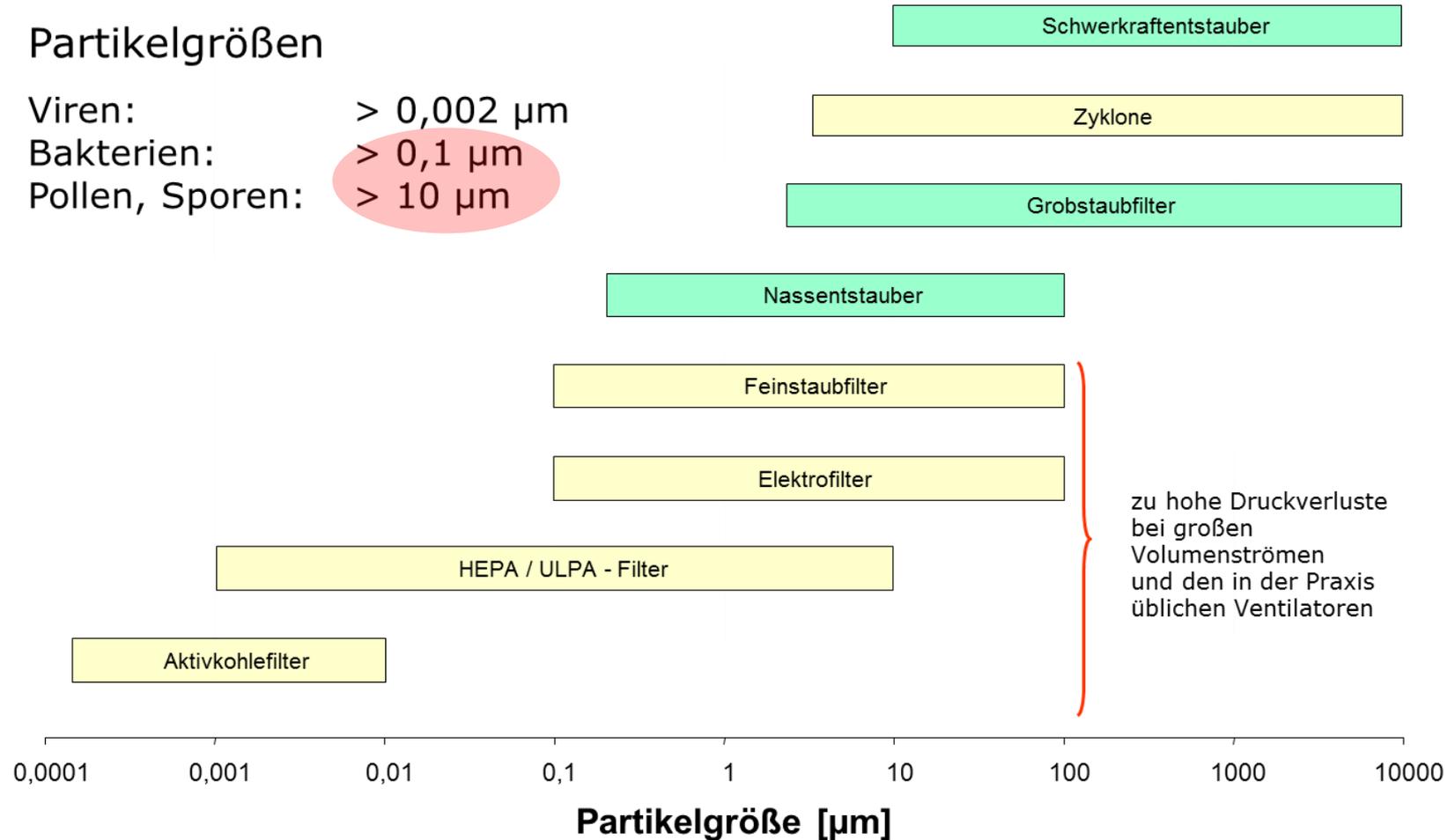
$$WG = ((Roh - Rein)/Roh)*100$$

	Mesophile Bakterien	Pilzsporen
Rohgas	10.000.000 KBE/ml	100 KBE/ml
	↓ WG = 90 %	↓ WG = - 500 %
Reingas	1.000.000 KBE/ml	600 KBE/ml

# Wieso werden Pilzsporen nicht oder nur eingeschränkt von dem System zurückgehalten?

## Partikelgrößen

Viren: > 0,002  $\mu\text{m}$   
Bakterien: > 0,1  $\mu\text{m}$   
Pollen, Sporen: > 10  $\mu\text{m}$



# Wieso werden Pilzsporen nicht oder nur eingeschränkt von dem System zurückgehalten?

## Mögliche Antwort: Sie vermehren sich erst im System !



Ausbildung von Trockenzonen:  
Unzureichende Befeuchtung



Kontamination des Tropfenabscheiders:

- Zu geringer Abstand zur Bedüsungseinrichtung sowie zur Füllkörperpackung
- Unzureichender Wechsel des Waschwassers
- Mitreißen von Waschwasser in den Luftstrom



Falsche Materialien:  
Holz



## 6. Wartung und Optimierung

- Art der Futtermittel (Fettgehalt, Körnigkeit) prüfen
- Absaugpunkte prüfen
- Strömungsgeschwindigkeit möglichst gering halten
- Sedimentationsmöglichkeiten schaffen
- Ablagerungen im Sammelkanal und Reinigung
- Abgelagerten Staub nicht in die ARA blasen
  
- Ggf. Vorreinigung am Eintritt in die Waschstufe
  - Befeuchtete Waschwand
  
- Ggf. Füllkörperaufbau variieren
  - Rohgasseitig größere Lückengrade
  - Reingasseitig feinere Lückengrade
  
- Füllkörper regelmäßig spülen (Hersteller befragen)
  - Washwasser dann komplett wechseln

- Bedarfsgerecht füttern, Futterreste beseitigen
- Lüftung prüfen (möglichst keine Luftbewegung unterflur, gleichmäßige Durchströmung des Stalles)
- Überhöhte Temperaturen und zu hohe Luftfeuchten vermeiden
- Emittierende Oberflächen verringern, Nassbereiche reduzieren (Funktionsbereiche, Großgruppen)
- Möglichst geringe Strömungsgeschwindigkeit im Stall
- Abstand Gülleoberfläche zu Spaltenboden möglichst groß halten

- Ausreichende Berieselungsdichte und Umwälzung sicherstellen, Düsen funktionssicher halten
- Keine volumenstromabhängige Berieselung
- Keine intermittierende Berieselung
- pH-Regelung funktionssicher halten (Säure/Lauge/Additive)
- Soll-pH-Werte sicherstellen
- Ausreichende Abschlämmung gewährleisten
- Leitfähigkeit im Waschwasser auf  $< 20 \text{ mS/cm}$  begrenzen

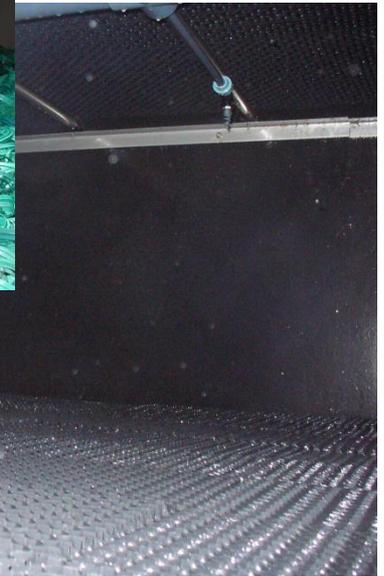
- Bedarfsgerecht füttern, Futterreste beseitigen
- Einsatz von Lebensmittelresten überprüfen (Überschüsse an N- und S-haltigen Proteinen)
- Lüftung prüfen (möglichst keine Luftbewegung unterflur, gleichmäßige Durchströmung des Stalles)
- Überhöhte Temperaturen und zu hohe Luftfeuchten vermeiden
- Emittierende Oberflächen verringern, Nassbereiche reduzieren (Funktionsbereiche, Großgruppen)
- Möglichst geringe Strömungsgeschwindigkeit im Stall
- Abstand Gülleoberfläche zu Spaltenboden möglichst groß halten

# Wartung und Optimierung

*Geruchsstoffe in der ARA sicher abscheiden*



- Ausreichende Berieselungsdichte und Umwälzung sicherstellen
- Funktionssicherheit der Düsen sicherstellen
- pH-Wert im Sollbereich halten
- Anlage und Füllkörper regelmäßig reinigen



## 7. Zusammenfassung

1. Es gibt viele Ansatzpunkte, bereits die Rohgasbelastungen zu reduzieren. Das führt zu geringeren Reingaskonzentrationen und spart Betriebsmittel (Wasser, Säure, Lauge etc.)
  - Bei Überschreitung der Geruchsbelastung im Reingas:
    - Lüftung überprüfen (Unterfluranteil?)
    - Fütterung überprüfen (Proteinüberschuss?)
    - Sauberkeit im Stall prüfen
    - Veränderung Druckverlust ARA prüfen (partielle Verstopfung)
  - Bei Nichteinhaltung der  $\text{NH}_3$ -Abscheidung
    - pH-Wert und Leitfähigkeit in der Anlage an verschiedenen Stellen prüfen, Dosiereinrichtungen prüfen
    - Wasserverteilsystem kontrollieren (Düsen, Durchfluss)
    - Abschlämmrate überprüfen
    - Fütterung und Lüftung prüfen

2. Die Anlagen müssen gepflegt und gewartet werden (Dosiereinrichtungen, Abschlämmung, regelmäßige Reinigung der Füllkörper etc.). Das gewährleistet die Einhaltung der Anforderungen im Rahmen der Überwachung und spart am Ende Geld.
3. Vorsicht bei „vielversprechenden“ Additiven (besser: Punkt 1 prüfen).
4. Es gibt Optimierungsmöglichkeiten (weniger Staubeintrag, bessere Berieselungssysteme, weniger Wasservorlage, Füllkörperpackungen mit unterschiedlichen Lückengraden).