

4 ERGEBNISSE

4.1 MESSBEDINGUNGEN

4.1.1 HAUPTUNTERSUCHUNGEN

Bei den Hauptuntersuchungen an der Abluftreinigungsanlage wurden jeweils alle im Material- und Methodenteil in Tabelle 10 angegebenen Parameter erfasst. Die Hauptuntersuchungen wurden in einem Zeitraum von 19 Monaten (Juli 2002 bis Januar 2004) vorgenommen. Die einzelnen Messtermine waren jeweils so gewählt, dass in jeder Jahreszeit im gleichen Mastdurchgang jeweils einmal in der fünften, sechsten und siebten Lebenswoche (LW) gemessen wurde. Die übrigen Messtermine waren so über den Messzeitraum verteilt, dass etwa einmal pro Monat eine Messung stattfand. Insgesamt wurden 22 Messungen durchgeführt (Tab. 15).

Tabelle 15: Rahmenbedingungen der Hauptuntersuchungen

Nummer der Messung	Messtermin	Lebenswoche	jahreszeitliche Einordnung des Mastdurchganges	Bemerkung
1	09.07.2002	5.		
2	28.08.2002	6.		
3	11.09.2002	5.		Wand seit 2 Tagen neu in Betrieb
4	08.10.2002	5.	Herbst 1	
5	15.10.2002	6.	Herbst 2	
6	23.10.2002	7.	Herbst 3	
7	11.12.2002	7.		
8	08.01.2003	5.	Winter 1	Waschwand teilweise vereist (Außentemperatur: -14°C)
9	15.01.2003	6.	Winter 2	
10	21.01.2003	7.	Winter 3	
11	26.02.2003	5.		
12	19.03.2003	5.		
13	09.04.2003	5.	Frühling 1	
14	16.04.2003	6.	Frühling 2	
15	23.04.2003	7.	Frühling 3	
16	20.05.2003	5.		
17	11.06.2003	5.		
18	24.06.2003	5.	Sommer 1	
19	01.07.2003	6.	Sommer 2	Messung während des Einstreuvorgangs (30 min)
20	08.07.2003	7.	Sommer 3	
21	05.11.2003	5.		
22	20.01.2004	6.		Wasserberieselung nur beim zweiten Pad in Betrieb

Die Mastdurchgänge, bei denen in den jeweiligen Jahreszeiten drei Messungen im Wochenabstand hintereinander stattfanden, sind in allen Tabellen grau unterlegt.

4.1.2 WEITERE UNTERSUCHUNGEN

Die Messung mit den **Respicons** (vgl. 3.2.1.4 und 3.2.7.1) erfolgte am 10.12.2003 am Ende (7. LW) eines Mastdurchganges.

Die **Außenluftproben** wurden im Winter (21.01.2003) und im Sommer (24.06.2003) jeweils zusätzlich zu den Hauptmessungen genommen.

4.2 ERGEBNISSE DER HAUPTUNTERSUCHUNGEN

4.2.1 ERGEBNISSE DER LUFTUNTERSUCHUNGEN

Im Folgenden wurden die Messergebnisse der verschiedenen Parameter aufgelistet und erläutert.

4.2.1.1 Konzentrationen an einatembarem Staub

Die Rohluftkonzentrationen von einatembarem Staub lagen zwischen 0,3 und 10,3 mg/m³. Ihr Median betrug 1,4 mg/m³. In der Reinluft wurden Konzentrationen zwischen 0,2 und 1,0 mg/m³ Luft mit einem Median von 0,5 mg/m³ festgestellt (Tab. 16).

Tabelle 16: Konzentrationen einatembarem Staubes [mg/m³]; Messung mittels PGP-Systems

Nummer der Messung	Rohluft	Reinluft
1	8,1	0,5
2	0,6	0,3
3	0,8	0,5
4	1,2	0,4
5	1,9	0,6
6	0,6	0,3
7	4,3	1,0
8	1,9	0,6
9	2,5	0,4
10	3,0	0,8
11	1,2	0,5
12	2,9	0,8
13	1,4	0,8
14	1,3	0,4
15	1,4	0,6
16	0,9	0,3
17	0,5	0,5
18	0,3	0,3
19	10,3	0,3
20	1,4	0,2
21	1,3	0,6
22	1,6	0,3
Minimum	0,3	0,2
Maximum	10,3	1,0
Median	1,4	0,5

Die Konzentrationen von einatembarem Staub nahmen in 20 Fällen von Rohluft zur Reinluft hin ab. An zwei Messtagen (Nr. 17 und 18) unterschieden sich die Konzentrationen nicht.

Das Minimum in Roh- und Reinluft (Nr. 18) trat in der ersten Messung (5. LW) im Mastdurchgang „Sommer“ auf. Die hohe Staubkonzentration in Messung Nr. 19 (Maximum) wurde während und direkt nach einem Einstreuvorgang ermittelt.

Ergebnisse

Die Konzentrationen der Messergebnisse in Roh- und Reinluft wurden in Abbildung 12 als Verbundliniendarstellungen graphisch abgebildet, hierdurch wird der Effekt der Abluftreinigungsanlage auf die Staubemission noch einmal verdeutlicht.

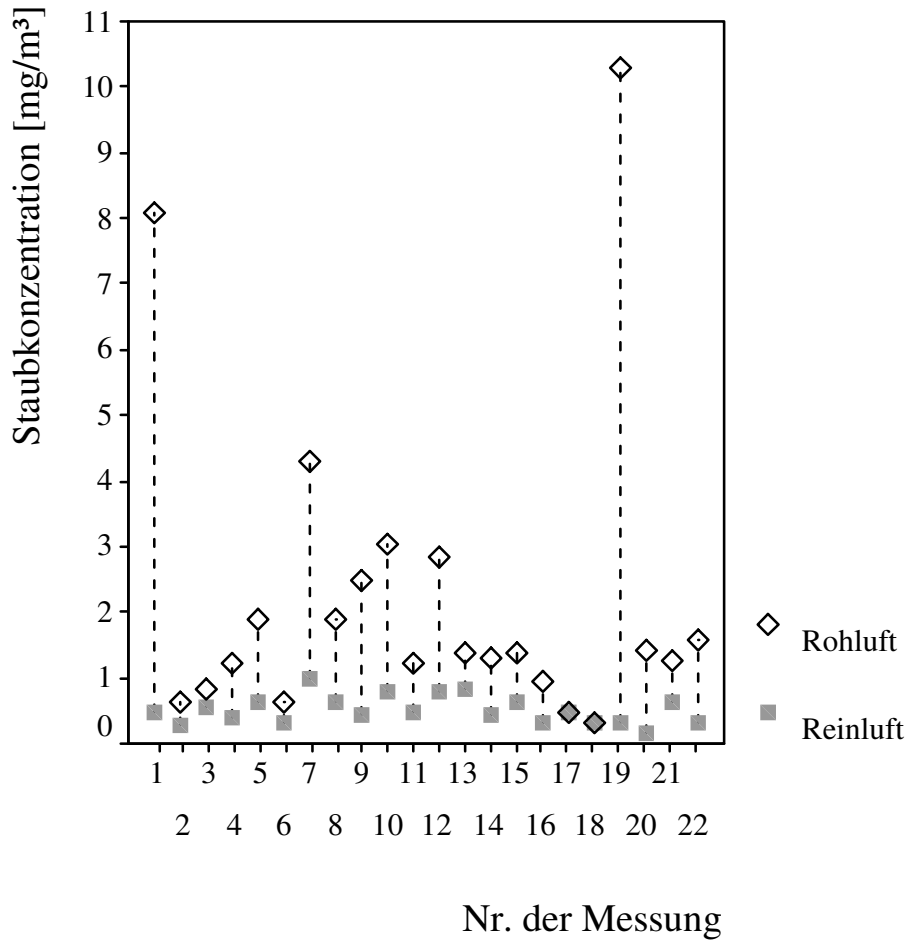


Abbildung 12: Verbundliniendarstellung der Konzentrationen von einatembarem Staub in Roh- und Reinluft (Messung mittels PGP-Systems)

Luftgetragene aerobe Gesamtkoloniezahlen

Die Messergebnisse der luftgetragenen aeroben Gesamtkoloniezahlen in der Rohluft umfassten den Bereich von 2×10^3 bis $9,7 \times 10^6$ koloniebildender Einheiten (KE) pro m^3 Luft mit einem Median von $4,2 \times 10^5$ KE/ m^3 .

In der Reinluft fanden sich Werte von unter der Nachweisgrenze bis $1,9 \times 10^6$ KE/ m^3 mit einem Median von $5,9 \times 10^4$ KE/ m^3 (Tab. 17).

Tabelle 17: Luftgetragene aerobe Gesamtkoloniezahl [KE/ m^3]; Messung mittels AGI-30

Nummer der Messung	Rohluft	Reinluft
1	340.000	224.000
2	165.000	15.000
3	3.700.000	420.000
4	2.000	u. NG. (500)
5	136.500	65.500
6	1.710.000	197.500
7	9.700.000	1.210.000
8	462.000	6.500
9	3.000.000	1.900.000
10	3.690.000	1.590.000
11	17.500	u. NG. (500)
12	1.065.000	79.500
13	12.000	6.000
14	18.500	12.000
15	178.600	52.500
16	1.045.000	282.000
17	54.000	7.500
18	377.000	20.000
19	1.026.000	239.000
20	1.650.000	334.500
21	74.500	1.250
22	2.670.000	8.500
Minimum	2.000	u. NG. (500)
Maximum	9.700.000	1.900.000
Median	419.500	59.000

u. NG.: unter der Nachweisgrenze

Bei Konzentrationen unter der Nachweisgrenze wurden für die statistische Auswertung die Werte der halben unteren Nachweisgrenze verwendet, diese ist jeweils in Klammern angegeben. Die luftgetragenen aeroben Gesamtkoloniezahlen wurden bei allen Messungen von Rohluft zur Reinluft reduziert.

Die minimalen Konzentrationen in Roh- und Reinluft wurden in der ersten Messung (5. LW) des Mastdurchganges „Herbst“ gefunden. An den Messtagen Nr. 4 und 11, an welchen die

Ergebnisse

Konzentrationen in der Reinluft unter der Nachweisgrenze lagen, wurden auch in der Stallluft niedrige Konzentrationen (bis $1,9 \times 10^4$ KE/m³) gemessen.

Das Maximum von $9,7 \times 10^6$ KE/m³ in der Rohluft wurde am Ende eines Mastdurchganges (7. LW) im Herbst (Nr. 7) festgestellt. Aus diesem Mastdurchgang lag nur dieser eine Messwert vor (Abb. 13).

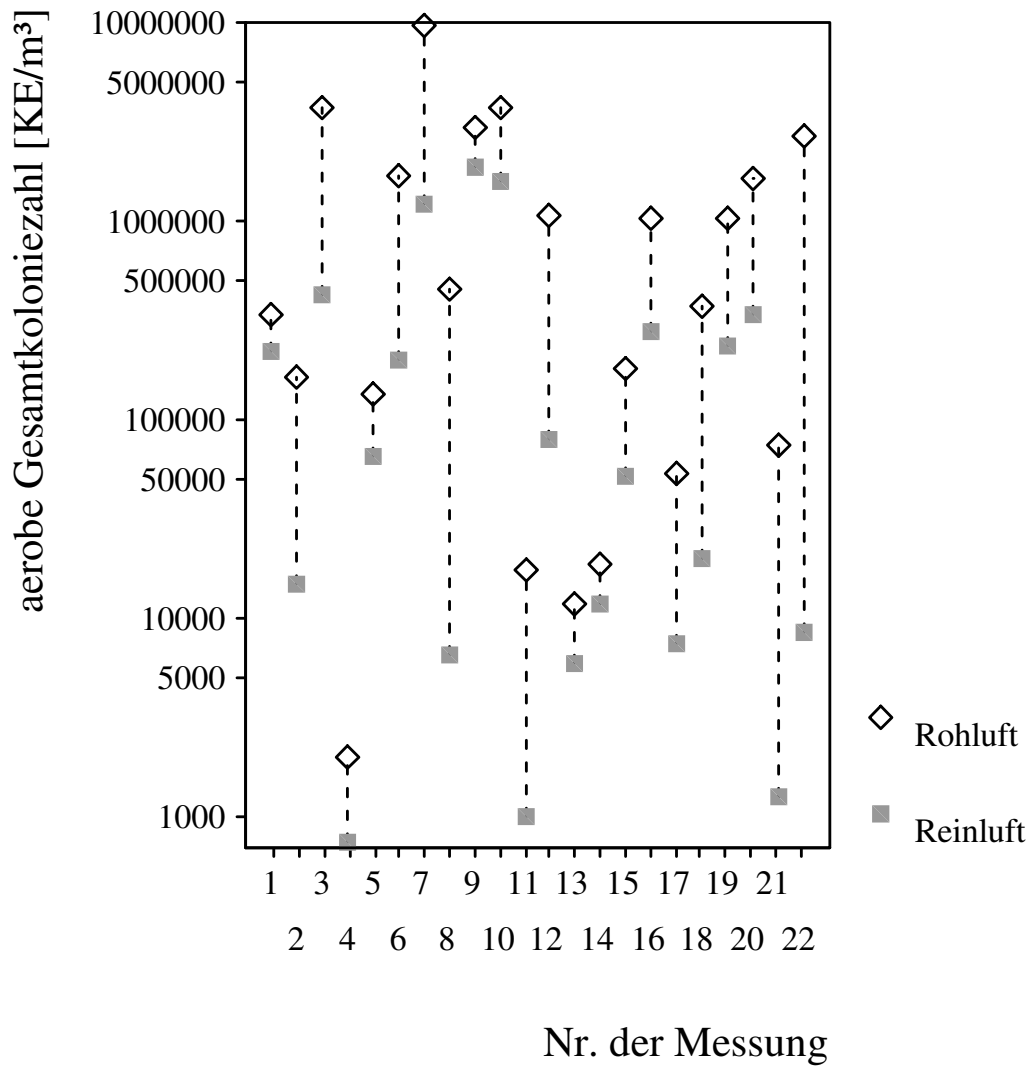


Abbildung 13: Verbundliniendarstellung der luftgetragenen aeroben Gesamtkoloniezahlen in Roh- und Reinluft (Messung mittels AGI-30)

Ergebnisse

4.2.1.2 Luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahlen

In der Rohluft fanden sich zwischen 7 und 1113 KE/m³ gramnegative Bakterien. Der Median lag bei 70 KE/m³ Luft. Die Konzentrationen in der Reinluft schwankten zwischen unter der Nachweisgrenze bis 1900 KE/m³ bei einem Median von 34 KE/m³ (Tab. 18).

Tabelle 18: luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl [KE/m³]; Messung mittels Andersen-Sammlers

Nummer der Messung	Rohluft	Reinluft
1	46	226
2	71	9
3	650	1900
4	28	28
5	26	270
6	32	36
7	76	164
8	58	32
9	191	49
10	125	65
11	401	27
12	1113	1643
13	46	682
14	133	65
15	69	18
16	95	27
17	14	u. NG. (2)
18	30	27
19	166	35
20	136	11
21	7	7
22	23	3
Minimum	7	u. NG. (2)
Maximum	1113	1900
Median	70	34

u. NG.: unter der Nachweisgrenze

Die luftgetragenen aeroben gramnegativen Gesamtkoloniezahlen wiesen in 13 von 22 Messungen eine Reduktion und in 7 Fällen (Nr. 1, 3, 5, 6, 7, 12 und 13) nach der Abluftreinigungsanlage eine Vermehrung auf. An zwei Messtermin (Nr. 4 und 21) kam es zu keiner Konzentrationsänderung.

Das Minimum in der Rohluft (Nr. 21) wurde in der fünften Lebenswoche eines Mastdurchganges im Herbst gemessen und das Minimum in der Reinluft (Nr. 17) in der fünften Lebenswoche eines Mastdurchganges im Frühling.

Ergebnisse

Auch die beiden höchsten Konzentrationen (Nr.3 und Nr.12) sowohl in Roh- als auch in Reinluft wurden in der fünften Lebenswoche eines Mastdurchganges gemessen. Leider erfolgten im Verlauf dieser Durchgänge keine weiteren Messungen (Abb. 14).

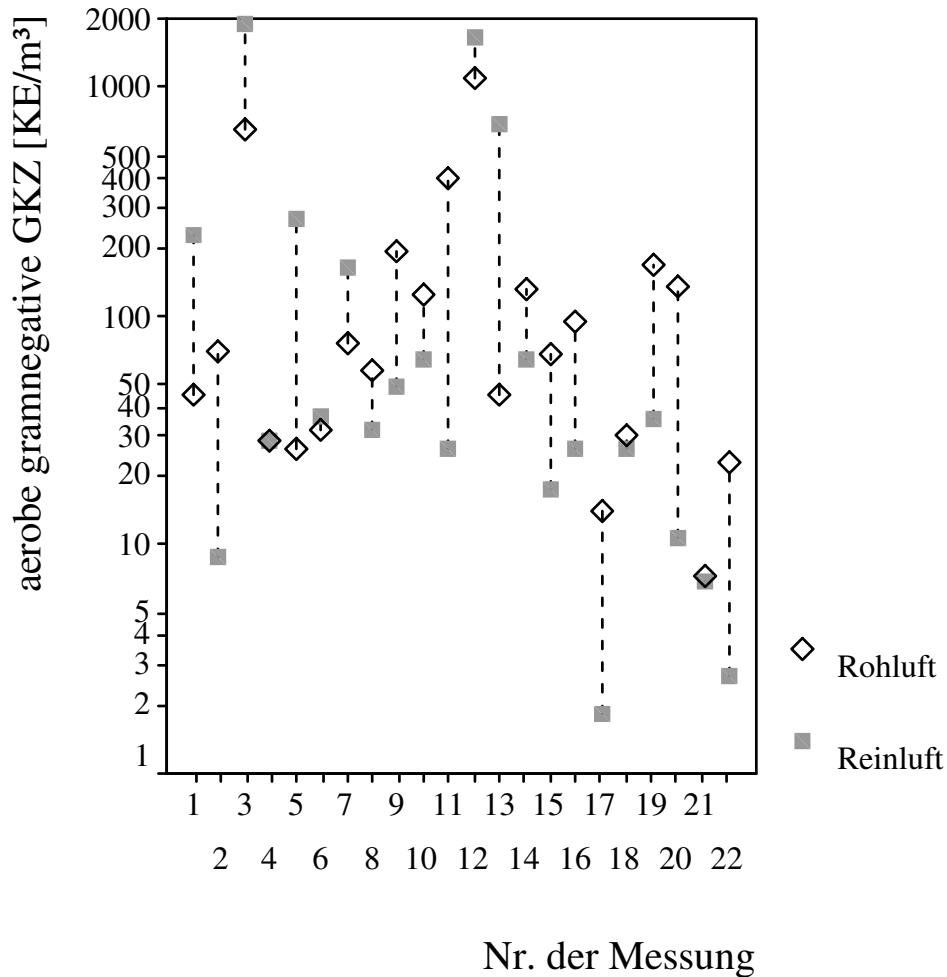


Abbildung 14: Verbundliniendarstellung der luftgetragenen aeroben gramnegativen Gesamtkoloniezahlen in Roh- und Reinluft (Messung mittels Andersen-Sammlers)

4.2.1.3 Konzentration an einatembaren Endotoxinen

Die Konzentrationen von einatembaren Endotoxinen in der Rohluft bewegten sich zwischen $2,0 \times 10^2$ und $3,2 \times 10^4$ EU/m³ gemessen mit dem PGP-System bzw. $2,0 \times 10^2$ bis $7,1 \times 10^3$ gemessen mittels AGI-30 (Tab. 19). Die Mediane lagen bei $2,3 \times 10^3$ (PGP) bzw. $1,8 \times 10^3$ EU/m³.

In der Reinluft kamen Konzentrationen von $1,1 \times 10^1$ bis $5,5 \times 10^3$ EU/m³ (PGP) bzw. $2,2 \times 10^1$ bis $4,0 \times 10^3$ EU/m³ (AGI-30) vor. Die Mediane beliefen sich auf $2,0 \times 10^2$ (PGP) bzw. $1,6 \times 10^2$ EU/m³ (AGI-30).

Tabelle 19: Konzentration an einatembaren Endotoxinen [EU/m³]; Messung mittels PGP-Systems und AGI-30

Nummer der Messung	Rohluft (PGP)	Reinluft (PGP)	Rohluft (AGI-30)	Reinluft (AGI-30)
1	2.500	830	1.900	580
2	594	54	497	317
3	1.782	1.191	3.870	1.430
4	1.645	75	734	35
5	2.179	228	700	136
6	4.494	184	1.824	149
7	11.429	5.536	4.467	916
8	6.500	380	3.780	80
9	11.093	1.348	n.u.	
10	18.009	3.675	7.080	3.980
11	1.645	52	1.182	44
12	5.056	78	1.589	130
13	1.191	210	351	271
14	689	103	1.792	140
15	2.355	289	1.064	157
16	4.004	283	1.682	322
17	196	11	183	22
18	1.081	102	851	74
19	31.951	62	5.582	527
20	7.806	235	3.410	519
21	1.523	77	2.115	207
22	1.901	72	2.116	32
Minimum	196	11	183	22
Maximum	31.951	5.536	7.080	3.980
Median	2.267	197	1.792	157

n.u.: nicht untersucht

Die gemessenen Endotoxinkonzentrationen nahmen bei allen Messungen von Rohluft zur Reinluft hin ab.

Ergebnisse

Das Minimum (Nr. 17) fand sich bei einer Messung in der fünften Lebenswoche eines Mastdurchganges im Sommer.

Die beiden höchsten Konzentrationen wurden in der sechsten Lebenswoche im Sommer (Nr. 19) und in der siebten Lebenswoche eines Mastdurchganges im Winter (Nr. 10) festgestellt, wobei es sich bei Messung Nr. 19 um eine Messung während eines Einstreuvorganges handelte (Abb.15 und 16).

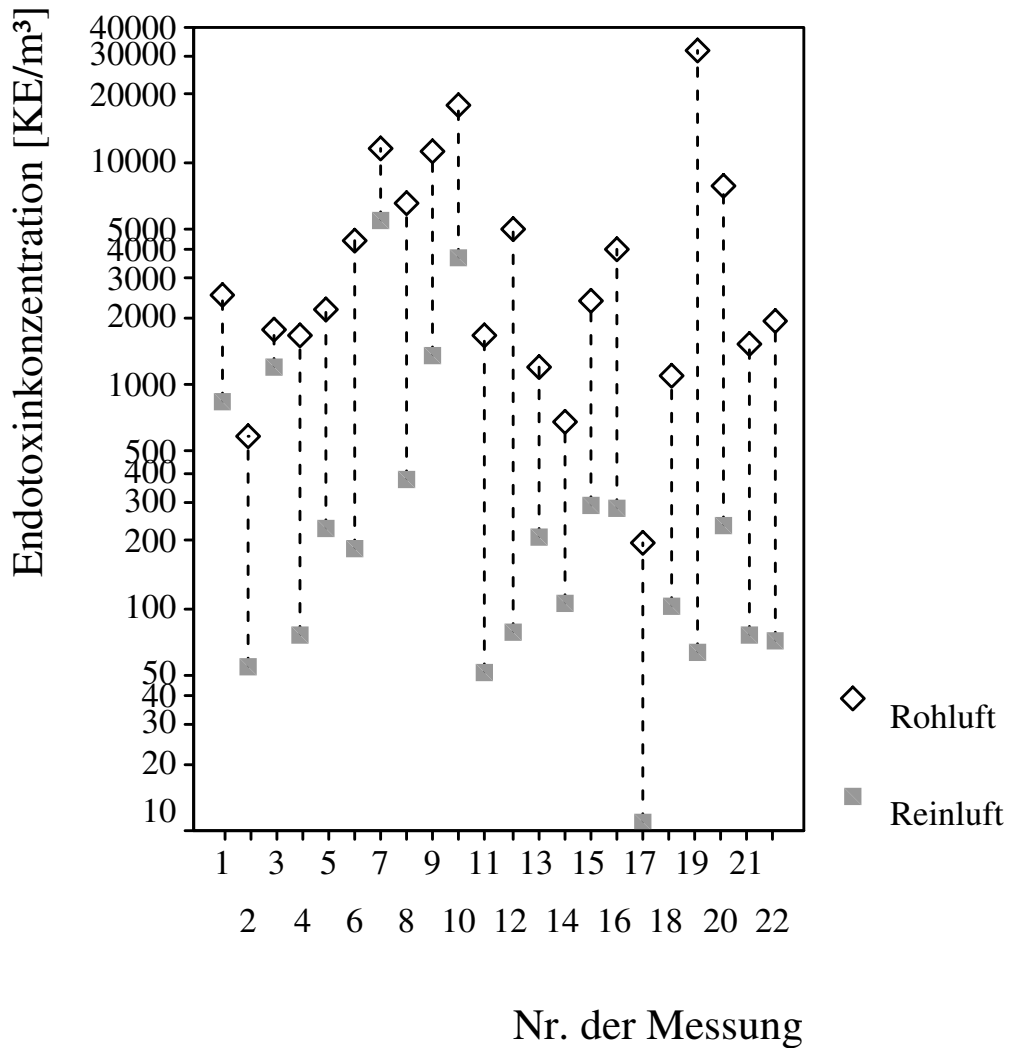


Abbildung 15: Verbundliniendarstellung der Konzentration an einatembaren Endotoxinen in Roh- und Reinluft (Messung mittels PGP-Systems)

Ergebnisse

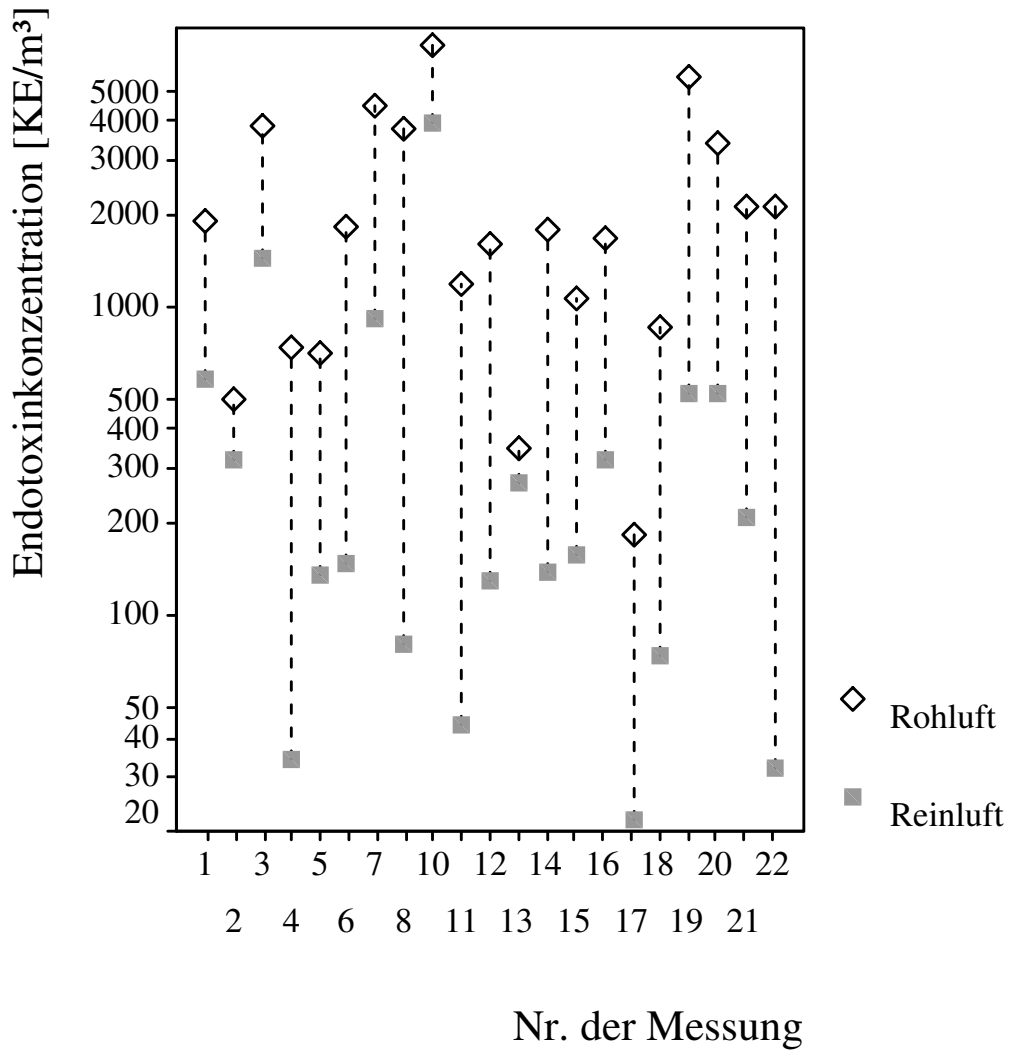


Abbildung 16: Verbundliniendarstellung der Konzentration an einatembaren Endotoxinen in Roh- und Reinluft (Messung mittels AGI-30)

4.2.1.4 Luftgetragene Schimmelpilze

Die Konzentrationen von Schimmelpilzen in der Rohluft nahmen Werte von $2,0 \times 10^3$ bis $4,3 \times 10^4$ KE/m³ an. Der Median betrug $1,0 \times 10^4$ KE/m³.

In der Reinluft lagen das Maximum bei $1,6 \times 10^5$ KE/m³, das Minimum bei $4,8 \times 10^2$ KE/m³ und der Median bei $4,2 \times 10^3$ KE/m³ (Tab. 20).

Tabelle 20: Konzentration von luftgetragenen Schimmelpilzen [KE/m³]; Messung mittels Andersen-Sammlers

Nummer der Messung	Rohluft	Reinluft
1	4.100	8.000
2	35.500	20.000
3	12.200	4.187
4	4.290	2.070
5	2.540	3.710
6	9.435	848
7	42.500	162.000
8	4.200	8.900
9	25.100	2.760
10	11.767	5.035
11	22.951	4.823
12	15.106	4.982
13	10.919	20.353
14	6.201	3.392
15	2.597	477
16	13.304	3.975
17	2.014	1.802
18	5.512	6.678
19	22.633	4.293
20	15.530	6.625
21	7.056	900
22	7.208	795
Minimum	2.014	477
Maximum	42.500	162.000
Median	10.177	4.240

Bei 6 (Nr. 1, 5, 7, 8, 13 und 18) von 22 Messungen kam es zu einer Erhöhung der Konzentration von luftgetragenen Schimmelpilzen in der Luft nach dem Abluftreinigungsprozess. Bei 16 Messungen wurden die Konzentrationen von luftgetragenen Schimmelpilzen vermindert.

Ergebnisse

Die niedrigsten Konzentrationen in Roh- und Reinluft wurden nicht am gleichen Messtag ermittelt. In der Rohluft lag das Minimum in der fünften Lebenswoche eines Mastdurchganges im Frühling (Nr. 17). In der Reinluft traten die niedrigsten Schimmelpilzkonzentrationen am Ende (7. LW) der „Frühlingsmessung“ (Nr. 15) auf.

Die maximalen Konzentrationen luftgetragener Schimmelpilze fanden sich bei einer Messung (Nr. 7) in der siebten Lebenswoche eines Mastdurchganges im Herbst (Abb. 17).

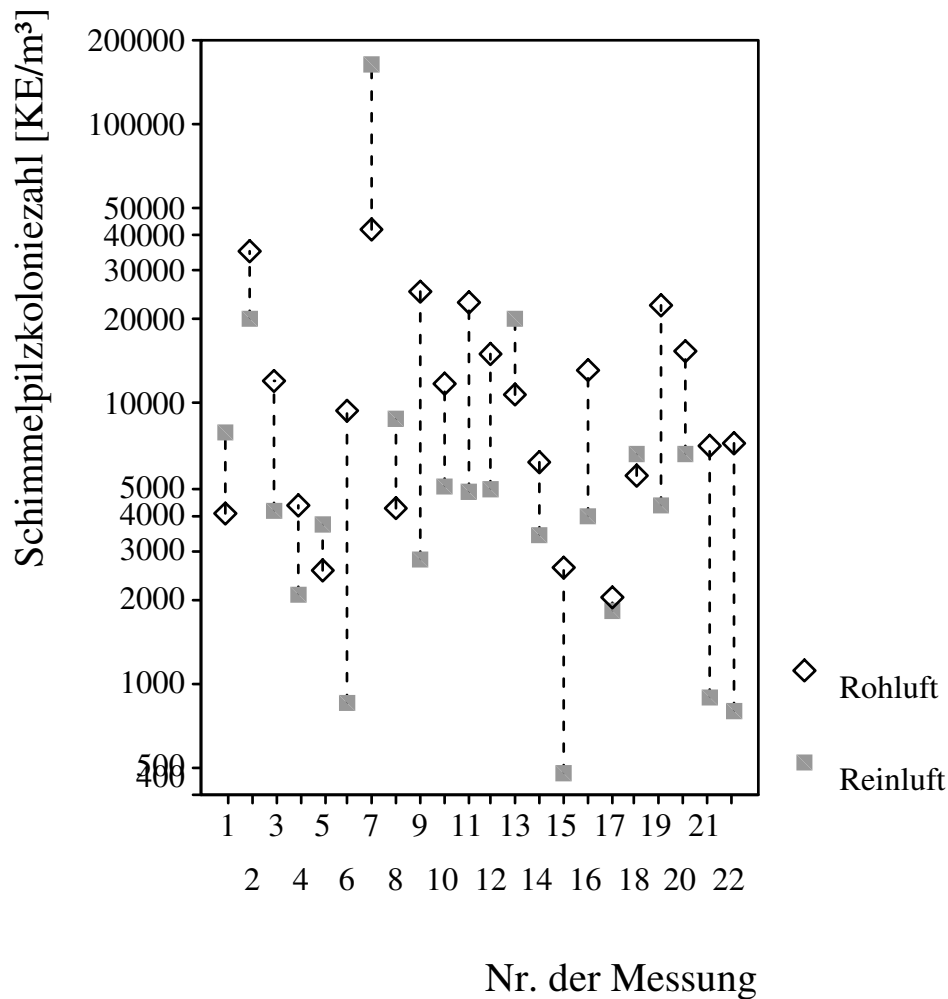


Abbildung 17: Verbundliniendarstellung der Konzentration von luftgetragenen Schimmelpilzen in Roh- und Reinluft (Messung mittels Andersen-Sammlers)

4.2.1.5 Zusammenfassung der Konzentrationsänderungen und deren Signifikanz

In Tabelle 21 stellt die Konzentrationsänderungen und deren Signifikanz zusammenfassend dar. Die Signifikanz ist mit einem Wilcoxon-Rangtest ermittelt worden. Bei einem Signifikanzniveau von 0,05 war die Änderung bei allen Parametern außer der luftgetragenen gramnegativen Gesamtkoloniezahl signifikant. Bei einem Signifikanzniveau von 0,01 waren die Änderungen sowohl bei der luftgetragenen aeroben gramnegativen Gesamtkoloniezahl als auch bei der luftgetragenen Schimmelpilzkoloniezahl nicht signifikant.

Tabelle 21: Wilcoxon-test auf signifikante Konzentrationsänderungen

Parameter	Konzentrations- änderung	Anzahl	asymtische Signifikanz (2-seitig)	exakte Signifikanz (2-seitig)
einatembarer Staub (PGP-System)	Abnahme	20	0,000	0,000
	Zunahme	0		
	keine	2		
	Gesamt	22		
luftgetragene aerobe Gesamtkoloniezahl (AGI-30)	Abnahme	22	0,000	0,000
	Zunahme	0		
	keine	0		
	Gesamt	22		
luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl (Andersen-Sammler)	Abnahme	13	0,794	0,812
	Zunahme	7		
	keine	2		
	Gesamt	22		
luftgetragene Schimmelpilzkoloniezahl (Andersen-Sammler)	Abnahme	16	0,026	0,025
	Zunahme	6		
	keine	0		
	Gesamt	22		
Konzentration von einatembaren Endotoxinen (PGP-System)	Abnahme	22	0,000	0,000
	Zunahme	0		
	keine	0		
	Gesamt	22		
Konzentration von einatembaren Endotoxinen (AGI-30)	Abnahme	21	0,000	0,000
	Zunahme	0		
	keine	0		
	Gesamt	21		

Die Berechnungen wurden mit der Software SPSS 11.0 durchgeführt.

4.2.2 QUANTITATIVER EFFEKT DER ABLUFTREINIGUNGSANLAGE

Zur Bewertung des quantitativen Effektes der Abluftreinigungsanlage wurde ein Reduktionsfaktor (RF) gebildet. Für den überwiegend vorkommenden Fall (vgl. Tab. 21), dass die Rohluftkonzentration größer als die Reinluftkonzentration war, was einer Abnahme (Reduktion) der luftgetragenen Keimkonzentration entsprach, wurde der Quotient aus Roh- und Reinluftkonzentration gebildet. Einer gleichbleibenden Konzentration wurde die Eins zugeordnet (Gleichung 2). Für den seltenen Fall, dass die Rohluftkonzentration kleiner als die Reinluftkonzentration war, es also zu einer Zunahme der luftgetragenen Keimkonzentration durch die Passage der Abluftreinigungsanlage kam, wurde der negative Quotient von Reinluft- und Rohluftkonzentration gebildet (Gleichung 3). Ein negatives Vorzeichen zeigte somit eine Zunahme der luftgetragenen Keimkonzentration an, eine Reduktion der luftgetragenen Keimkonzentration wurde durch den Reduktionsfaktor mit positivem Vorzeichen ausgedrückt.

$$RF(c_{roh} \geq c_{rein}) = \frac{c_{roh}}{c_{rein}}$$

Gleichung 2: Reduktionsfaktor für c_{roh} größer oder gleich c_{rein}

RF: Reduktionsfaktor

c_{roh} : Konzentration in der Rohluft

c_{rein} : Konzentration in der Reinluft

$$RF(c_{roh} < c_{rein}) = -\frac{c_{rein}}{c_{roh}}$$

Gleichung 3: Reduktionsfaktor für c_{roh} kleiner c_{rein}

Ergebnisse

Die Reduktionsfaktoren aller gemessenen Parameter wurden in Tabelle 22 gegenübergestellt.

Tabelle 22: Übersicht der Reduktionsfaktoren der einzelnen Parameter

Nummer der Messung	RF Staub (PGP)	RF aerobe GKZ (AGI-30)	RF Gramnegative (AS)	RF Endotoxine (PGP)	RF Endotoxine (AGI)	RF Schimmelpilze (AS)
1	16,9	1,5	-4,9	3,0	3,3	-2,0
2	2,3	11,0	8,0	10,9	1,6	1,8
3	1,5	8,8	-2,9	1,5	2,7	2,9
4	3,0	2,7	1,0	21,9	21,3	2,1
5	3,0	2,1	-10,2	9,5	5,1	-1,5
6	2,0	8,7	-1,1	24,4	12,3	11,1
7	4,3	8,0	-2,2	2,1	4,9	-3,8
8	3,1	71,1	1,8	17,1	47,3	-2,1
9	5,6	1,6	3,9	8,2	n. u.	9,1
10	3,8	2,3	1,9	4,9	1,8	2,3
11	2,7	17,5	15,1	31,7	26,9	4,8
12	3,6	13,4	-1,5	65,0	12,2	3,0
13	1,7	2,0	-14,8	5,7	1,3	-1,9
14	3,0	1,5	2,0	6,7	12,8	1,8
15	2,2	3,4	3,9	8,2	6,8	5,4
16	2,9	3,7	3,6	14,1	5,2	3,3
17	1,0	7,2	8,0	17,7	8,4	1,1
18	1,0	18,9	1,1	10,6	11,5	-1,2
19	33,5	4,3	4,7	512,3	10,6	5,3
20	8,8	4,9	12,8	33,2	6,6	2,3
21	2,0	59,6	1,0	19,9	10,2	7,8
22	5,0	314,1	8,7	26,5	66,1	9,1
min. Minderung/max. Vermehrung	1,0	1,5	-14,8	1,5	1,3	-3,8
maximale Minderung	33,5	314,1	15,1	512,3	66,1	11,1
Median	3,0	6,1	1,9	12,5	8,4	2,3

RF: Reduktionsfaktor

n. u.: nicht untersucht

Staub: Konzentration an einatembarem Staub

aerobe GKZ: luftgetragene aerobe Gesamtkoloniezahl

Gramnegative: luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl

Endotoxine: Konzentration an einatembaren Endotoxinen

Schimmelpilze: luftgetragene Schimmelpilzkoloniezahl

AS: Andersen-Sammler

AGI-30: all glass impinger

PGP: PGP-System

-: negatives Vorzeichen, gibt eine Zunahme der Ausgangskonzentration nach Passage der Abluftreinigungsanlage an

Im Folgenden wurden die Reduktionsfaktoren als Boxplots dargestellt (Abb. 18 und 19). Die untere und die obere horizontale Linie des Boxplots geben Minimum und Maximum an. Die horizontale Linie in der Box zeigt den Median. Die Box begrenzt den interquartilen Bereich. Die Symbole „*“ und „o“ sind Ausreißer und Extremwerte. Als Ausreißer sind die Fälle definiert, deren Werte zwischen 1,5 und 3 Boxlängen vom oberen bzw. unteren Rand der Box entfernt liegen. Extremwerten sind Werte, die mehr als 3 Boxlängen vom oberen bzw. unteren Rand der Box entfernt liegen.

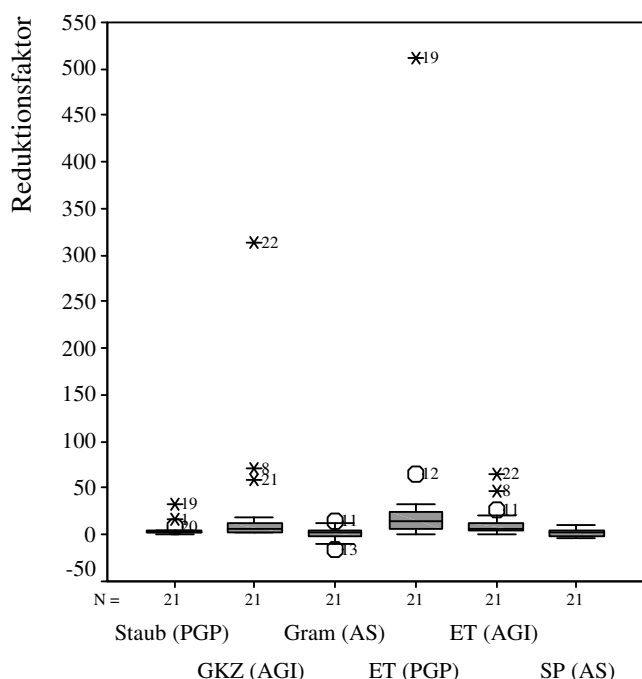


Abbildung 18: Boxplots der Reduktionsfaktoren c_{roh}/c_{rein} für c_{roh} größer oder gleich c_{rein} bzw. $-c_{rein}/c_{roh}$ für c_{rein} größer c_{roh} der jeweiligen Parameter

Staub: Konzentration an einatembarem Staub
 GKZ: luftgetragene (aerobe) Gesamtkoloniezahl
 Gram: luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl
 ET: Konzentration an einatembaren Endotoxinen
 SP: luftgetragene Schimmelpilze
 PGP: PGP-System
 AGI: AGI-30
 AS : Andersen-Sammler

Bei Messung Nr. 19 handelte es sich um die Messung während eines Einstreuvorganges, Messung Nr. 22 geschah als nur der zweite Pad der Waschwand mit Wasser berieselt war. Gleichzeitig lagen aber die Konzentrationen aller Parameter im Washwasser (vgl. Tab. 23) im Bereich des 4. Quartils ($>x_{0,75}$). Während Messung Nr. 8 war die Waschwand teilweise

vereist. Bei den Messungen an denen die übrigen Extremwerte und Ausreißer auftraten gab es keine augenscheinlichen Besonderheiten (vgl. Tab. 15, Bemerkungen).

Für eine bessere Übersichtlichkeit zeigt Abb. 19 die Boxplots der Reduktionsfaktoren in einem größeren Maßstab und verzichtet auf die Darstellung der Extremwerte.

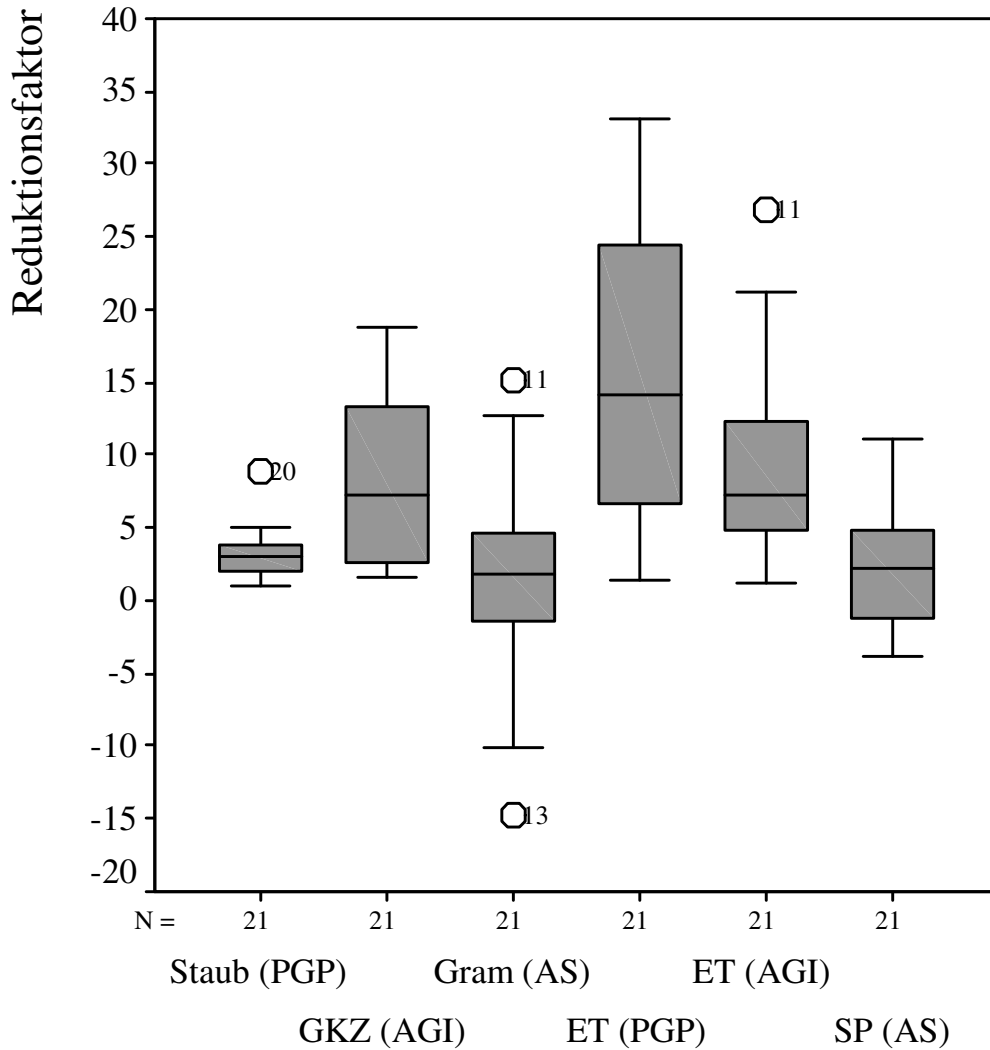


Abbildung 19: Boxplots der Reduktionsfaktoren c_{roh}/c_{rein} für c_{roh} größer oder gleich c_{rein} bzw. $-c_{rein}/c_{roh}$ für c_{rein} größer c_{roh} der jeweiligen Parameter

- Staub: Konzentration an einatembarem Staub
- GKZ: luftgetragene (aerobe) Gesamtkoloniezahl
- Gram: luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl
- ET: Konzentration an einatembaren Endotoxinen
- SP: luftgetragene Schimmelpilze
- PGP: PGP-System
- AGI: AGI-30
- AS : Andersen-Sammler

4.2.3 ERGEBNISSE DER WASCHWASSERUNTERSUCHUNGEN

Die aeroben Gesamtkoloniezahlen im Waschwasser lagen zwischen $3,4 \times 10^2$ und $1,9 \times 10^7$ KE pro Milliliter mit einem Median von $2,8 \times 10^4$ KE/ml. Die aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl wies ein Minimum von 4, ein Maximum von $3,9 \times 10^5$ und einen Median von $2,4 \times 10^3$ KE/ml auf. Die Endotoxinkonzentrationen im Waschwasser lagen zwischen $5,2 \times 10^2$ und $9,5 \times 10^6$ EU/ml, bei einem Median von $4,1 \times 10^3$ EU/ml. Schimmelpilze wurden zwischen 10 und $5,5 \times 10^3$ KE/ml Waschwasser nachgewiesen. Der Median betrug $2,9 \times 10^2$ KE/ml (Tab. 23).

Tabelle 23: Keim- und Endotoxinkonzentrationen im Waschwasser

Nummer der Messung	aerobe Gesamtkoloniezahl [KE/ml]	aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl [KE/ml]	Endotoxinkonzentration [EU/ml]	Schimmelpilzkoloniezahl [KE/ml]
1	430.000	365	n. u.	390
2	66.000	3790	673	550
3	18.900.000	79000	1525	855
4	33.000	3700	2020	275
5	522.000	171500	1160	2465
6	275.000	77500	16640	75
7	37.500	5100	519	580
8	800	30	1700	313
9	22.800	2100	n. u.	70
10	2.900	u. NG. (3)	9520000	43
11	70.250	1225	3880	5500
12	23.250	22750	2610	33
13	82.000	72500	1820	10
14	2.700	1150	2930	575
15	7.275	3400	4820	48
16	21.500	220	14025	555
17	1.175	110	4380	68
18	338	u. NG. (3)	8975	45
19	49.150	1450	8610	49
20	3.550	193	6870	133
21	1.375	2600	12835	348
22	153.500	390000	14120	925
Minimum	338	u. NG. (3)	519	10
Maximum	18.900.000	390000	9520000	5500
Median	28.125	2350	4130	294

n. u.: nicht untersucht

u. NG.: unter der Nachweisgrenze

4.2.4 GRÖßENVERTEILUNG KEIMTRAGENDER PARTIKEL IN ROH- UND REINLUFT

Zur Ermittlung der Größenverteilungen der Partikel wurden die Ergebnisse der Messungen mit dem Andersen-Sammler verwendet. Für die Anzahl der Messungen (n) ergab sich hierbei der Wert 44 aus den Doppelproben (vgl. 3.2.3.1.). Im Folgenden wurden die Größenverteilungen der Partikel in Roh- und Reinluft in Säulendiagrammen gegenübergestellt. Zu berücksichtigen war hierbei, dass in der Reinluft zum größten Teil erheblich niedrigere Konzentrationen der einzelnen Parameter gefunden wurden (vgl. Tab. 16-20 und 21).

In der Rohluft fanden sich die meisten luftgetragenen aeroben koloniebildenden Einheiten auf den Andersenstufen 3 (27,8%) und 4 (25,3%), während sich in der Reinluft die meisten auf den Stufen 5 (28,5%) und 6 (28,1%) fanden (Abb. 20).

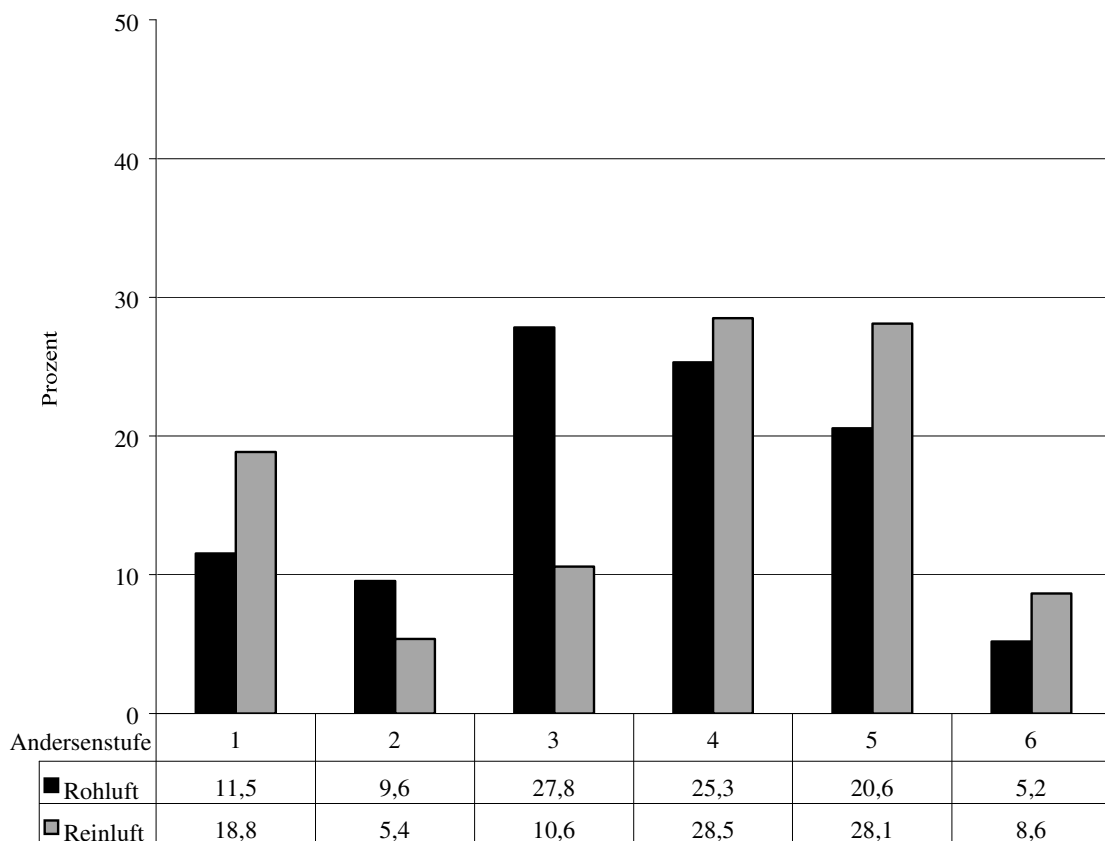


Abbildung 20: prozentuale Verteilung der keimtragenden Partikel auf den Stufen 1-6 des Andersen-Sammlers; n=16

Ergebnisse

Die meisten luftgetragenen gramnegativen koloniebildenden Einheiten fanden sich in der Rohluft auf den Stufen 4 (29,8%) und 1 (29,0%), gefolgt von Stufe 3 mit 22,3%. In der Reinluft fanden sich die größten Anteile auf den Stufen 4 (25,8%) und 5 (30,4%) (Abb. 21).

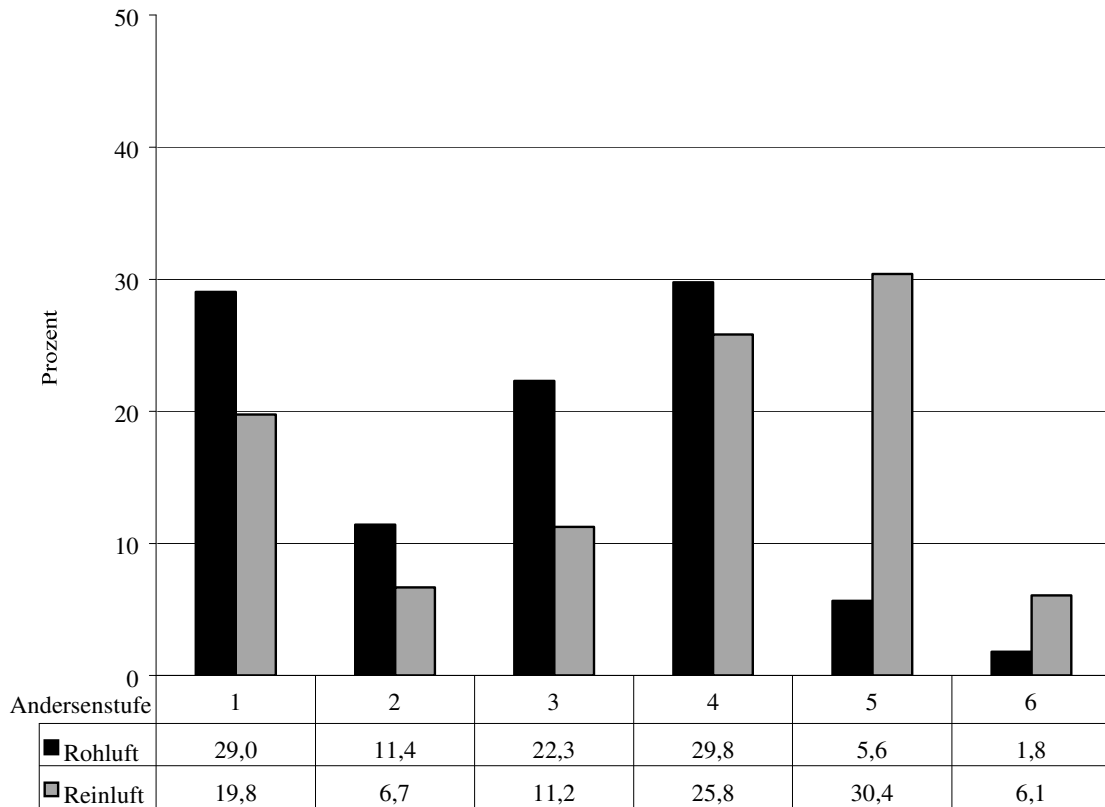


Abbildung 21: prozentuale Verteilung der gramnegative Keime tragenden Partikel auf den Stufen 1-6 des Andersen-Sammlers; n=44

Ergebnisse

Luftgetragene schimmelpilzkoloniebildende Einheiten fanden sich in der Rohluft am häufigsten auf den Stufen 4 (23,8 %) und 1 (20,3%) gefolgt von Stufe 3 (19,0%).

In der Reinluft kamen die meisten schimmelpilzkoloniebildenden Einheiten auf den Stufen 4 (32,1%) und 5 (29,9%) vor (Abb. 22).

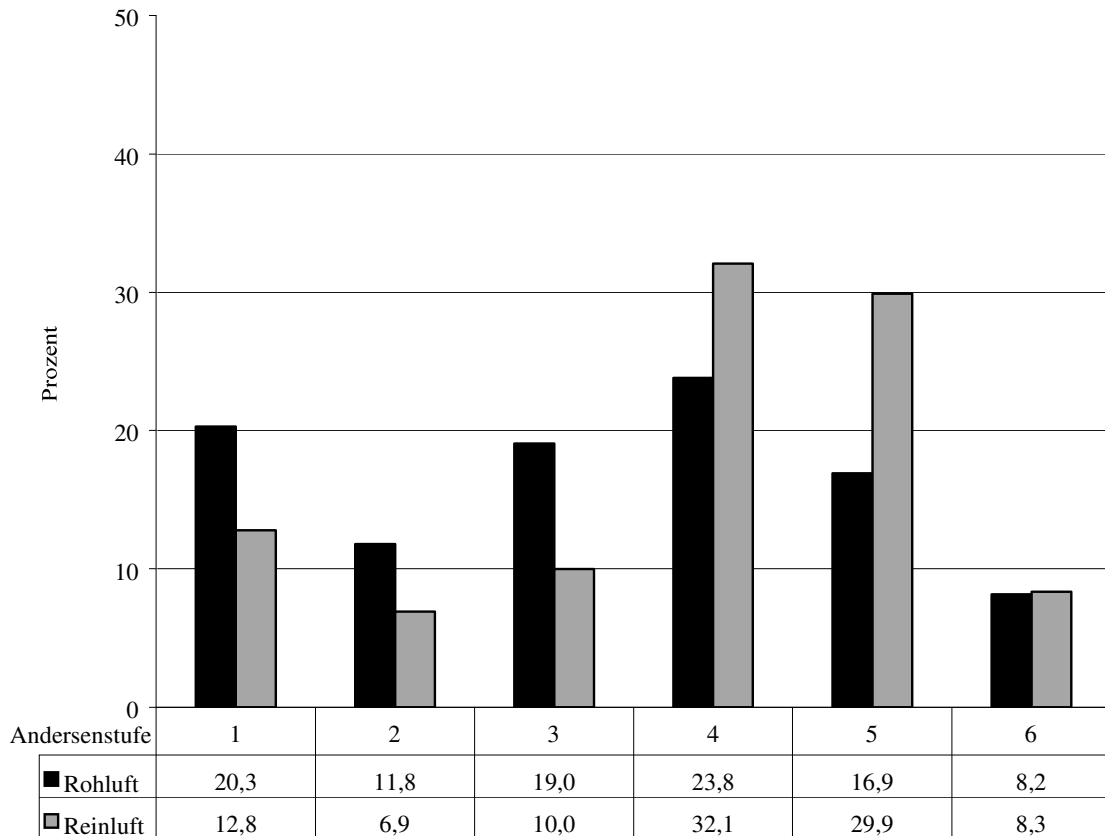


Abbildung 22: prozentuale Verteilung der schimmelpilztragenden Partikel auf den Stufen 1-6 des Andersen-Sammlers; n=44

Insgesamt hatten die keimtragenden Partikel in der Reinluft einen kleineren aerodynamischen Durchmesser als die Partikel in der Rohluft.

4.2.5 ZUSAMMENSETZUNG DER GRAMNEGATIVEN BAKTERIENFLORA

In der gramnegativen Keimflora der Rohluft dominierten *Enterobacteriaceae* mit 58,3%, während in der Reinluft hauptsächlich *Pseudomonadaceae* (61,4%) zu finden waren. *Neisseriaceae* wurden in der Rohluft nicht nachgewiesen, kamen allerdings in der Reinluft zu 17,6% vor. Die Anteile mit den API-Systemen nicht identifizierbarer Keime waren in Roh- und Reinluft annähernd gleich, nämlich bei 9,1 bzw. 9,5%. *Vibrionaceae* waren in der Rohluft mit 6,3 und in der Reinluft mit 1,7% vertreten. *Legionellaceae* kamen 0,5% in der Roh- und 0,3% in der Reinluft vor (Abb. 23).

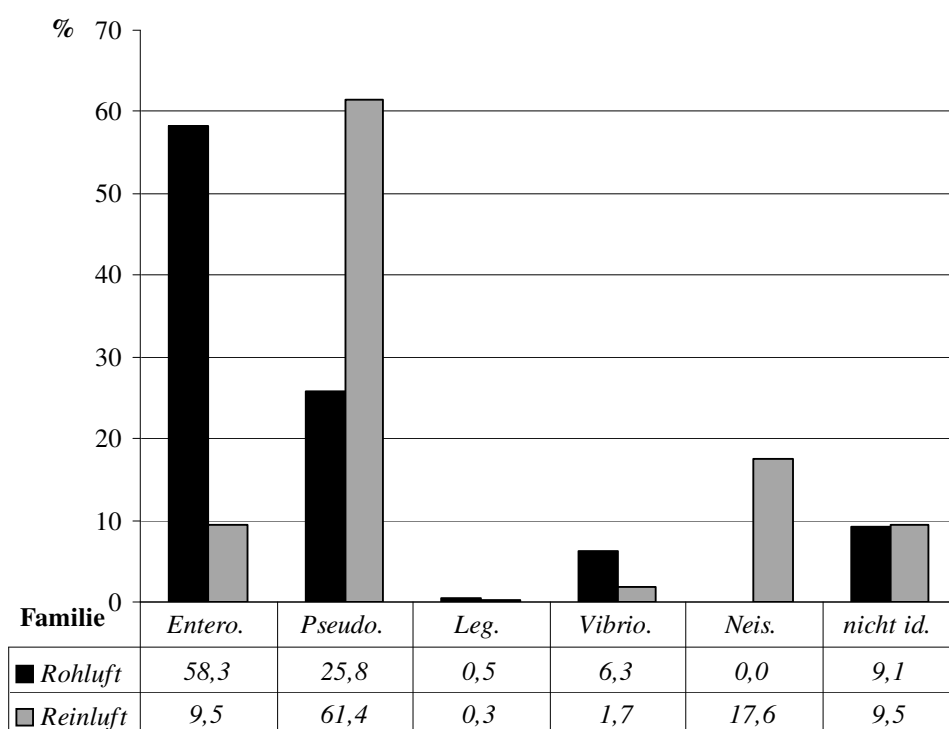


Abbildung 23: Zusammensetzung der gramnegativen Luftkeimflora

Entero.: *Enterobacteriaceae*

Pseudo.: *Pseudomonadaceae*

Leg.: *Legionellaceae*

Vibrio.: *Vibrionaceae*

Neis.: *Neisseriaceae*

nicht id.: mit API-Systemen nicht identifizierbar

Ergebnisse

Die gramnegative Keimflora des Waschwassers bestand zum größten Teil aus *Pseudomonadaceae* (55 %), weiterhin wurden *Vibrionaceae* (13 %) und *Enterobacteriaceae* (12 %) nachgewiesen, 11% der Keime waren mit den API-Systemen nicht identifizierbar. Ferner traten 7% *Legionellaceae* und 2% *Neisseriaceae* in Erscheinung (Abb. 24).

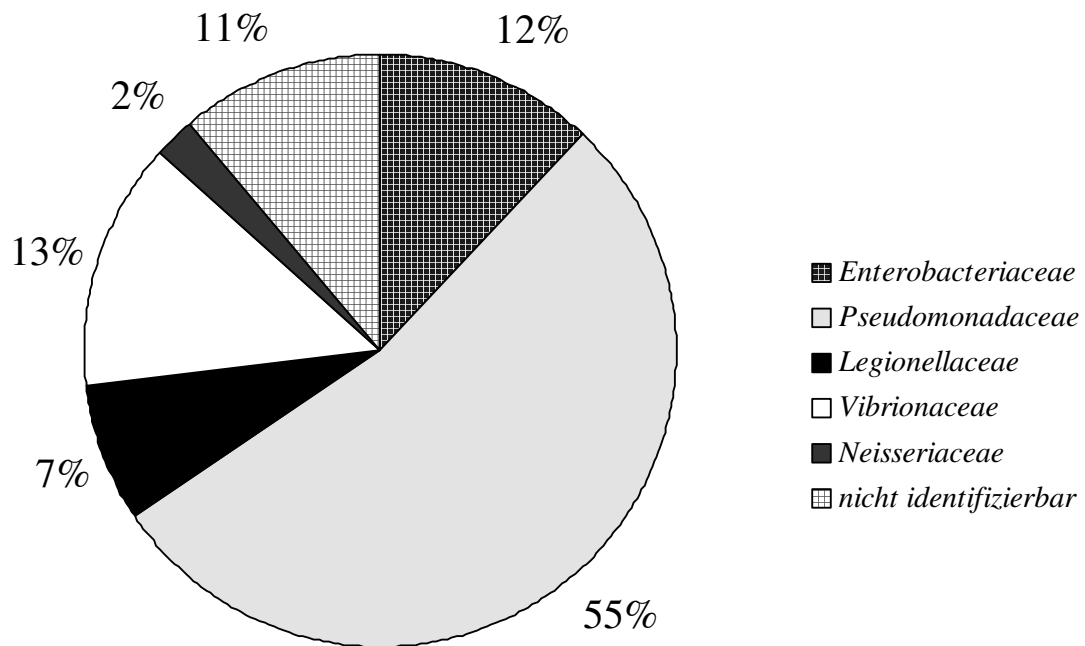


Abbildung 24: Zusammensetzung der gramnegativen Keimflora des Waschwassers

4.2.6 ZUSAMMENSETZUNG DER SCHIMMELPILZFLORA

In der Schimmelpilzflora der Roh- und Reinluft dominierte die Gattung *Aspergillus*.

Die Anteile der Gattungen *Cladosporium*, *Alternaria* und *Fusarium* nahmen von Rohluft- zur Reinluftseite hin ab, wohingegen die Anteile der Gattungen *Aspergillus* und *Wallemia* zunahmen. Der *Penicillium*-Anteil blieb annähernd konstant (7,3 zu 7,4%). Mycelia sterilia und nicht identifizierbare Schimmelpilzspezies kamen zu 13,3% in der Roh- und zu 4,1% in der Reinluft vor (Abb. 25).

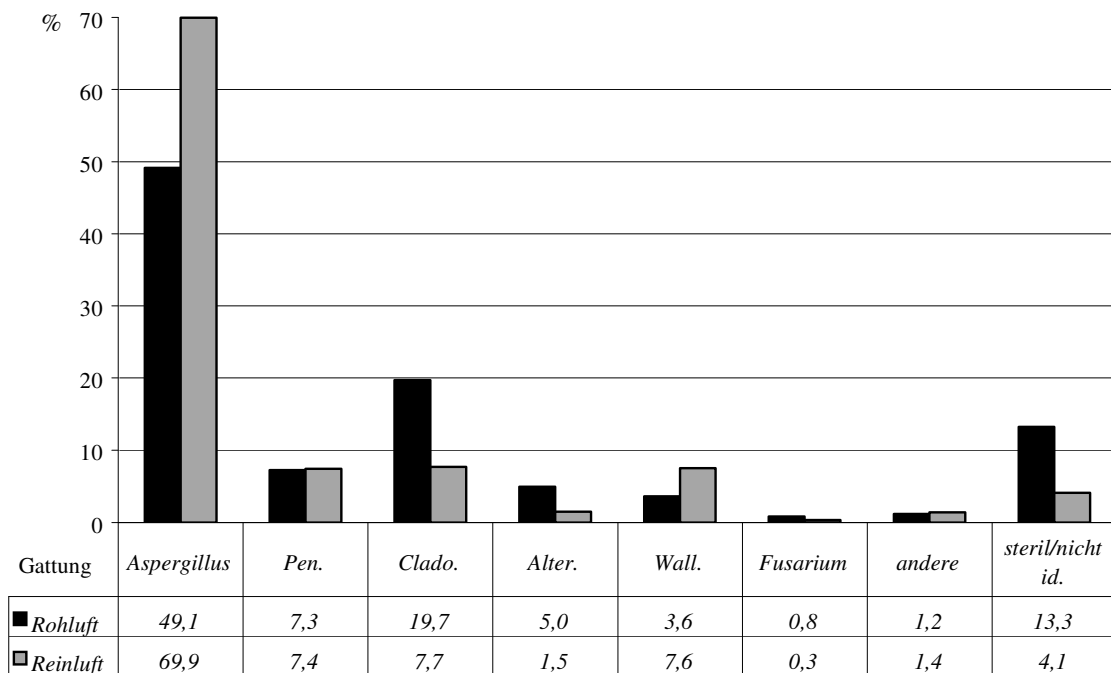


Abbildung 25: Zusammensetzung der Schimmelpilzflora der Luft

Asp.: *Aspergillus*

Pen.: *Penicillium*

Clado.: *Cladosporium*

Alter.: *Alternaria*

Wall.: *Wallemia*

andere: Gattungen deren Anteile unter 0,5% lagen

steril/nicht id.: Mycelia sterilia oder nicht identifizierbare Spezies

Ergebnisse

Im Waschwasser wurden zum großen Teil *Mycelia sterilia* oder nicht identifizierbare Schimmelpilze gefunden (43%).

Die Gattungen *Aspergillus* kamen zu 25%, *Penicillium* zu 13%, *Cladosporium* zu 9% und *Alternaria* zu 5% vor. Die restlichen 5% bildeten *Fusarium* (2%), *Wallemia* (1%) und andere (2%) deren jeweilige Häufigkeiten unter 0,5% lagen (Abb. 26).

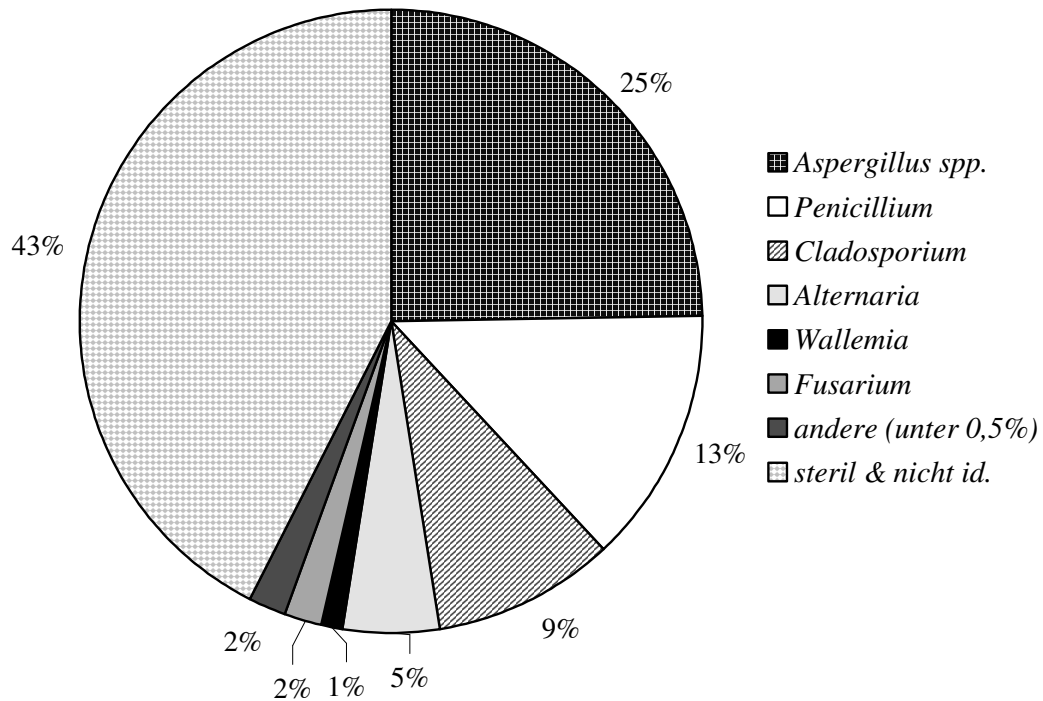


Abbildung 26: Zusammensetzung der Schimmelpilzflora im Waschwasser

nicht id.: nicht identifizierbar

4.3 ERGEBNISSE DER WEITEREN MESSUNGEN

4.3.1 SONDERMESSUNG RESPICON

Während der Messung mittels Respicons (vgl. 3.2.1.4 und 3.2.7.1) wurden künstlich Belastungsspitzen erzeugt. An thoraxgängigem und alveolengängigem Staub wurden sowohl in der Roh- als auch in der Reinluft nur sehr geringe Konzentrationen gefunden. In der einatembaren Staubfraktion auf der Rohluftseite zeigten sich etwa ab der 14. Minute der Messung drei Konzentrationsspitzen. Auf der Reinluftseite wurden gleichzeitig annähernd konstante Staubkonzentrationen gefunden (Abb. 27).

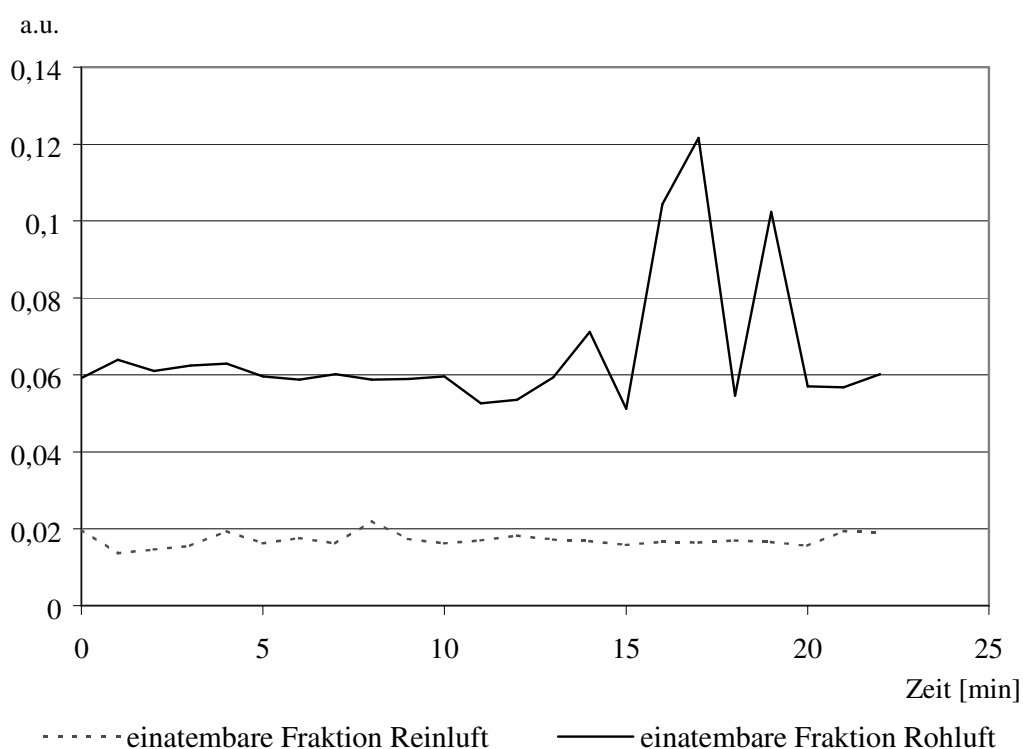


Abbildung 27: einatembare Staubfraktion während einer künstlichen Belastungsspitze; Messung mittels Respicons

a.u. = arbitrary units

Während dieser künstlichen Belastungen wurden auch Messungen der übrigen Parameter in der Luft mittels AGI-30 bzw. PGP-Systems durchgeführt.

Die in der Rohluft gemessenen Konzentrationen übertrafen die in den Hauptmessungen für die entsprechenden Parameter maximal ermittelten Konzentrationen, mit Ausnahme der mittels PGP-System ermittelte Konzentration an einatembaren Endotoxinen. In der Reinluft lagen die Konzentrationen unter den in den Hauptmessungen maximal ermittelten

Konzentrationen. Ausnahmen bildeten hier die Konzentration an einatembarem Staub und Endotoxin im einatembaren Staub (PGP-System).

Betrachtete man die Reduktionsfaktoren, so fiel auf, dass diese bis auf die für einatembaren Staub und Endotoxin im einatembaren Staub ermittelten Faktoren, deutlich über den Reduktionsfaktoren der Hauptmessungen lagen (Tab. 24).

Tabelle 24: Gemessene Konzentrationen in Roh- und Reinluft und Reduktionsfaktoren während einer ca. 15 minütigen künstlich erzeugten Belastungsspitze

Parameter	Rohluft	Reinluft	Reduktionsfaktor
Konzentration an einatembarem Staub [mg/m ³] (PGP-System)	12,5	5,7	2,2
luftgetragene aerobe Gesamtkoloniezahl [KE/m ³] (AGI-30)	8,8 x 10 ⁷	1,0 x 10 ⁶	88,0
luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl [KE/m ³] (AGI-30)	4,0 x 10 ⁴	1,8 x 10 ³	22,2
Konzentration an einatembaren Endotoxinen [EU/m ³] (PGP-System)	2,1 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁴	9,1
Konzentration an einatembaren Endotoxinen [EU/m ³] (AGI-30)	2,5 x 10 ⁴	1,6 x 10 ³	15,6
luftgetragene Schimmelpilzkoloniezahl [KE/m ³] (AGI-30)	6,2 x 10 ⁴	3,6 x 10 ³	17,2

Die während dieser Messung im Waschwasser festgestellten Keim- und Endotoxinkonzentrationen lagen im Vergleich zu den in den Hauptmessungen ermittelten Werten in mittleren (Median) bis niedrigen Bereichen (Tab. 25).

Tabelle 25: Keim- und Endotoxinkonzentrationen im Waschwasser während der Sondermessung mittels Respicon

Parameter	Konzentration im Waschwasser
aerobe Gesamtkoloniezahl [KE/ml]	5,7 x 10 ⁴
aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl [KE/ml]	40
Endotoxinkonzentration [EU/m ³]	6,5 x 10 ³
Schimmelpilzkoloniezahl [KE/ml]	65

4.3.2 AUSSENLUFTMESSUNGEN

Die in Tabelle 26 aufgeführten Ergebnisse wurden bei den Außenluftmessungen im Winter und im Sommer ermittelt.

Tabelle 26: Außenluftmessungen, luvseits, ca. 250 m; Andersen-Sammler und AGI-30

Parameter	Winter (21.01.03)	Sommer (24.06.03)
luftgetragene aerobe Gesamtkoloniezahl [KE/m ³]	2685	160
luftgetragene aerobe gramnegative Gesamtkoloniezahl [KE/m ³]	unter der Nachweisgrenze	9
luftgetragene Schimmelpilzkoloniezahl [KE/m ³]	689	78
Konzentration von einatembaren Endotoxinen [EU/m ³]	keine Messung	6,7

Die Keimkonzentrationen wurden mit dem Andersen-Sammler, die Endotoxinkonzentrationen mit dem AGI-30 bestimmt.

4.3.3 ENDOTOXINGEHALTE VERSCHIEDENER POTENTIELLER QUELLEN FÜR LUFTGETRAGENE ENDOTOXINE

In den potentiellen Quellen für luftgetragene Endotoxine Einstreu, Kot, Futtermittel, Stallstaub und Tränkwasser wurden zwischen 2 und 1040 EU pro Milligramm bzw. Milliliter gefunden (Tab. 27).

Tabelle 27: Endotoxingehalte verschiedener Materialien

Material	Endotoxinkonzentration	
	Probe 1	Probe 2
Stroheinstreu [EU/mg]	84	178
Kot [EU/mg]	1040	168
Futtermittel [EU/mg]	50	93
Stallstaub [EU/mg]	948	n.u.
Tränkwasser [EU/ml]	2	2

n.u.: nicht untersucht