



2023 | Ewald Grimm und Sebastian Bönsch

Kosten der Abluftreinigung in der Schweinehaltung

Inhalt

1	Hintergrund	3
2	Grundsätzliche Hinweise	3
3	Kalkulationsmethode	4
4	Kalkulationsgrundlagen	6
5	Ergebnisse.....	11
	Literatur	15
	Mitwirkende	16

1 Hintergrund

Im Jahr 2021 wurde für die Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) Abluftreinigungsanlagen bei großen, immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Schweinehaltungsanlagen zum Stand der Technik erhoben. Die neuen Richtlinien gelten für Neubauten und für vorhandene Ställe, sofern die Nachrüstung technisch möglich und verhältnismäßig ist. Entsprechend groß ist der Informationsbedarf, zumal die Wirksamkeit und die Kosten der Abluftreinigungsanlagen immer wieder hinterfragt werden.

Ein sechsköpfiges Autorenteam hat den Stand des Wissens zusammengetragen und in der KTBL-Schrift 11533 veröffentlicht. Die Schrift ersetzt die Vorgängerveröffentlichung von 2006.

Für die Schrift wurden vom KTBL die Kosten für mehrstufige Anlagen, Rieselbettreaktoren und Biofilter berechnet. Die Kosten für eine Anlagenkapazität von 2.000 Mastplätzen liegen zwischen 20 bis 24 Euro netto je Mastplatz. Dies gilt für alle hier untersuchten Systeme. Bei 1.000 Mastplätzen liegen die Kosten bei 22 bis 32 Euro und bei 500 Mastplätzen zwischen 27 und 44 Euro netto. Bei 500 Mastplätze sind Biofilter wirtschaftlich günstiger als Rieselbettreaktoren. Je nach Verfahren kann von der kleinsten zur größten Anlagenkapazität mit Kostendegressionen zwischen 27 und 47% kalkuliert werden. Einsparpotenziale bestehen, wenn immissionsschutzrechtlich nur ein Teil der Abluft gefiltert werden muss. Im besten Fall ist dann eine Kostenreduktion bis 40% je Tierplatz möglich.

Auch für die Sauenhaltung wurden Modelle durchgerechnet: Je nach Anzahl der Tierplätze, Wochenrhythmus der Belegung und System liegen die Kosten zwischen 49 und 123 Euro je Tierplatz.

Dieser Fachbeitrag entspricht inhaltlich Kapitel 7 „Kosten der Abluftreinigung“ der oben genannten Schrift.

2 Grundsätzliche Hinweise

In diesem Beitrag werden nur im Sinne der TA Luft (2021), Anhang 12, qualitätsgeprüfte Abluftreinigungsverfahren, hier nach DLG (2022), bei der Kostenkalkulation berücksichtigt. Nur diese Anlagen gewährleisten eine hohe Reinigungsleistung auf einem vergleichbaren Technikniveau.

Die Kalkulation der Kosten bezieht sich auf die Randbedingungen in der einstreulosen Mastschweinehaltung. Die Schweinemast ist die Produktionsrichtung der Tierhaltung, bei der am häufigsten Abluftreinigungsanlagen eingesetzt werden. Die Kosten können näherungsweise auf die Sauenhaltung übertragen werden.

Grundlage zur Berechnung der Investitions- und Betriebskosten sind insbesondere

- die Daten für die Anlagentechnik, die im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen“ (Bund-Länder-Verwaltungsvereinbarung zur gemeinsamen Finanzierung der Erhebung betriebs- und arbeitswirtschaftliche Daten für bundeseinheitliche Kalkulationsunterlagen) 2020/21 von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen bei den Herstellern für die Schweinemast erhoben wurden,
- Baukostendaten nach den ALB-Richtpreisen (ALB-Hessen 2021), die die Preise abgerechneter Bauvorhaben in Hessen, deren Spannen und regionale Preisunterschiede widerspiegeln und die auch bundesweit als repräsentativ gelten,
- die Kennwerte zur Auslegung und den Betrieb der Anlagen nach den entsprechenden DLG-Prüfungen sowie
- die Preise für Strom, Frischwasser, Abwasserverwertung und Lohn entsprechend der KTBL-Datensammlung „Betriebsplanung Landwirtschaft 2022/23“ (KTBL 2022a).

Die Datenerhebung der Landwirtschaftskammer war nur für ausgewählte Anlagentypen möglich: eine zweistufige Anlage mit zwei biologischen Reinigungsstufen, drei Rieselbettfiltern und ein Biofiltersystem mit Ammoniakabscheidung.

Dabei handelt es sich um Anlagentypen, die zum Einsatz in der einstreulosen Schweinehaltung eignungsgeprüft wurden und nach den Ergebnissen von Erhebungen des KTBL mit über 90% am weitesten verbreitet sind (KTBL 2022b).

Bei den nachfolgenden Angaben zum Investitionsbedarf und den Investitions- und Betriebskosten handelt es sich um Planungswerte, die eine Vorstellung vom Aufwand und von den ungefähren Kosten der Abluftreinigung vermitteln und eine erste Einschätzung der Kosten ermöglichen sollen (KTBL 2022a). Konkrete Vorhaben sind nur durch das Einholen entsprechender Kostenangebote und Auslegungsplanungen zu kalkulieren.

Alle Preis- und Kostenangaben werden ohne gesetzliche Mehrwertsteuer ausgewiesen.

Die außerordentlichen Preisentwicklungen insbesondere für Rohstoffe, die 2022 aufgetreten sind und zu wesentlich höheren Bau- bzw. Verfahrenskosten führen, konnten nicht berücksichtigt werden.

Alle Kostenangaben beschränken sich auf die Errichtung einer Abluftreinigungsanlage im Zusammenhang mit dem Neubau eines Stalles. Beim Einbau von Abluftreinigungsanlagen in bestehende Ställe – sofern technisch möglich – entstehen Zusatzkosten für den Umbau der vorhandenen Lüftungsanlagen und gegebenenfalls der Dachkonstruktion, in die Luftsammelkanäle eingebaut werden müssen. Der damit verbundene Aufwand hängt von den einzelbetrieblichen baulichen und technischen Voraussetzungen ab und kann nicht pauschal kalkuliert werden.

Durch eine optimierte Auslegung der Anlagen, den Einsatz energiesparender Pumpen und Ventilatoren sowie eine optimierte Integration ins Lüftungssystem können die Leistungen der Anlagen verbessert, der Energiebedarf und die Kosten verringert werden. Hier besteht in der Praxis teilweise noch ein erheblicher Umsetzungsbedarf.

3 Kalkulationsmethode

Die Kalkulation der Gesamtkosten orientiert sich an der Methodik der KTBL-Datensammlung (KTBL 2022a) und setzt sich aus den folgenden Positionen zusammen:

1. Fixe Anlagenkosten auf Grundlage des Investitionsbedarfs für die Anlagentechnik und das Bauwerk (Rohbau)
 - Abschreibung
 - Zinskosten
 - Wartung
2. Variable Anlagenkosten
 - Reparaturen (pauschal in Abhängigkeit von der Investition)
 - Gebühren (Abnahme-/Überwachungsmessung, Behördengebühren usw.)
3. Betriebsmittelkosten
 - Verbrauch an
 - Strom
 - Wasser
 - Säure

- Nitrifikationshemmer sowie
 - Anrechnung des Düngewertes des Abschlammwassers
4. Arbeitserledigungskosten
- Ausbringung/Abgabe des Abschlammwassers
 - Löhne für die Kontrolle und Wartung der Anlagen

Die Kostenkalkulation wurde für zwei Szenarien durchgeführt: Einem günstigen Szenario, das das untere Ende der Kostenskala markiert und einem ungünstigen Szenario, das das obere Ende kennzeichnet. Die Szenarien und die unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen sind in Kapitel 4 beschrieben (siehe Tab. 2 und 3).

Der Abluftreinigung werden neben den direkten auch alle indirekten Kosten zugerechnet, die durch Bau und Betrieb entstehen. Dies betrifft z. B. Mehrkosten durch

- den Einbau druckstabilerer und leistungstärkerer Ventilatoren und deren Mehrverbrauch, um den zusätzlichen Druckverlust durch die Abluftreinigungsanlage zu überwinden,
- den höheren Investitionsbedarf für größere Lagerbehälter zur Lagerung des Waschwassers und
- den Mehraufwand zur Ausbringung des Waschwassers.

Der Düngewert des Waschwassers wird positiv angerechnet, sodass sich die Betriebskosten der Abluftreinigung entsprechend mindern.

Grundsätzlich werden die Betriebsmittelkosten anhand der Naturalgrößen für den Verbrauch von Strom und sonstigen Hilfsstoffen wie Wasser, Säuren und Nitrifikationshemmer und für den Abwasseranfall auf Grundlage der Kennwerte für die Auslegung und den Betrieb der Anlagen bzw. der Bedarfsdaten mit einem einheitlichen Preisansatz berechnet.

Für die Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs zur Kontrolle und Wartung der Anlagen durch den Landwirt sind keine gemessenen Werte verfügbar. Die Berechnungen basieren daher auf Erfahrungen und Schätzungen. Die Kosten für Wartungsverträge werden ebenso wie Kosten für die Abnahme und Überwachung der Anlagen gesondert berücksichtigt. Aufgrund dieser Vorgehensweise sind für alle Betriebsmittel, wie z. B. bei Eigenwasser-/Fremdwasserversorgung und Eigenleistung, unterschiedliche Preisbewertungen möglich.

Da der Investitionsbedarf bzw. die Investitions- und Betriebskosten von der Anlagenkapazität abhängen, wurden die Berechnungen für Anlagen mit einer unterschiedlichen Kapazität durchgeführt, um die Kostendegression aufzeigen. Der Auslegungsluftvolumenstrom für die einzelnen Modellanlagen beträgt je nach Hersteller

- 40.000–49.700 m³/h,
- 80.000–146.714 m³/h und
- 135.908–198.800 m³/h.

Nach DIN 18910 (2017) entsprechen diese Luftvolumenströme bei Auslegung auf 80% der maximalen Luftfrate einer Kapazität von etwa

- 505–628 Schweinemastplätzen,
- 1.010–1.852 Schweinemastplätzen und
- 1.716–2.510 Schweinemastplätzen.

Die unterschiedlichen Angaben wurden näherungsweise auf 39.600 m³/h bzw. 500 Tierplätze (TP), 79.000 m³/h bzw. 1.000 TP und 158.000 m³/h bzw. 2.000 TP als Standardwerte interpoliert, um die Kosten besser vergleichen zu können.

Die Anlagen mit der größten Kapazität decken den Bereich der immissionsschutzrechtlich in einem Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung genehmigungsbedürftigen Schweinemastanlagen ab (Anlagen der Nummer 7.1.7.1 des Anhangs 1 der 4. BImSchV (2021), Verfahrensart G bzw. Anlagen im Geltungsbereich der Industrieemissionsrichtlinie (IE-Richtlinie 2010)). Bei den kleineren Kapazitäten handelt es sich um immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen, die nur baugenehmigungspflichtig sind.

Darüber hinaus können die Ergebnisse der Kostenkalkulation näherungsweise auf andere Tierarten und Produktionsrichtungen übertragen werden, bei denen beim jeweiligen Auslegungsluftvolumenstrom die Zusammensetzung der Abluft insbesondere im Hinblick auf die Ammoniakfracht ähnlich ist. In diesem Fall ist bei den Betriebskosten, die von der Abluftzusammensetzung abhängen, wie z. B. für den Wasser- und Säurebedarf und den Waschwasseranfall, nicht mit größeren Änderungen zu rechnen.

So können die Kosten im Rahmen der Genauigkeit der Kostenkalkulation gut auf die Ferkelerzeugung bzw. Sauenhaltung (ohne Ferkelaufzucht) übertragen werden (Tab. 1). Bei den korrespondierenden Platzzahlen sind die Luftraten der Sauenhaltung nur um bis zu 6% höher. Zwar sind die Ammoniakemissionen um bis zu 38% niedriger als in der Schweinemast, doch dürfte sich dies hinsichtlich der Gesamtkosten aufgrund der etwas höheren Luftraten in der Sauenhaltung und des Anteils der Betriebs- an den Gesamtkosten von etwa 50% nur in einem Bereich bis zu etwa 20% auswirken.

Tab. 1: Zahl der Sauenplätze im Rahmen der Übertragung der Kostenkalkulation

Auslegungsluftvolumenstrom m ³ /h	Schweinemast TP	Sauenhaltung	
		3-Wochen-Rhythmus	1-Wochen-Rhythmus TP ¹⁾
40.000	500	180	200
80.000	1.000	360	400
160.000	2.000	720	800

¹⁾ Produzierende Sauen in Deck-, Warte- und Abferkelbereich einschließlich Jungsauen und Eber, 28 Tage Säugezeit.

4 Kalkulationsgrundlagen

Die im Rahmen der Kostenkalkulation für das günstige und das ungünstige Szenario zugrunde gelegten Parameter sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Parameter der Kostenkalkulation für das günstige und das ungünstige Berechnungsszenario

Kalkulationsparameter	Szenario 1 günstig	Szenario 2 ungünstig
Kostenansatz Angebotspreise der Anlagentechnik (% Listenpreise)	80	100
Baupreisniveau (% der ALB-Richtpreise)	85	100
Nährstoffmanagement	Eigenverwertung	Inverkehrbringen
Lagerdauer der Waschwässer	6 Monate	9 Monate

Beim Investitionsbedarf entsprechen die Anlagenkosten im ungünstigen Szenario den Listenpreisen der Hersteller ohne Berücksichtigung von Preisnachlässen, die im Einzelfall gewährt werden können; im günstigen Szenario wird von einem Preisnachlass in Höhe von 20% ausgegangen.

Es wird pauschal eine mittlere Nutzungsdauer für die Anlagentechnik von 10 Jahren angesetzt und für das Bauwerk von 20 Jahren. In der Praxis erscheinen jedoch teilweise kürzere Abschreibungszeiträume gerechtfertigt (z. B. frühzeitige Korrosion der Anlagenaufständigung, Pumpendefekte). Die Differenzierung

des Abschreibungszeitraumes für verschiedene Anlagenkomponenten ist jedoch nicht möglich, da die Hersteller nur Pauschalpreise angeben.

In der Regel bieten die Anlagenhersteller nur die Anlagentechnik an. Die Angebote umfassen nicht die Leistungen, die für den Rohbau wie z. B. für den Bau einer Bodenplatte oder des Filterhauses notwendig sind. Der Rohbau wird zumeist von Bauunternehmungen oder in Eigenleistung erstellt. Der Investitionsbedarf für das Bauwerk wurde auf der Grundlage der aus den Bauzeichnungen ermittelten Baumassen (z. B. Flächen Bodenplatte, Wand, Schutzanstrich usw.) und ALB-Richtpreisen (ALB-Hessen 2021) mit der Kostenblockmethode der DIN 276 (2018) ermittelt.

In der Regel wurden die unteren bis mittleren Werte der jeweiligen Preisspanne der ALB-Richtpreise angesetzt. In der Praxis weichen die tatsächlichen Angebotspreise regional von diesen Richtpreisen ab. Dies wurde im Rahmen der Kostenkalkulation berücksichtigt, indem neben dem mittleren Investitionsbedarf nach ALB-Richtpreis ein um 15 % reduzierter Preis im günstigen der berechneten Szenarien angesetzt wurde.

Im Rahmen einer früheren Validierung von Investitionsdaten wurden die Ergebnisse der Auswertung von Angeboten und abgerechneten Bauvorhaben zu den Baukosten für Abluftreinigungsanlagen eines Planungsbüros mit Schwerpunkt Nordwestdeutschland herangezogen und mit den Kostenansätzen auf Grundlage der ALB-Richtpreise verglichen (unveröffentlicht). Der Vergleich hat gezeigt, dass die Baukosten bei Kalkulation auf Grundlage der ALB-Richtpreise gut mit den Angebots- und Abrechnungsdaten des Ingenieurbüros übereinstimmen. In einigen Bereichen waren die Kosten auf Grundlage der ALB-Richtpreise zwar eher zu niedrig angesetzt (beispielsweise die Kosten für Erd- und Betonbauarbeiten (Bodenplatte) aufgrund statischer Anforderungen), aber insgesamt können die Baukosten auf Grundlage der ALB-Richtpreise fortgeschrieben werden.

Zudem erfolgte in Hinblick auf die Verbrauchsdaten eine Plausibilitätsprüfung anhand der Ergebnisse der DLG-Prüfungen. Auch danach stimmen die berechneten gut mit den gemessenen Verbrauchsdaten der DLG überein.

Eine Übersicht zu den darüber hinaus festgelegten Berechnungsgrundlagen liefert Tabelle 3. Es handelt sich um Richtwerte, die in die Kostenkalkulation eingesetzt wurden, um einen Vergleich der Anlagen zu ermöglichen. Teilweise variieren sie je nach Abluftreinigungsverfahren. Dies ist entsprechend vermerkt.

Tab. 3: Grundlagendaten zur Kalkulation der Jahreskosten

Planungsdaten		Einheit	Wert
Haltungsverfahren „Mastschweine, abteilweises Rein-Raus-Verfahren“¹⁾			
Produktions- kenndaten	Gewichtsabschnitt	kg	29–119
	tägliche Zunahme	g	850
	Mastdauer	d	106
	Nachmast	d	12
	Anteil Tiere Nachmast	%	20
	Serviceperiode	d	7
	Umtriebsdauer	d	126
	Umtriebe pro Jahr	Anzahl	2,9
Lüftung und Emission	maximale Lüftrate nach DIN 18910 (2017), ΔT 3 K Rein-Raus-Verfahren	m ³ /(h · TP)	99
	Gleichzeitigkeitsfaktor (abteilweises Rein-Raus-Verfahren) ²⁾	%	80
	Auslegungslüftrate	m ³ /(h · TP)	79
	mittlerer Luftvolumenstrom im Jahresverlauf in Prozent der maximalen Lüftrate ³⁾	%	48 (42–54)
	Ammoniakemissionsfaktor	kg/(TP · a)	2,9
Nährstoff- management	Eigenverwertung		
	Lagerkapazität	Monate	6
	Ausbringung Abschlammwasser	€/m ³	3,50
	Inverkehrbringen		
	Lagerkapazität	Monate	9
	Ausbringung Abschlammwasser	€/m ³	6,00
	Düngewert		
Waschwasser Wasserstufe	€/kg N	1,11	
Waschwasser Säurestufe	€/kg N	1,25	
Anlagenbetrieb	Verdunstungsrate (Frischwasserbedarf)	l/1.000 m ³ Abluft	3 (2–5)
	Schwefelsäurebedarf ⁴⁾ (96 % Schwefelsäure)	kg/kg NH ₃ -Eintrag	
	Biofilter		0,7
	Rieselbettfilter		0–0,6
	zweistufige Anlagen		1,5
	Nitrifikationshemmer	kg/kg NH ₃ -Eintrag	0,01
	Abschlammrate ⁴⁾	m ³ /kg NH ₃ -Eintrag	
	Biofilter		0,15
	Rieselbettfilter		0,25
	zweistufige Anlagen		0,25
Mehrverbrauch der Lüftung ⁵⁾	Wh/1.000 m ³	14–37	

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Planungsdaten		Einheit	Wert
Kostendaten			
Investition (Bauwerk)	Zuschlag für leistungsstärkere Lüfter ⁶⁾	€/1.000 m ³ installierte Luftleistung	3,50
	Zuschlag für größeren Güllebehälter	€/m ³	65
	Zuschlag für separaten Waschwasserbehälter (Säurestufe)	€/m ³	250
	Säurelager (Pfandsystem)	€/m ³	0
	zweite Dosiereinrichtung (herstellerspezifisch)		
	Nitrifikationshemmer	€	350
Nutzungsdauer	Gebäude	a	20
	Technik pauschal	a	10
Reparatur	Anteil der Investition (pauschal)	%	1,5
Zinssatz	auf 50 % der Investition ¹⁾	%	3
Preise	Kostenansatz Angebotspreise der Anlagentechnik (% Listenpreise)	%	80/100
	Baupreisniveau (% der ALB-Richtpreise)	%	85/100
	Strom ¹⁾	€/kWh	0,23
	Wasser (Eigenwasser-/Fremdwasserversorgung) ¹⁾	€/m ³	0,30/1,90
	Säure (96 % Schwefelsäure)	€/kg	0,55
	Nitrifikationshemmer (N-Lock)	€/kg	9,82
	Abnahme-/Überwachungsmessung (alle 10 Jahre)	€	5.000
	Check-up (jährlich)	€/a	500
	Check-up (jährlich)	€/a	600
	Behördengebühren/Baugenehmigung (alle 10 Jahre)	€	1.000
	Wartungsvertrag	€/a	100
Arbeitsleistung ⁷⁾	€/h	20,00	

¹⁾ KTBL (2022a).

²⁾ Beim abteilweisen Rein-Raus-Verfahren kann die Lüftungsanlage für etwa 80 % der maximalen Lüfrate ausgelegt werden, da die mittlere Tiermasse über die verschiedenen Abteile aufgrund des unterschiedlichen Alters der Tiere geringer ist.

³⁾ Nach Schirz (1989) und Häußermann (2006).

⁴⁾ Abhängig vom Verfahren (siehe Kap. 3).

⁵⁾ Leistungsaufnahme in Abhängigkeit von der Druckerhöhung und abhängig vom Verfahren: Druckverlust 50 % des Maximalwertes nach DLG-Prüfbericht (Spanne: 30–75 Pa) zzgl. pauschal 40 Pa Druckverlust Stall.

⁶⁾ Durchschnittliche Mehrkosten.

⁷⁾ KTBL (2022a); tägliche Kontrolle, Reinigung, Kalibrierung, Säure nachfüllen, Behälter wechseln usw.

Als repräsentatives Mastverfahren wird die Schweinemast mit einer durchschnittlichen täglichen Zunahme von 850 g bzw. einer durchschnittlichen Tiermasse von 110 kg nach KTBL-Datensammlung (KTBL 2022a) festgelegt (106 Masttage, 12 Tage Nachmast von etwa 20 % der Tiere, 7 Tage Reinigung/Desinfektion, 2,9 Umtriebe).

Kritisch sind insbesondere die Richtwerte für die Lüfrate im Jahresdurchschnitt und die Ammoniakemissionen, da sie nicht nur die Größe der Anlage bestimmen und Grundlage zur Berechnung des Bedarfs an Betriebsstoffen der Anlagen sind, sondern auch in die Kalkulation der Abschlammung und den Nährstoffanfall im Waschwasser eingehen. Damit beeinflussen diese Größen nicht nur die Betriebskosten, sondern über den Waschwasseranfall auch die Investitionskosten für zusätzlichen Lagerraum und das Nährstoffmanagement bzw. die Verwertung des Waschwassers.

Die Auslegung der Lüftungsanlagen orientiert sich an der maximalen Sommerluftrate nach DIN 18910 (2017), die im Rahmen der Kostenszenarien berücksichtigt wurde. Die maximale Luftrate beträgt bei Aufstallung im Rein-Raus-Verfahren $99 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{TP})$ (Standardwert bei $\Delta T 3 \text{ K}$). Aufgrund des unterschiedlichen Alters der Tiere und der Tiermassen in den einzelnen Abteilen kann die Auslegung der Lüftungsanlage beim abteilweisen Rein-Raus-Verfahren, das in der Praxis am häufigsten eingesetzt wird, für etwa 80% der jeweiligen maximalen Luftrate erfolgen („Gleichzeitigkeitsfaktor“; $79 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{TP})$).

Die durchschnittliche Luftrate im Jahresverlauf, die in die Berechnung der Mehrkosten für die Lüftung und den Frischwasserverbrauch zum Ausgleich der Wasserverdunstung eingeht, beträgt im Mittel 48% der maximalen Luftrate mit einer Spanne von 42 bis 54% (Schirz 1989, Häußermann 2006).

Als jährliche Emissionsfracht für Ammoniak werden generell 2,9 kg pro Tierplatz unterstellt. Der Wert berücksichtigt, dass die stark nährstoffreduzierte Mehrphasenfütterung in der Schweinehaltung nach TA Luft (2021) Stand der Technik ist. Sie führt zu einer Minderung der Ammoniakemission um etwa 20% im Vergleich zur konventionellen Schweinemast mit einer Ammoniakemission von 3,6 kg pro Tierplatz und Jahr nach VDI 3894 (2011).

Wesentlichen Einfluss auf die Kosten der Abluftreinigung hat auch das Wirtschaftsdünger- bzw. Nährstoffmanagement des Betriebes. Im günstigsten Fall erfolgt die Verwertung des Abschlammwassers aus der Abluftreinigung zusammen mit dem Wirtschaftsdünger auf den Flächen des eigenen Betriebes (Eigenverwertung) mit einer Lagerkapazität von 6 Monaten, die nach Düngeverordnung (DüV 2021) mindestens vorzuhalten ist. Im ungünstigsten Fall verfügt der Betrieb nicht oder nicht ausreichend über landwirtschaftliche Nutzflächen und das Washwasser muss mit dem Wirtschaftsdünger außerbetrieblich verwertet werden (Inverkehrbringen). Hier wird von einer Lagerkapazität von 9 Monaten ausgegangen. Es wird unterstellt, dass die Sulfatlösung aus Säurestufen nicht separat ausgebracht wird, sondern vor dem Ausbringen des Wirtschaftsdüngers in die Gülle eingemischt wird. Je nach Verwertungsform – Eigenverwertung oder Inverkehrbringen – sind unterschiedliche Kosten anzusetzen.

Beim Düngewert des Abschlammwassers wird aufgrund des unterschiedlichen Nährstoffgehaltes zwischen Washwasser aus der Wasserstufe und aus der Säurestufe unterschieden. Als typische Nährstoffgehalte werden 4,5 bzw. 36 kg N/m³ angesetzt (Tab. 3). Die Ammoniakabscheidung liegt bei den meisten einstufigen Rieselfiltern und mehrstufigen Verfahren zwischen 80 und 95%. Für die Kostenermittlung und die Berechnung des Nährstoffgehaltes bzw. Düngewertes wird von einer Stickstoffentfrachtung in Höhe von pauschal 80% für alle Verfahren ausgegangen.

Abschlammwasser, das zusammen mit dem Wirtschaftsdünger gelagert wird, ist im Rahmen der betrieblichen Nährstoffbilanz wie Wirtschaftsdünger zu behandeln und beim Flächennachweis zu berücksichtigen. Die mineralische Lösung der Säurestufe ist wie Mineraldünger einsetzbar und muss bei der Nährstoffbilanz nach DÜV (2021) nicht berücksichtigt werden.

5 Ergebnisse

Investitionsbedarf und fixe Kosten

In Tabelle 4 und Abbildung 1 sind die Spannen des Investitionsbedarfs und der resultierenden fixen Kosten für verschiedene Abluftreinigungssysteme und verschiedene Anlagenkapazitäten zusammengestellt, die auf der Grundlage der oben getroffenen Annahmen für die beiden Szenarien (Tab. 2) berechnet wurden.

Tab. 4: Investitionsbedarf und fixe Kosten für Abluftreinigungsanlagen in der Schweinemast (gerundet)

Anlagenart ¹⁾ Tierplätze (TP); installierte Luftleistung	Investitions- bedarf ²⁾ von bis €		Fixe Kosten								
			Abschrei- bung ³⁾ von bis €		Zinskosten ⁴⁾		War- tung	insgesamt		insgesamt	
					von	bis		von	bis	von	bis
Mehrstufige Anlagen											
500 TP; 39.600 m ³ /h	83.876	98.585	6.795	7.780	1.258	1.479	600	8.653	9.859	17,30	19,70
1.000 TP; 79.000 m ³ /h	103.782	121.777	8.305	9.508	1.557	1.827	600	10.462	11.934	10,50	11,90
2.000 TP; 158.000 m ³ /h	194.337	226.984	15.712	17.929	2.915	3.405	600	19.227	21.934	9,60	11,00
Rieselbettfilter											
500 TP; 39.600 m ³ /h	121.155	130.792	8.473	9.189	1.817	1.962	600	10.890	11.751	21,80	23,50
1.000 TP; 79.000 m ³ /h	171.368	185.036	11.974	12.981	2.571	2.776	600	15.144	16.356	15,10	16,40
2.000 TP; 158.000 m ³ /h	223.460	244.856	16.496	18.088	3.352	3.672	600	20.448	22.360	10,20	11,20
Biofilter⁵⁾											
500 TP; 39.600 m ³ /h	53.185	61.506	4.276	4.863	798	923	600	5.674	6.386	11,30	12,80
1.000 TP; 79.000 m ³ /h	91.357	104.990	7.438	8.423	1.370	1.575	600	9.409	10.598	9,40	10,60
2.000 TP; 158.000 m ³ /h	153.906	176.690	12.326	13.954	2.309	2.650	600	15.235	17.204	7,60	8,60

¹⁾ Eignungsgeprüfte Anlagen.

²⁾ Die Spanne kann bis zu +/- 25 % betragen, Lagerkapazität Waschwasser: mindestens 6, maximal 9 Monate.

³⁾ Nutzungsdauer Gebäude/Technik: 20/10 Jahre.

⁴⁾ Zinssatz: 3 %.

⁵⁾ Mit Ansäuerung/Ammoniakabscheidung.

Da die erhobenen Daten nicht genau der Anlagenkapazität von 500, 1.000 und 2.000 Mastschweineplätzen entsprechen, wurde die unterschiedlichen Angaben näherungsweise auf diese Anlagenkapazitäten umgerechnet, um die Kosten besser vergleichen zu können (s. o.).

Die angegebenen Kostenspannen entsprechen dem günstigen bzw. ungünstigen Szenario entsprechend Tabelle 2.

Der Investitionsbedarf hängt wesentlich vom Berechnungsszenario und der Anlagenkapazität ab. Das ungünstige Szenario umfasst keine Nachlässe bei den Bau- und Anlagenpreisen. Innerhalb der Szenarien gibt es eine starke Kostendegression mit zunehmender Anlagenkapazität, die etwa 30 bis 50% beträgt. Die durchschnittliche Investition pro Tierplatz nimmt von 115 bis 252 € (500 Mastplätze, Szenario 1 bis 2) über 98 bis 178 € (1.000 Mastplätze) auf 83 bis 117 € (2.000 Mastplätze) ab.

Entsprechend sinken die jährlichen fixen Kosten in Euro je Tierplatz. Sie betragen im Mittel etwa 12 bis 23 € bei 500 Mastplätzen, 10 bis 16 € bei 1.000 Mastplätzen und 8 bis 11 € bei 2.000 Mastplätzen. Hin zu größeren Anlagenkapazitäten unterscheiden sich die verschiedenen Systeme kaum (Abb. 1).

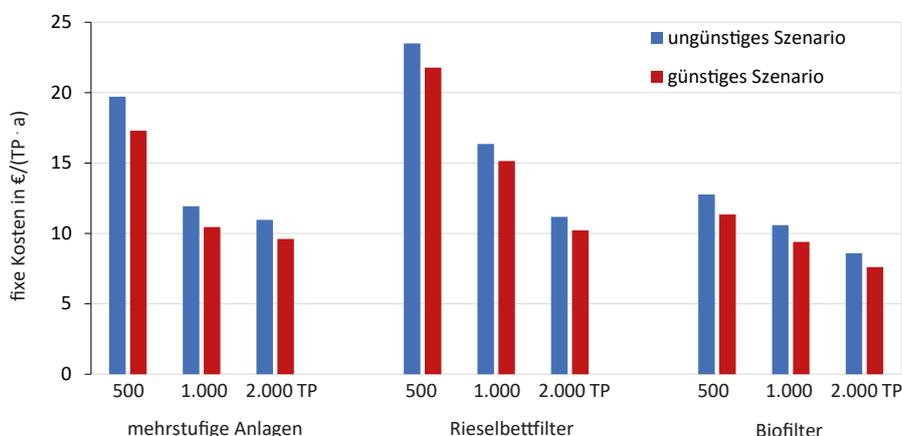


Abb. 1: Fixe Kosten für Abluftreinigungsanlagen in der Schweinemast (TP = Tierplatz) (© E. Grimm)

Gesamtkosten

Die Gesamtkosten der verschiedenen Systeme sind in Tabelle 5 und Abbildung 2 zusammengefasst. Sie betragen für die größte Anlagenkapazität (2.000 Mastplätze) mindestens etwa 20 €/TP · a) (günstiges Szenario) bis 24 €/TP · a) (ungünstiges Szenario). Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Systemen bestehen dabei praktisch nicht.

Tab. 5: Kosten der Abluftreinigung in der Schweinemast (netto)

Anlagenart Kostenarten	Tierplätze					
	500		1.000		2.000	
	39.600		79.000		158.000	
	Luftleistung in m³/h		Luftleistung in m³/h		Luftleistung in m³/h	
			79.000		158.000	
			€/TP · a)			
	von	bis	von	bis	von	bis
Mehrstufige Anlagen						
Fixe Anlagenkosten	17,31	19,72	10,46	11,93	9,61	10,97
Abschreibung	13,59	15,56	8,31	9,51	7,86	8,96
Zinskosten	2,52	2,96	1,56	1,83	1,46	1,70
Wartung	1,20	1,20	0,60	0,60	0,30	0,30
Variable Anlagenkosten	4,02	4,41	2,10	2,42	1,89	2,21
Reparaturen ¹⁾	2,11	2,49	1,45	1,77	1,41	1,73
Gebühren ²⁾	1,91	1,91	0,65	0,65	0,48	0,48
Betriebsmittelkosten	6,50	6,50	5,96	5,96	5,34	5,34
Strom	4,19	4,19	3,65	3,65	3,03	3,03
Wasser	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Säure	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Nitrifikationshemmer	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Düngewert ³⁾	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13
Arbeitserledigungskosten	5,52	7,34	3,56	5,38	3,31	5,13
Ausbringung ^{4)/} Abgabe	2,55	4,37	2,55	4,37	2,55	4,37
Löhne	2,97	2,97	1,02	1,02	0,77	0,77
Summe Kosten⁵⁾	33,34	37,96	22,08	25,70	20,15	23,65

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Anlagenart Kostenarten	Tierplätze					
	500		1.000		2.000	
	39.600		79.000		158.000	
	Luftleistung in m ³ /h					
			€/(TP · a)			
	von	bis	von	bis	von	bis
Rieselbettfilter						
Fixe Anlagenkosten	21,78	23,50	15,14	16,36	10,22	11,18
Abschreibung	16,95	18,38	11,97	12,98	8,25	9,04
Zinskosten	3,63	3,92	2,57	2,78	1,68	1,84
Wartung	1,20	1,20	0,60	0,60	0,30	0,30
Variable Anlagenkosten	5,79	6,14	3,77	4,07	2,44	2,72
Reparaturen ¹⁾	3,56	3,91	2,63	2,93	1,83	2,11
Gebühren ²⁾	2,23	2,23	1,14	1,14	0,61	0,61
Betriebsmittelkosten	6,70	6,70	5,98	5,98	4,74	4,74
Strom	5,87	5,87	5,15	5,15	3,91	3,91
Wasser	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Säure	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Nitrifikationshemmer	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Düngewert ³⁾	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13	-2,13
Arbeitsentlohnungskosten	6,30	8,12	4,47	6,29	3,57	5,39
Ausbringung ^{4)/} Abgabe	2,55	4,37	2,55	4,37	2,55	4,37
Löhne	3,75	3,75	1,92	1,92	1,02	1,02
Summe Kosten⁵⁾	40,57	44,46	29,37	32,70	20,97	24,02
Biofilter						
Fixe Anlagenkosten	11,35	12,77	9,41	10,60	7,62	8,60
Abschreibung	8,55	9,73	7,44	8,42	6,16	6,98
Zinskosten	1,60	1,85	1,37	1,57	1,15	1,33
Wartung	1,20	1,20	0,60	0,60	0,30	0,30
Variable Anlagenkosten	3,52	3,79	2,41	2,66	1,87	2,10
Reparaturen ¹⁾	1,49	1,76	1,35	1,60	1,17	1,40
Gebühren ²⁾	2,03	2,03	1,07	1,07	0,70	0,70
Betriebsmittelkosten	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38
Strom	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35
Wasser	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
Säure	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
Nitrifikationshemmer	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Düngewert ³⁾	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49
Arbeitsentlohnungskosten	4,69	5,79	3,31	4,41	2,78	3,88
Ausbringung ^{4)/} Abgabe	1,54	2,64	1,54	2,64	1,54	2,64
Löhne	3,15	3,15	1,77	1,77	1,24	1,24
Summe Kosten⁵⁾	26,95	29,74	22,51	25,05	19,65	21,97

1) 1,5 % des Investitionsbedarfs.

2) Abnahme-/Überwachungsmessung (500 €/a), Behördengebühren, Baugenehmigung (100 €/a), Check-up: 600 €/a.

3) Wasserstufe: 1,11 €/kg N.

4) Abschlammwasser: 3,50/6,00 €/m³.

5) Die Spanne der Gesamtkosten kann +/- 25 % betragen.

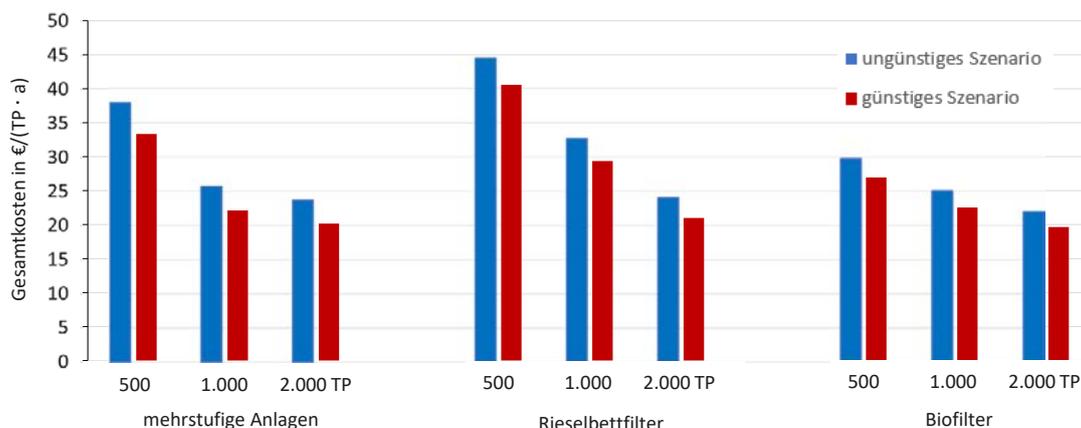


Abb. 2: Gesamtkosten für Abluftreinigungsanlagen in der Schweinemast (TP = Tierplatz) (© E. Grimm)

Bei 1.000 Mastplätzen liegen die Gesamtkosten in einem Bereich von 22 bis 32 €/TP · a) und bei 500 Mastplätzen bei 27 bis 44 €/TP · a). Hier scheinen Biofilter aufgrund eines geringeren Fixkostenanteils am günstigsten und Rieselbettfilter am teuersten zu sein.

Die Kostendegression ist je nach Verfahren mit 27 bis 47% von der kleinsten zur größten Anlagenkapazität erheblich.

Der Anteil Fixkosten an den Gesamtkosten beträgt etwa 40 bis 50% und ist bei den kleineren Kapazitäten am größten. Der Anteil der variablen Kosten an den Gesamtkosten beträgt etwa 9 bis 14%, der der Betriebsmittel liegt bei 16 bis 24% (insbesondere Stromkosten zum Betrieb der Pumpen und für den Lüftungsmehraufwand) und die Arbeitserledigungskosten haben einen Anteil von 16 bis 20%.

In Tabelle 6 sind die auf die Sauenhaltung näherungsweise umgerechneten Gesamtkosten zusammengestellt.

Tab. 6: Kosten der Abluftreinigung in der Sauenhaltung (netto)

Anlagenart	3-Wochen-Rhythmus Sauen (TP) ¹⁾						1-Wochen-Rhythmus Sauen (TP) ¹⁾					
	180		360		720		200		400		800	
	Kosten in €/TP · a)											
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Mehrstufige Anlagen	93	105	61	71	56	66	83	95	55	64	50	59
Rieselbettfilter	113	123	82	91	58	67	101	111	73	82	52	60
Biofilter	75	83	63	70	55	61	67	74	56	63	49	55

¹⁾ Produzierende Sauen in Deck-, Warte- und Abferkelbereich einschließlich Jungsauen und Eber, 28 Tage Säugezeit.

Nach Nummer 5.4.7.1 TA Luft (2021) kann es unter bestimmten Voraussetzungen ausreichend sein, mindestens 60% des maximal auftretenden Volumenstroms eines Stalles mit einer Abluftreinigung zu behandeln, die einen Emissionsminderungsgrad von 70% für Ammoniak gewährleistet („Teilabluftreinigung“). Damit ist es möglich eine Ammoniakemissionsminderung von mindestens 40% zu erzielen.

Um die Kosten hierfür abzuschätzen, können sie im Rahmen der o. g. Kapazitäten für 60% der geplanten Tierplatzkapazität kalkuliert werden und anschließend auf 100% der Tierplätze umgelegt werden. Im besten Fall sind bis zu 40% geringere Kosten pro Tierplatz im Vergleich zu einer Vollreinigung zu erwarten. Aufgrund

der Kostenprogression insbesondere der Investitionskosten beim Übergang von größeren zu kleineren Anlagen, können – unter sonst gleichen Bedingungen – Einspareffekte jedoch nur über die Betriebskosten realisiert werden. Da der Anteil der Fixkosten an den Gesamtkosten etwa 40 bis 50 % beträgt, dürfte in diesem Fall der gesamte Einspareffekt pro Tierplatz eher bei 20 bis 30 % liegen. Da jedoch im Rahmen der Teilstromreinigung nur eine Ammoniakabscheidung erforderlich ist, dürften zu diesem Zweck am ehesten Chemo-wäscher eingesetzt werden. Diese kommen mit nur einer Waschstufe aus und können mit einer höheren Filterflächenbelastung betrieben werden, sodass die Anlagebauweise kleiner sein kann. Aufgrund geringerer Investitionskosten ist unter diesen Umständen mit einem höheren Einspareffekt zu rechnen.

Literatur

- ALB-Hessen (2021): Richtpreise für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude und ländlicher Wohnhäuser, 46. Ausgabe 2021/2022. Kassel, Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung, Landtechnik und Bauwesen in der Landwirtschaft Hessen e.V.
- DIN 276 (2018): Kosten im Bauwesen. Berlin, Beuth Verlag
- DIN 18910 (2017): Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe. Berlin, Beuth Verlag
- DLG (2022): Überblick über den DLG-Prüfrahmen „Abluftreinigung in der Tierhaltung“, Stand: Juni 2022. <https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/tests/flyer/DLG-Pruefrahmen-Abluftreinigung.pdf>, Zugriff am 17.02.2023
- DüV (2021): Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist“
- Häußermann, A. (2006): Stallklimaregelung und Emissionen – Entwicklung und Evaluierung sensorgestützter komplexer Regelstrategien für die Mastschweinehaltung. VDI-MEG-Schrift 443, Dissertation Universität Hohenheim
- IE-Richtlinie (2010): Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung). Amtsblatt der Europäischen Union, L 334/17
- KTBL (2022a): Betriebsplanung Landwirtschaft 2022/23. Datensammlung, 28. Auflage, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- KTBL (2022b): Erhebungen zum Einsatz verschiedener Abluftreinigungsverfahren in der Schweinehaltung im Rahmen der Erstellung von Emissionsinventaren für Stickstoff und Kohlenstoff aus der deutschen Landwirtschaft. Jaquemotte, J., persönliche Mitteilung, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- Schirz, S. (1989): Handhabung der VDI-Richtlinien 3471 Schweine und 3472 Hühner. KTBL-Arbeitspapier 126, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021. GMBL 2021, Nr. 48–54, S. 1050
- VDI-Richtlinie 3894 Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Berlin, Beuth Verlag

Mitwirkende

Sebastian Bönsch, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hannover

Ewald Grimm, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt

Impressum

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 7001-0
E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Eingetragen im Vereinsregister beim Amtsgericht Darmstadt,
Aktenzeichen 8 VR 1351
Vereinspräsident: Prof. Dr. Eberhard Hartung
Geschäftsführer: Dr. Martin Kunisch
Verantwortlich im Sinne des Presserechts: Dr. Martin Kunisch

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet.

© KTBL 2023