

Bewertung von Emissionen aus der Tierhaltung, am Beispiel der Schweinemast

Assessment of Emissions from Animal Husbandry for the Example of Fattening Pigs

Werner Berg

Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

Kurzfassung: Die Emissionen aus der Tierhaltung tragen zu den lokalen, regionalen und globalen Veränderungen der Ökosysteme bei. Sucht man nach Möglichkeiten der Emissionsminderung, so ist einerseits von Bedeutung, welches Ausmaß die Emissionen haben und mit welchen Wirkungen sie verbunden sind. Die Bewertung von Maßnahmen zur Emissionsminderung verlangt die Kenntnis der Wirkungen in Abhängigkeit von der Emissionsmenge. Zu diesem Komplex wird der Kenntnisstand aus der Literatur analysiert. Andererseits ist zu klären, welche Maßnahme welche Emissionsminderung bewirkt und wie hoch der dafür erforderliche Aufwand ist. Es gilt, Bewertungskriterien herauszufinden, die neben technologischen und wirtschaftlichen Aspekten vor allem ökologische in geeigneter Form kennzeichnen.

Die Betrachtungen erfolgen am Beispiel der Schweinemast. Hier werden die Kohlendioxid-, Methan- und Distickstoffmonoxidemissionen untersucht, denen angelastet wird, einen erheblichen Beitrag zur Erwärmung der Erdoberfläche zu leisten. Ferner finden die Ammoniakemissionen Berücksichtigung, die über die Luft und weiter über die Niederschläge pflanzenschädigend wirken können.

Deskriptoren: Emissionsminderung, Gasemissionen, Haltungsverfahren, Schweinemast, Technikbewertung

Abstract: Emissions from animal husbandry contribute to the local, regional and global changes of ecosystems. Looking for possibilities of emission reduction, on the one hand the dimension of the emissions and their impacts are of importance. The assessment of emission-reduction measures requires a knowledge of all emission impacts as a function of the emission quantity. For this complex the knowledge from literature is analyzed. On the other hand there is a need for information concerning the effect of certain measures on the emissions and the necessary efforts. Assessment criteria have to be found which reflect technological and economic aspects and above all ecological aspects.

The investigations are carried out with the example of fattening pigs. The emissions of carbon dioxide, methane, nitrous oxide and ammonia are at the centre of the investigations. The first three belong to the so called greenhouse gases, while ammonia has direct and indirect harmful impacts on vegetation.

Keywords: *emission reduction, gaseous emissions, keeping systems, pig fattening, technology assessment*

1. Einleitung

Die größer werdenden Eingriffe des Menschen in die Natur und die weiter voranschreitenden Erkenntnisse gerade auf dem Gebiet der Umweltforschung werfen verstärkt die Frage nach einer Gegenüberstellung der positiven und der negativen Auswirkungen der menschlichen Tätigkeiten auf. Von der Tierhaltung gehen negative Wirkungen aufgrund der mit ihr verbundenen Emissionen aus. Im folgenden wird versucht, diese negativen, ökologischen Auswirkungen soweit zu quantifizieren, daß sie den technischen und wirtschaftlichen Kennwerten zur Seite gestellt werden können, um so die einzelnen Tierhaltungsverfahren besser zu charakterisieren als bisher.

Das Bewertungsschema wird am Beispiel der Schweinemast erarbeitet, soll aber auch auf andere Formen der Tierhaltung anwendbar sein. Es ermöglicht den Vergleich verschiedener Haltungsverfahren innerhalb einer Nutzungsrichtung und das Erkennen der Ansatzpunkte für eine effiziente Emissionsminderung. Daraus lassen sich unmittelbare Maßnahmen zur Emissionsminderung im Landwirtschaftsbetrieb, deren Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit, die Förderwürdigkeit solcher Maßnahmen und Aufgaben für weitere Forschungsarbeiten ableiten.

2. Erkenntnisstand

Als problembehaftete Emissionen aus der Tierhaltung werden einige Inhaltsstoffe der Exkremente, Stäube, Geruchsstoffe und bestimmte Gase angesehen. Bei den letztgenannten gilt das Hauptaugenmerk Kohlendioxid, Methan, Distickstoffmonoxid, denen angelastet wird, einen erheblichen Beitrag zur Erwärmung der Erdoberfläche zu leisten, und Ammoniak, das über die Luft und weiter über die Niederschläge pflanzenschädigend wirken kann. Neben der direkten schädlichen Wirkung auf die Vegetation verursacht Ammoniak vor allem indirekt Schäden durch Säurebildung des Bodens ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$), Verdrängung von für die Pflanzen lebenswichtigen Ionen (wie Mg^{2+} , K^+

und Ca^{2+}), Eutrophierung nährstoffarmer Gebiete und Förderung der Schwefeldioxidabscheidung [1].

Bild 1 zeigt für Kohlendioxid, Methan, Distickstoffmonoxid und Ammoniak die globalen Emissionsmengen, die derzeit als wahrscheinlichste Werte genannt werden. Dabei ist zu beachten, daß die Angaben statistisch nicht gesicherte Mittelwerte darstellen.

Mit den Emissionen der drei Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Distickstoffmonoxid ist die Landwirtschaft mit einem Drittel an der anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche beteiligt. Auf die Tierhaltung geht fast die Hälfte des Beitrags der Landwirtschaft zurück (vgl. Tab. 1).

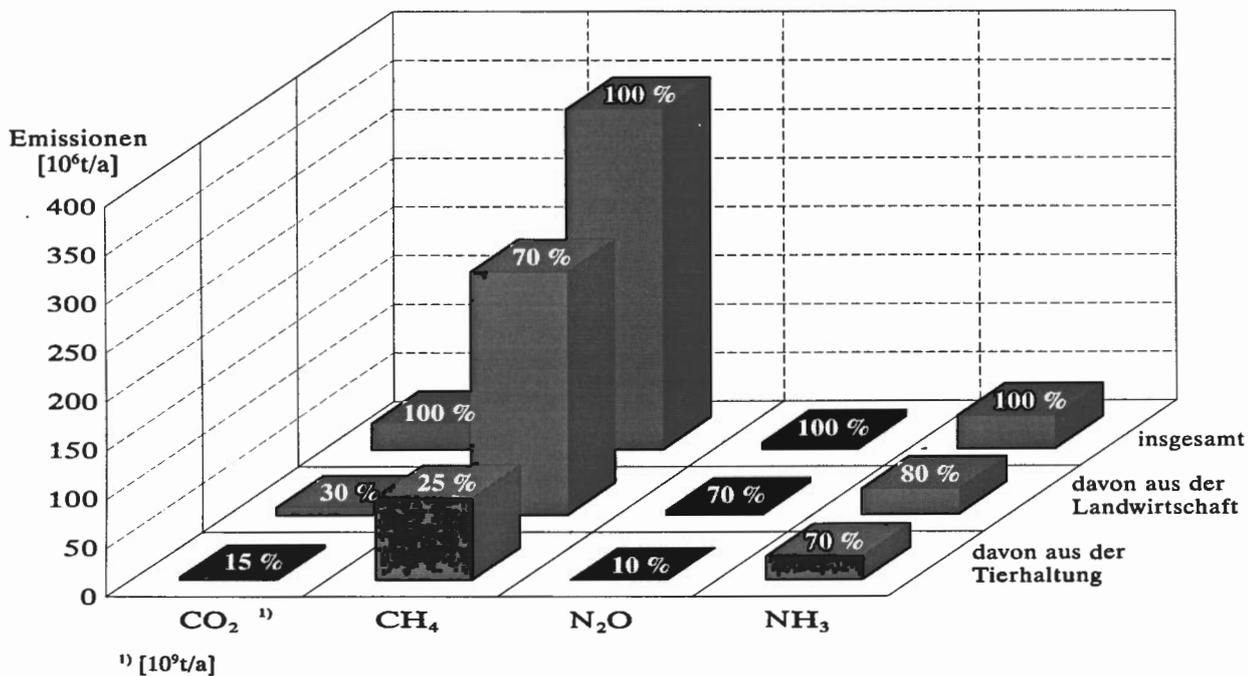


Bild 1: Geschätzte globale anthropogene Emissionen von Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (N_2O) und Ammoniak (NH_3) [2, 3, 4, 5]

Fig. 1: Estimated global anthropogenic emissions of carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and ammonia (NH_3)

Tabelle 1: Anteil der global emittierten Gase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O) an der anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche [%] [6]

Table 1: Percentage of global warming of the global emissions of carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) [%]

Quelle	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Σ
Tropenwaldvernichtung	7			
Reisanbau		6		
Verbrennen von Biomasse		4		
landwirtschaftlich genutzte Böden			2	
Tierhaltung	8	5	1	14
Landwirtschaft insgesamt	15	15	3	33
anthropogen insgesamt	50	20	5	75

Bild 2 enthält für die vier genannten Gase die für die Bundesrepublik Deutschland kalkulierten Emissionsmengen. Im Vergleich zum globalen Geschehen ist hier der Anteil der Landwirtschaft im Bereich der Treibhausgase deutlich

geringer, bei Ammoniak dagegen größer. Auf die Tierhaltung gehen mehr als zwei Drittel des Beitrags der deutschen Landwirtschaft zur anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche zurück (vgl. Tab. 2).

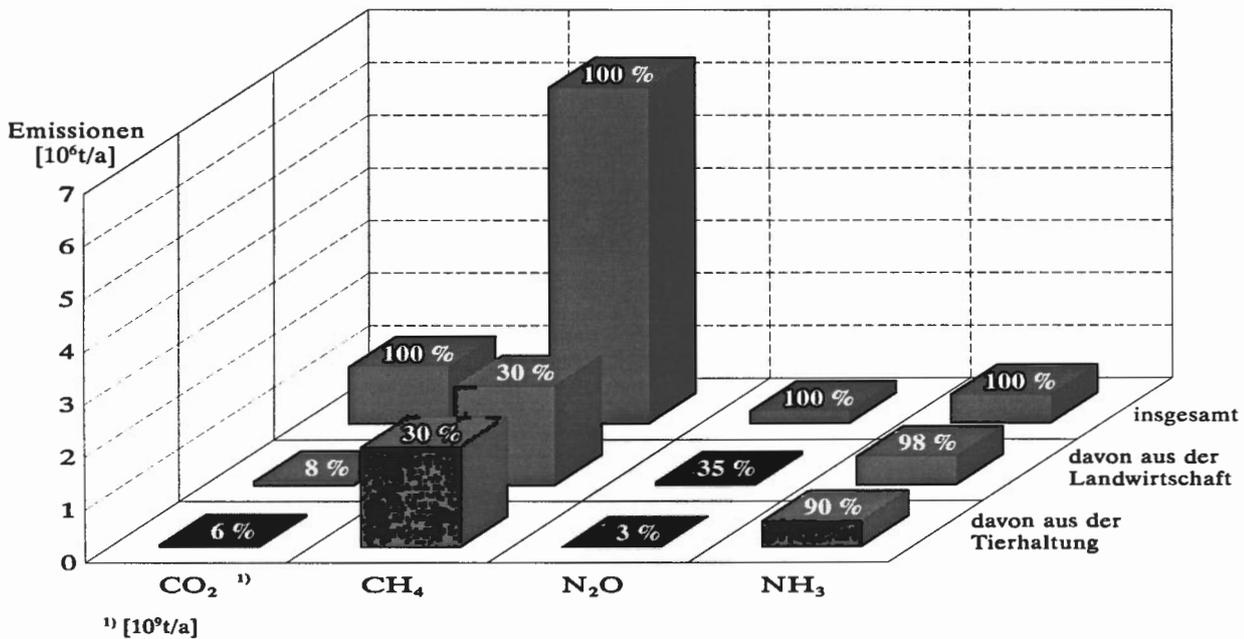


Bild 2: Geschätzte anthropogene Emissionen von Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) und Ammoniak (NH₃) für die Bundesrepublik Deutschland [4, 5, 7, 8, 9]

Fig. 2: Estimated German anthropogenic emissions of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O) and ammonia (NH₃)

Tabelle 2: Anteil der von der Bundesrepublik Deutschland emittierten Gase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O) an der anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche [%] [6]

Table 2: Percentage of global warming of the german emissions of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) [%]

Quelle	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Σ
Tierhaltung	0,1	0,1	0,002	0,2
Landwirtschaft insgesamt	0,2	0,1	0,05	0,3
anthropogen insgesamt	2	0,4	0,2	2,5

3. Methoden

Für die Verfahren der Schweinemast werden die verfahrenstechnischen und ökonomischen Kennwerte analysiert und durch ökologische ergänzt. Die Einbeziehung der ökologischen Kennwerte in die Bewertung der Varianten mit qualitativen und quantitativen Methoden erfolgt anhand der Wirkungen der Emissionen, die durch Analyse der Literatur einzuschätzen sind. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten werden vor allem hervorgerufen durch nichtlineare Zusammenhänge zwischen Schadstoffemissionen und Wirkungen, Wechselwirkungen mit anderen

Stoffen und Prozessen, durch den unterschiedlichen zeitlichen Verlauf der verschiedenen Prozesse und natürliche, nichtanthropogene Veränderungen der Systeme.

Die monetäre Bewertung der Emissionen bzw. der durch sie bedingten Umweltschäden kann diese nicht vollständig charakterisieren und ist in der Regel weniger scharf als die Ermittlung der Kosten der Produktionsverfahren. Dennoch trägt die Angabe einer monetären Größe wesentlich zu einer besseren Verständlichkeit der Sachverhalte für unterschiedliche Fachleute, Interessengruppen und die Öffentlichkeit bei.

Außerdem ermöglicht sie das Zusammenfassen von Schadstoffen mit verschiedenen Wirkungsfeldern, wie zum Beispiel Treibhausgasen und Ammoniak, sowie Vergleiche verschiedener Produktionsverfahren und zeigt Schadensschwerpunkte sowie Ansatzpunkte für ein effizientes Handeln auf.

Der Komplexität der Vorgänge, noch ungeklärten Kausalzusammenhängen und der schwierigen zeitlichen und sachlichen Abgrenzung der Wirkungen kann zur Entscheidungsfindung und Unsicherheitsverarbeitung durch Verwendung heuristischer Methoden begegnet werden. Speziell die Expertenbefragung nach der Delphi-Methode und die Szenario-Technik sind Verfahren, die sich für das Abschätzen nicht exakt quantifizierbarer Folgewirkungen eignen.

Eine Bewertung der Emissionen kann vorgenommen werden anhand

- der Schäden, die sie verursachen,
- der Aufwendungen zur Schadensbehebung,
- der Aufwendungen zur Schadensvermeidung oder anhand
- der Änderung des natürlichen Anteils der betreffenden Stoffe.

Eine Kombination dieser vier Methoden ist ebenfalls möglich, gerade die letztgenannte ist in den seltensten Fällen schon allein aussagekräftig. In den folgenden Abschnitten werden zum einen monetäre Emissionsschäden und zum anderen Aufwendungen zur Schadensvermeidung bzw. Emissionsminderung kalkuliert. Deren Verhältnis zueinander bringt die Effizienz von Maßnahmen zur Emissionsminderung zum Ausdruck, wobei diese Kennzahl nicht das alleinige Bewertungskriterium sein kann.

4. Erste Ergebnisse

4.1. Monetäre Bewertung der Emissionen von Treibhausgasen

Die monetäre Bewertung der von den Treibhausgasen verursachten Schäden ist aus den im vorangegangenen Abschnitt genannten Gründen mit mindestens ebenso großen Unsicherheiten behaftet wie die Ermittlung der in Abschnitt 2 genannten Emissionsmengen. Dagegen lassen sich die Kosten von Maßnahmen zur Emissionsminderung genauer kalkulieren.

Nordhaus [10] beziffert die von den Treibhausgasen verursachten Schäden für die Mitte des nächsten Jahrhunderts auf mindestens 3 bis 37 \$/t CO₂-Äquivalent. Dabei werden die Schäden hauptsächlich durch die Erhöhung des Meeresspiegels hervorgerufen.

Die Kosten von Maßnahmen zur Emissionsminderung

veranschlagt Nordhaus bei einer Minderung um bis zu 15 % mit 10 \$/t CO₂-Äquivalent. Bei weitergehenden Emissionsminderungen steigen die Kosten deutlich an, so daß er eine Minderung um 20 bis 30 % als "optimal" ansieht. Dies ist wohl so zu verstehen, daß Emissionsminderungen in dieser Größenordnung volkswirtschaftlich zumindest kostenneutral sind. Da die oben angegebenen Schäden untere Grenzwerte darstellen, dürften auch noch Emissionsminderungen um mehr als 30 % allein unter dem Gesichtspunkt der Kosten gerechtfertigt sein.

Im dritten Bericht "Schutz der Erde" der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" [11] werden für unterschiedliche Reduktionsszenarien Kosten von Maßnahmen zur Minderung der Kohlendioxidemission in der Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Danach läßt sich die Kohlendioxidemission durch Maßnahmen im Energie- und Verkehrsbereich um annähernd 30 % senken. Diese Emissionsminderung wäre mit Kosten von ca. 27 DM/t reduziertes CO₂ verbunden.

Zusammenfassend kann dazu festgestellt werden: Bei der Emission von Treibhausgasen ist mit Schäden von mehr als 30 DM/t CO₂-Äquivalent zu rechnen. Eine Minderung der gegenwärtigen Emissionen um 30 % ist mit Kosten je geminderte t CO₂-Äquivalent verbunden, die etwa genauso groß sind wie die damit vermiedenen makroökonomischen Schäden. Damit steht sowohl für die von den anthropogen emittierten Treibhausgasen verursachten Schäden als auch für die Kosten von Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen ein Richtwert zur Verfügung, der im weiteren Verwendung findet. Zugleich wird deutlich, daß bereits aus volkswirtschaftlicher Sicht eine Minderung der gegenwärtigen Emissionen um mindestens 30 % durchaus gerechtfertigt ist.

4.2. Monetäre Bewertung der Ammoniakemissionen

Bei der monetären Bewertung der vom Ammoniak verursachten Schäden erfolgt hier eine Beschränkung auf Vegetationsschäden, da andere Schädwirkungen, wie beispielsweise auf Gebäude, Tiere oder den Menschen als vergleichsweise gering einzuschätzen sind. Neben den unterschiedlichen direkten und indirekten Wirkungsmechanismen des Ammoniaks auf die Vegetation erschwert die Abschätzung des Anteils des Ammoniaks an den Vegetationsschäden das Ermitteln eines monetären Wertes.

Eine wertvolle Kalkulation von Vegetationsschäden ist die Studie "Methodische Probleme der monetären Bewertung eines komplexen Umweltschadens am Beispiel des Waldsterbens in der Bundesrepublik Deutschland" [12]. Hier

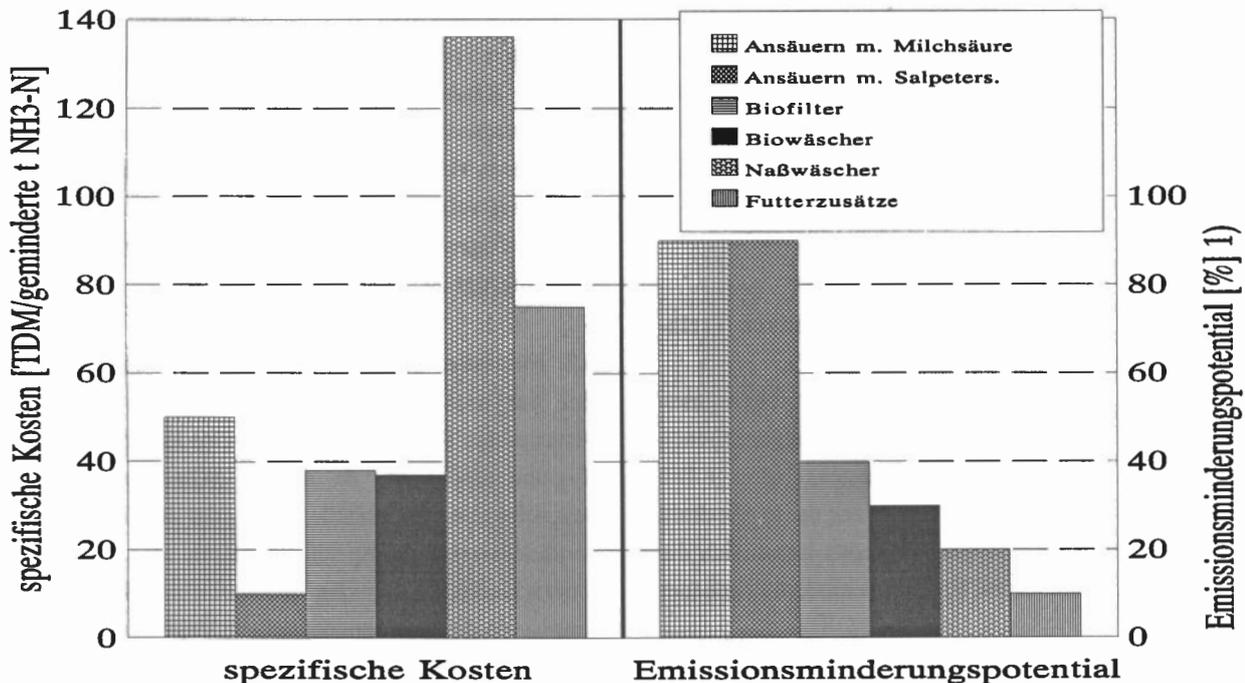
werden Schäden in den Bereichen Forst- und Holzwirtschaft, Freizeit und Erholung sowie Wasser und Boden berücksichtigt. Eine Differenzierung nach Schadstoffen wird in der Studie nicht vorgenommen. Zur Ermittlung eines monetären Richtwertes für die vom Ammoniak verursachten Schäden ist der Anteil des Ammoniaks an den gesamten Vegetationsschäden abzuschätzen.

Die o. g. Studie weist jährliche, durch das Waldsterben bedingte Gesamtschäden von 5,5 bzw. 8,8·10⁹ DM aus. Der Wert von 5,5·10⁹ DM/Jahr gilt für die Annahme, daß die Schwefeldioxid- und die Stickoxidemissionen von 1980 bis zum Jahr 2060 auf 25 % und 35 % reduziert werden. Unterstellt man dagegen weiterhin das Emissionsniveau von 1980, so ergeben sich die 8,8·10⁹ DM/Jahr.

Zur Ermittlung eines spezifischen, d. h. eines auf die Verursacher bezogenen Richtwertes für die Schäden werden hier folgende Annahmen getroffen: Die Verursacher der Waldschäden sind Schwefeldioxid, Stickoxid und Ammoniak. Ihre Schadwirkung ist gleich, m. a. W. 1 t NH₃ verursacht die gleichen Schäden wie 1 t SO₂ oder 1 t NO_x. Es wird dem Trend der vergangenen Jahre entsprechend mit der genannten Abnahme der Emissionen gerechnet. Für Ammoniak wird eine Minderung der Emissionen auf 30 % bis zum Jahr 2060 angenommen. Damit ergibt sich für den spezifischen Gesamtschaden für die Bundesrepublik

Deutschland ein Richtwert von ca. 2 200 DM/t NH₃-N [6]. Da Ammoniakemissionen hauptsächlich aus der Tierhaltung stammen, stehen auch Minderungsmaßnahmen in engem Bezug zur Tierhaltung. Die Kosten und die erreichbaren Emissionsminderungen spezieller, an die verschiedenen Tierhaltungsverfahren gebundener Maßnahmen, werden im Abschnitt 4.4. am Beispiel der Schweinemast dargestellt. Hier seien zunächst nur die Kosten verfahrensunabhängiger Maßnahmen zur Minderung von Ammoniakemissionen genannt. Diese Maßnahmen sind die Abluftreinigung mit Biofiltern, Biowäschern oder Naßwäschern sowie Futter- und Güllezusätze. Eine Grobkalkulation der Kosten je t geminderten NH₃-N und das Emissionsminderungspotential der einzelnen Maßnahmen zeigt Bild 3.

Es wird deutlich, daß beim Ammoniak die Kosten der Emissionsminderung im Mittel um mehr als eine Zehnerpotenz über den emissionsbedingten Vegetationsschäden liegen. Auch unter Berücksichtigung der Unsicherheiten und der Tatsache, daß der ermittelte Richtwert für den spezifischen Gesamtschaden die untere Grenze darstellt, läßt sich eine Minderung von Ammoniakemissionen nicht volkswirtschaftlich begründen. Dennoch werden Maßnahmen zur Minderung von Ammoniakemissionen dort zu ergreifen sein, wo es zu schwerwiegenden, nicht monetarisierbaren Folgen, wie beispielsweise drohenden Artenvernichtungen, kommt.



1) bezogen auf die Gesamtemissionen, einschließlich Dunglagerung und -ausbringung

Bild 3: Kalkulierte spezifische Kosten und Potentiale verschiedener Verfahren zur Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung [6]

Fig. 3: Calculated specific costs and potentials of different measures to reduce emissions from animal husbandry

4.3. Monetäre Zusammenführung der Emissionen von Treibhausgasen und Ammoniak und erste Schlußfolgerungen daraus

Neben der Gegenüberstellung von Aufwand und Ergebnis ist das Ziel der Monetarisierung, die Emissionen von Gasen mit ganz unterschiedlichen Wirkungen zusammenfassen zu können und so Verfahren der Tierhaltung und Maßnahmen zur Emissionsminderung miteinander vergleichbar zu machen.

Bezüglich der Schädwirkung ergibt sich entsprechend den beiden vorangegangenen Abschnitten ein über 70-faches Schadpotential von 1 t NH₃-N gegenüber 1 t CO₂-Äquivalent an Treibhausgasen. Das Schadpotential der klimarele-

vanten Gase wird durch ihr spezifisches Treibhauspotential ausgedrückt. Damit können die verschiedenen Gase hinsichtlich ihrer Schädwirkungen mit den in Tabelle 3 aufgeführten Faktoren zu der einheitlichen, im Bereich der Treibhausgase bereits gebräuchlichen, Kenngröße CO₂-Äquivalent zusammengefaßt werden.

Die Kosten von Maßnahmen zur Emissionsminderung von 1 t NH₃-N betragen etwa das 1 250-fache der Kosten, die zur Minderung von 1 t CO₂-Äquivalent Treibhausgasen erforderlich sind (vgl. Tab. 4).

Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren für die Schadpotentiale der Gase Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) und Ammoniak (NH₃) bezogen auf das Schadpotential von Kohlendioxid (CO₂)

Table 3: Conversion factors for the damage potentials of methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O) and ammonia (NH₃) related to the damage potential of carbon dioxide (CO₂)

Schadgas	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NH ₃
CO ₂ -Äquivalent	1	21	290	73

Tabelle 4: Richtwerte für die von den anthropogen emittierten Gasen verursachten Schäden und für die Kosten der Emissionsminderung

Table 4: Approximate values for the damage caused by the anthropogenically emitted gases and for the costs of emission reduction

Gas	Schadpotential [DM/t Schadgas]	Schäden			Kosten der Emissions- minderung [DM/t Schadgas]	Kosten der Emissionsminderung		
		global	BRD			global	BRD	
			insgesamt	durch Emis- sionen aus der Tierhaltung			insgesamt	in der Tier- haltung
CO ₂	30	18 900	33	1,8	} 30 ²⁾	} 19 500 ³⁾	} 39 ³⁾	} 3 ³⁾
CH ₄	630	350	4,0	1,2				
N ₂ O	8 700	260	2,2	0,1				
NH ₃	2 700	(540) ¹⁾	1,5	1,4	50 000 ⁴⁾	(10 000) ¹⁾	28	25

¹⁾ die Schädwirkung von NH₃ ist regional; die Schäden wurden für die BRD kalkuliert

²⁾ nicht nach einzelnen Schadgasen differenziert; Emissionsminderung nur um 20 bis 30 %

³⁾ bei einer Emissionsminderung von 20 bis 30 % ist Σ Schäden = Σ Kosten

⁴⁾ gemittelter Richtwert nach Bild 3

Die Kosten zur Minderung der Ammoniakemissionen sind nicht nur im Vergleich zu den von den Ammoniakemissionen verursachten Schäden, sondern auch in Bezug auf die Kosten zur Minderung von Treibhausgasemissionen sehr hoch. Allerdings ist zu beachten, daß bei den Kosten für die Treibhausgase nur eine Emissionsminderung um 20 bis 30 % angenommen wurde, während bei den Ammoniakemissionen mit den angegebenen Kosten eine Minderung um 25 bis 80 % möglich ist. Desweiteren beziehen sich die Angaben zu den Kosten der Minderung von Treibhausgasemissionen nicht speziell auf die Tierhaltung, sondern vornehmlich auf emissionsmindernde Maßnahmen in den Bereichen Industrie, Energie und Verkehr und enthalten keine Differenzierung nach einzelnen Treibhausgasen. All dies ist bei der weiteren Benutzung der in Tabelle 4 angegebenen Richtwerte für die von den genannten Gasen verursachten Schäden und für die Kosten von Maßnahmen zur Emissionsminderung zu berücksichtigen.

4.4. Bewertung einzelner Schweinemastverfahren

Von den vier genannten Schadgasen wird aus der Schweinehaltung hauptsächlich Kohlendioxid freigesetzt, global sind es etwa $600 \cdot 10^6$ t/a. Die globalen Ammoniakemissionen aus

der Schweinehaltung liegen bei 2 bis $3 \cdot 10^6$ t/a und die globalen Methanemissionen bei 1 bis $2 \cdot 10^6$ t/a. Distickstoffmonoxidemissionen wurden bisher nur in Tiefstreställen, traditionellen und solchen mit Bioaktivator, und in Konzentrationen festgestellt, die auf eine mögliche, globale Gesamtemission von weniger als $0,5 \cdot 10^6$ t/a schließen lassen [6]. Die gegenwärtige Ausgangssituation wird anhand der Mast auf einem Vollspaltenboden als Standardverfahren dargestellt. Es ist durch die in Tabelle 5 aufgeführten Daten gekennzeichnet.

Danach wird aus der Schweinemast vor allem Kohlendioxid freigesetzt. Der angegebene Wert von $5.000 \text{ kg}/(\text{GV} \cdot \text{a})$ ergibt sich aus allgemeinen Angaben zur Atmung der Schweine und wird für alle Mastverfahren gleichermaßen angesetzt. Für die Methanemissionen ist noch in weiteren Untersuchungen ein Richtwert zu bestimmen. Distickstoffmonoxid wird in nur sehr geringem Umfang emittiert, was durch weitere Meßwerte bestätigt werden sollte. Den Angaben zu den Ammoniakemissionen konnte dagegen eine ganze Reihe von Daten zugrundegelegt werden. Ihre große Spannweite belegt aber einen entsprechend großen Einfluß von Faktoren, so daß die Unsicherheit der Angaben nicht kleiner sein muß, als bei den anderen Schadgasen.

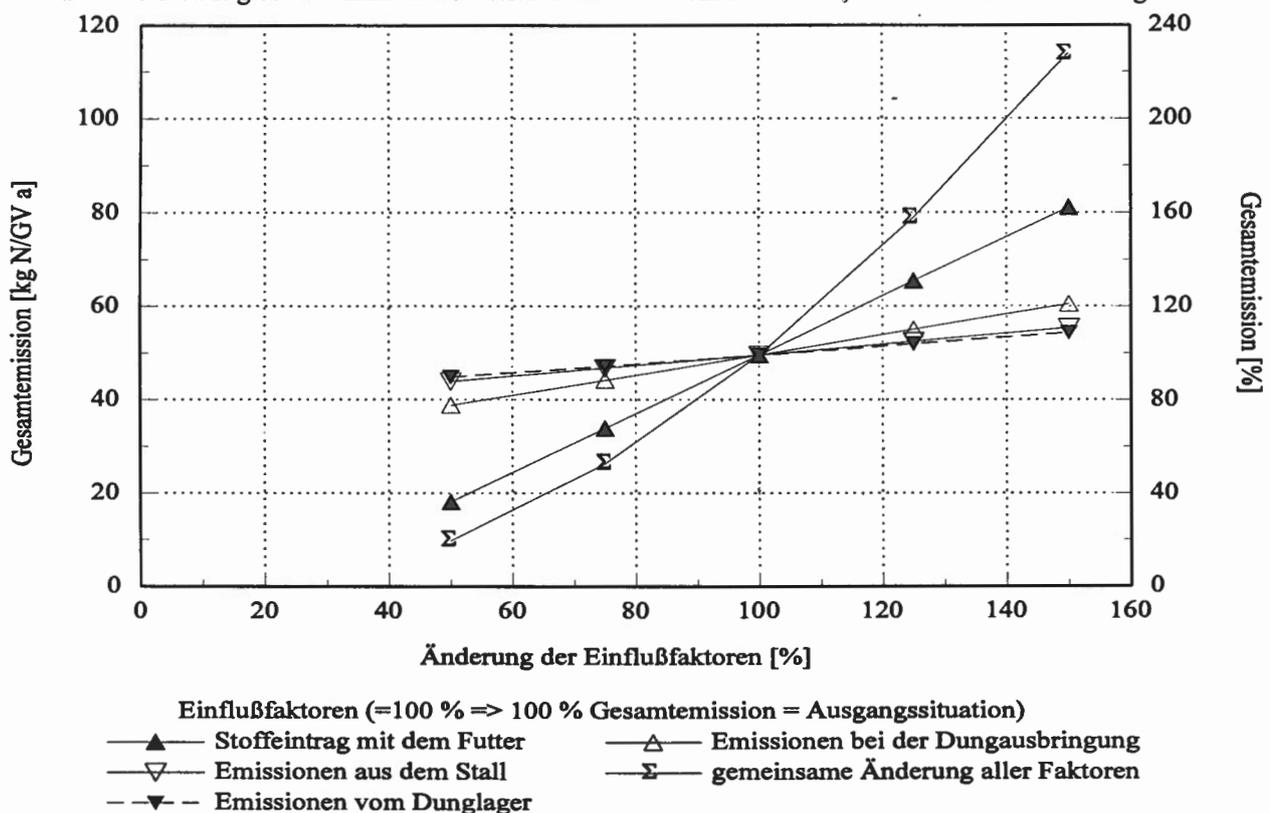


Bild 4: Einfluß des Stoffeintrages und der einzelnen Emissionen auf die Gesamtemission, am Beispiel der Stickstoffemission beim Standardverfahren

Fig. 4: Influence of the substance input and the single emissions on the total emission for the example of the nitrogen emission of the standard keeping system

Errechnet man mit den in Tabelle 4 angegebenen Richtwerten für die Schadpotentiale der einzelnen Gase monetäre Werte für die von den emittierten Gasen verursachten Schäden, so ergibt sich für die Schweinemast auf einem Vollspaltenboden folgendes Bild: Das freigesetzte Kohlendioxid verursacht Schäden in Höhe von 150 DM/(GV·a). Die vom Ammoniak hervorgerufenen Schäden liegen mit 140 DM/(GV·a) in der gleichen Größenordnung. Die Distickstoffmonoxidemissionen bedingen dagegen nur Schäden von etwa 1 DM/(GV·a) (vgl. Tab. 6). Die Summe der durch die Emissionen von Treibhausgasen und Ammoniak verursachten Schäden beträgt ca. 290 DM/(GV·a) und erreicht damit den erzielten Gewinn von 340 DM/(GV·a).

Anhand der Mast auf einem Vollspaltenboden als Standardverfahren soll ebenfalls der unterschiedliche Einfluß der verschiedenen Faktoren auf die Gesamtemissionsmenge deutlich gemacht werden.

Im Bild 4 ist für Stickstoff die Abhängigkeit der Gesamtemission vom Stickstoffeintrag mit dem Futter und von den Emissionen in den Bereichen Stall, Mistlagerung und Mistausbringung dargestellt [6]. Es ist ersichtlich, daß in der gegenwärtigen Ausgangssituation durch eine Verringerung des Stickstoffeintrages mit dem Futter der größte Effekt hinsichtlich der Minderung der Stickstoffemission insgesamt erzielt werden kann. Der Einfluß der Emissionsminderungen in den Bereichen Stall, Mistlagerung und Mistausbringung wird vor allem von den Anteilen dieser einzelnen Bereiche an der Gesamtemissionsmenge bestimmt (vgl. Tab. 5).

Die bisher bekannten Daten zu den Emissionen aus der Schweinemast sind in Tabelle 6, differenziert nach Mastverfahren und Schadgasen, zu jeweils einem Richtwert zusammengefaßt [6]. Auch wenn diese Richtwerte aufgrund des geringen Umfangs oder der großen Spannweite der Daten mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet sind, liefern sie Anhaltspunkte zur Bewertung der Haltungsverfahren und Maßnahmen zur Emissionsminderung.

Anhand der vorliegenden Daten kann man einschätzen, daß mit relativ großer Wahrscheinlichkeit die Distickstoffmonoxidemissionen beim Biobett und beim Tiefstreu deutlich höher sind als beim Tretnist und den strohlosen Verfahren und daß die Ammoniakemissionen beim Biobett gegenüber allen anderen Verfahren geringer sind.

Tabelle 6 enthält auch die aus den Emissionen und ihren Schadpotentialen errechneten monetären Werte für die von den emittierten Gasen verursachten Schäden. Bei den ausgewiesenen Schäden ist zu beachten, daß für einige Verfahren bislang Angaben über die Methanemissionen fehlen. Mit diesen, noch "weißen" Feldern stellt sich für die einzelnen Haltungsverfahren die Summe der Schäden wie folgt dar: Die einstreulosen Aufstallungsformen und der Flachstreustall sind im Vergleich zu den anderen Haltungsverfahren mit den geringsten Umweltschäden verbunden. Die größten Schäden werden für den Tiefstreu- und den Biobettstall ausgewiesen. Der Tretniststall liegt zwischen diesen beiden Gruppen. Diese Relationen bleiben auch dann noch bestehen, wenn bei den einstreulosen Aufstallungsformen Methanemissionen im Bereich von 20 kg/(GV·a) festgestellt werden.

Tabelle 5: Kennwerte für die Schweinemast auf einem Vollspaltenboden, einschließlich der Verfahrensabschnitte Mistlagerung und Mistausbringung

Table 5: Parameters for pig fattening on a fully slatted floor, including manure storage and manure application processes

Verfahrensabschnitt	Emissionen [kg/(GV·a)]				Vollkosten [DM/(GV·a)]	Produkte [kg/(GV·a)]	Erlöse [DM/(GV·a)]	Gewinne [DM/(GV·a)]	
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NH ₃					
Haltung Fütterung Entmistung	5 000	?	0,1	16	5 880	Fleisch 2 420	6 060	180	
Mistlagerung				12		50			Gülle 17 500
Mistausbringung				22		100			
Summe	5 000	?	0,1	50	6 030		6 370 ¹⁾	340	

¹⁾ gemessen am Mineraldüngeräquivalent

Tabelle 6: Emissionen und monetäre Werte der von ihnen verursachten Schäden für verschiedene Verfahren der Schweinemast

Table 6: Emissions and monetary values of damage caused by different keeping systems for fattening pigs

Mastverfahren	Emissionen [kg/(GV-a)]			Schäden durch [DM/(GV-a)]			
	CH ₄	N ₂ O	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	NH ₃	Σ ¹⁾
getrennte Funktionsbereiche für Liegen und Misten							
· Flachstreu	20	1	50	10	9	140	310
· Teilspaltenboden	?	1	50	?	10	140	300
kombinierte Funktionsbereiche für Liegen und Misten							
· Tiefstreu	20	10	40	10	90	110	360
· Tretmist	10	0,3	60	6	3	160	320
· Biobett	20	20	10	10	170	30	360
· Vollspaltenboden	?	0,1	50	?	1	140	290

¹⁾ Die CO₂-Emissionen werden für alle Mastverfahren mit 5 000 kg/GV-a veranschlagt. Daraus resultieren für alle Verfahren durch CO₂ verursachte Schäden in Höhe von jeweils 150 DM/GV-a.

5. Diskussion der Ergebnisse

Das der Bewertung zugrunde gelegte Datenmaterial ist weiter zu präzisieren. Das gilt sowohl für die monetäre Bewertung der von den emittierten Gasen verursachten Schäden und die Kosten der Emissionsminderung als auch für die Emissionsmengen der einzelnen Tierhaltungsverfahren.

Die Hauptschadgase aus der Schweinemast sind Kohlendioxid und Ammoniak. In Tiefstreu-ställen, traditionellen und solchen mit Bioaktivator, sind auch die Distickstoffmonoxidemissionen von Bedeutung.

Für die Unterschiede in den kalkulierten Schäden, die die einzelnen Mastverfahren hervorrufen, können keine statistischen Sicherheiten angegeben werden, dennoch liefern sie wichtige Anhaltspunkte für die Bewertung der Verfahren. Die kalkulierten monetären Werte für die von den Emissionen verursachten Schäden liegen im Bereich der erzielten Gewinne. Die Kosten von Maßnahmen zur Minderung der Emissionen betragen ein Vielfaches der Gewinne. Daraus sollte man jedoch nicht ableiten, die Schäden hinzunehmen und möglicherweise für ihre Behebung zu zahlen. Hier kommt eher eine Unterbewertung der Schäden zum Ausdruck und daß es gilt, effektivere Verfahren der Emissionsminderung zu entwickeln.

Bei der Bewertung der Kohlendioxidemissionen wurde unterstellt, daß die Alternative zur Umwandlung der im Futter enthaltenen Kohlenstoffverbindungen zu Kohlendioxid eine längerfristige Bindung des Kohlenstoffs ist, z.B. in Form von Holz. Wird der Kohlenstoff alternativ jedoch nicht längerfristig dem Kreislauf entzogen, so können der Tierhaltung die atmungsbedingten Kohlendioxidemissionen nicht negativ angelastet werden. Damit würden sich die für die Schweinemastverfahren kalkulierten, emissionsbedingten Schäden jeweils um 150 DM/(GV-a) verringern, die Abstufungen der einzelnen Verfahren zueinander bleiben unverändert.

6. Schlußfolgerungen

Die Tierhaltung ist mit den Emissionen der drei Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Distickstoffmonoxid mit annähernd 15 % an der anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche beteiligt. Davon ist über die Hälfte auf das emittierte Kohlendioxid zurückzuführen. Methan hat einen Anteil von mehr als einem Drittel. Es wird fast ausschließlich von den Wiederkäuern freigesetzt. Von den anthropogenen Ammoniakemissionen stammen über zwei Drittel aus der Tierhaltung. Künftige Untersuchungen sollten auf dieses große Minderungspotential gerichtet sein. Ein

Weg der Emissionsminderung sind höhere Tierleistungen. Nicht zuletzt deshalb sind Kennwerte zum Tierverhalten und zum Tierschutz in die Bewertung von Verfahren der Tierhaltung einzubeziehen.

Emissionsmindernde Maßnahmen in der Schweinemast sollten sich auf Ammoniak konzentrieren. Möglichkeiten der Minderung der Kohlendioxidemissionen sind zu prüfen. Mit der Wahl des Haltungsverfahrens können die Emissionen in gewissem Umfang beeinflusst werden. Auch innerhalb der verschiedenen Haltungsverfahren gibt es Möglichkeiten ihrer Beeinflussung. Ausgehend von der gegenwärtigen Situation ist hier vor allem eine angepaßte Fütterung zu nennen.

Das bislang vorliegende, weiter zu präzisierende Datenmaterial zeigt, daß unter den heutigen Bedingungen die Kosten drastischer Emissionsminderungen weit über den monetären Werten der von den emittierten Gasen verursachten Schäden liegen.

Die vorgenommene Bewertung der Verfahren der Schweinemast charakterisiert diese umfassender als bisher, zeigt Ansatzpunkte für wirksame Emissionsminderungen und Aufgaben für weitere Forschungsarbeiten auf.

Literatur

- [1] N.N.: Arbeitsmaterialien des Bundesamtes für Ernährung und Forstwirtschaft: Emissionen von Ammoniak. Frankfurt/Main, 1989
- [2] Bouwman, A.F. (Hrsg.): Soils and the greenhouse effect. John Wiley & Sons, Chichester, 1990
- [3] Häberle, M.: Stoffkreisläufe der Natur. Umwelt (1982), H. 1 und 2, S. 15-22 und 76-88
- [4] Hinz, T.: Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion. Grundlagen der Landtechnik 37 (1987) 6, S. 195-207
- [5] Sauerbeck, D. und Brunnert, H. (Hrsg.): Klimaveränderungen und Landbewirtschaftung. Landbauforschung Völkenrode (1990), Sonderheft 117, S. 17-27
- [6] Berg, W.: Bewertung von Verfahren der Nutztierhaltung, die eine Minderung der Schadstoffemission von Tierställen bezwecken. Forschungsbericht, ATB, 1995
- [7] Isermann, K.: Agriculture's Share in the Emission of Trace Gases Affecting the Climate and Some Caused-Oriented Proposals for Sufficiently Reducing this Share. Global Climate Change Conference, 14th-18th June 1992, Bad Dürkheim, Germany
- [8] Schön, M., Walz, R. et al.: Emission der Treibhausgase Distickstoffmonoxid und Methan in Deutschland. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1993
- [9] N.N.: Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, 1990
- [10] Nordhaus, W.D.: The Economics of the Greenhouse Effect. zit. in: Climate Change. Evaluating the Socio-Economic Impacts. OECD, Paris, 1991
- [11] N.N.: Schutz der Erde: Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik. 3. Bericht der Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre". Deutscher Bundestag, Bonn, 1990
- [12] Ewers, H.-J. et al.: Methodische Probleme der monetären Bewertung eines komplexen Umweltschadens am Beispiel des Waldsterbens in der Bundesrepublik Deutschland. UBA, Berichte 4/86, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1986