

InKalkTier

Interaktives Kalkulations- und
Informationssystem für Tierhaltungsverfahren



Emissionspotenziale und Tiergerechtheit von Haltungsverfahren mit "InKalkTier" richtig einschätzen

BZL-Web-Seminar am 20. Februar 2025

Franziska Christ (KTBL, Darmstadt) und Sarah Kimmich (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen-Geislingen)



Web-Anwendung

- Beschreibung von 135 Haltungsverfahren für Rinder, Schweine, Hühner und Puten
- (vergleichende) Bewertung der Haltungsverfahren
 - Tiergerechtheitspotenzial
 - Emissionspotenzial für Ammoniak und Geruch
 - Investitionskosten

- Einordnung aktueller und innovativer Haltungsverfahren
- mit KTBL-Arbeitsgruppen entwickelte Bewertungsmethoden

Infothek

- Erläuterung der Bewertungsmethoden aus der Web-Anwendung InKalkTier
- Beschreibung von Stalleinrichtung
- Steckbriefe zu emissionsmindernden Maßnahmen

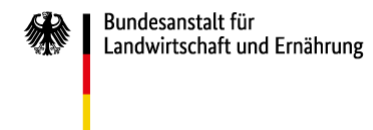
→ Ergänzendes Informationsangebot

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekträger



Bewertungsmethoden für die Emissionspotenziale von Ammoniak und Geruch am Beispiel der Schweinemast



- Stoffflussmodell für die Bewertung des Emissionspotenzials von Ammoniak
 - Modellerläuterung
 - Minderungsmöglichkeiten in der Produktionsrichtung Schweinemast
- Flächenbezogener Ansatz zur Bewertung des Emissionspotenzials von Geruch
 - Hintergrund und Ansatz
 - Minderungsmöglichkeiten in der Produktionsrichtung Schweinemast
- Beispielbewertung eines tiergerechten Verfahrens in der Web-Anwendung InKalkTier
- Zusammenfassung

Ermittlung eines **relativen NH₃-Emissionspotenzials** mit Hilfe vereinfachter Stoffflussmodelle

- Gibt die relative Abweichung von der Emissionsrate eines **Bezugsverfahrens** an
 - Definierte **Managementvoraussetzungen**
 - Qualitative Bewertung der **Qualität der Datengrundlage**
- Basis:
 - Ergebnisse der Projekte „EmiDaT“ und „EmiMin“
 - DLG-Nährstoff-Standardausscheidungen (DLG 2014)
 - Werte aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen
 - Expertenschätzungen der projektbegleitenden KTBL-Arbeitsgruppe „Bewertung von Haltungsverfahren hinsichtlich Emissionen“
- Einflussfaktoren
 - Fütterungsstrategie
 - Lüftungsverfahren und Flächengestaltung
 - Größe der emissionsrelevanten Fläche
 - Einsatz emissionsmindernder Maßnahmen



Stoffflussmodell – Beispiel Schweinemast

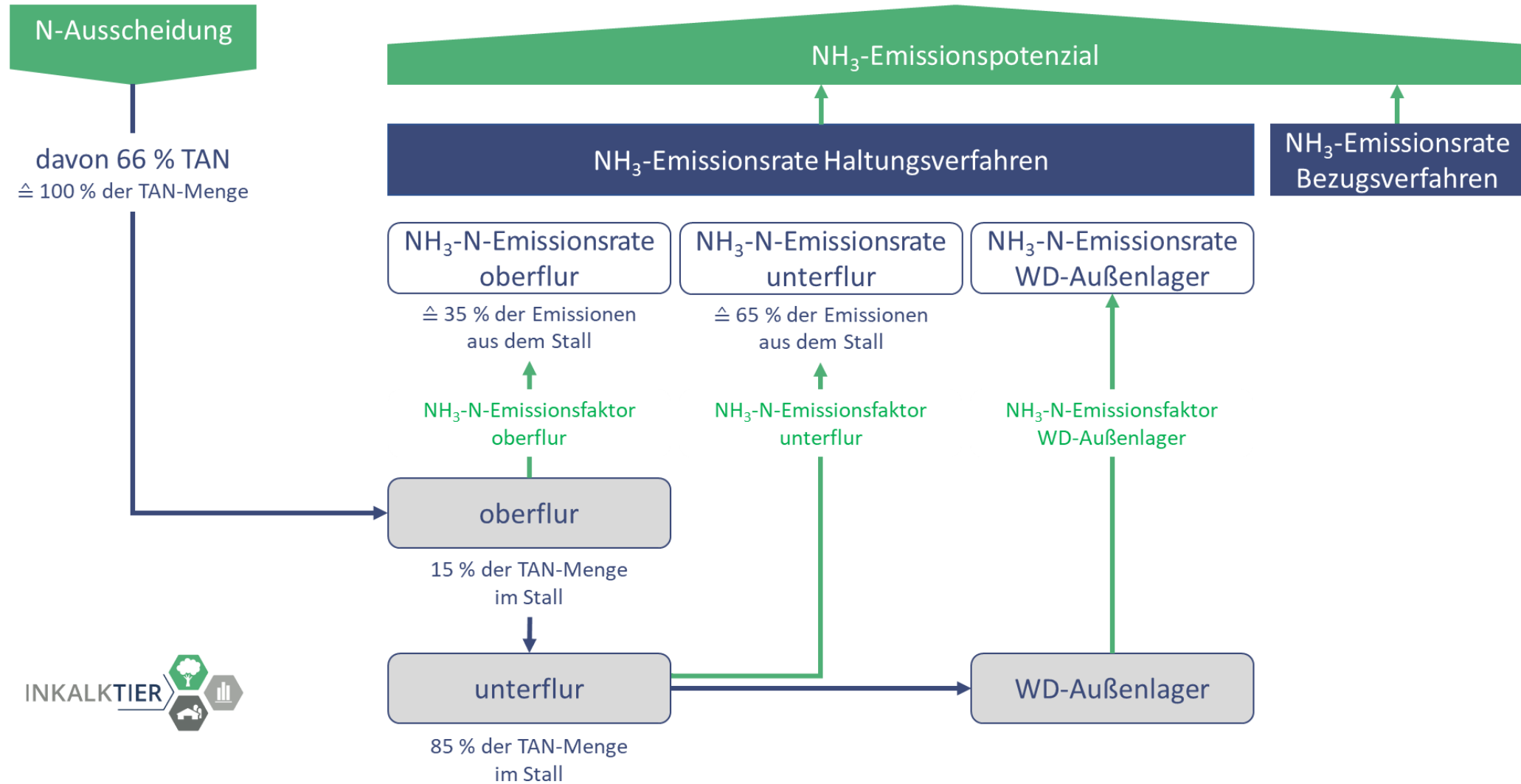


Abb. 1: Stoffflussmodell für Haltungsverfahren der Schweinemast mit perforierten Böden (WD: Wirtschaftsdünger)

Minderungsmöglichkeiten – Schweinemast

Ammoniak

- Einsatz N-reduzierter Fütterungsstrategien
- Flächenangebot
 - Mastschweine legen in Abhängigkeit des Flächenangebots Funktionsbereiche an
 - Ab einer angebotenen Fläche von 1,3 m²/TP beträgt die emissionsrelevante Fläche 0,4 m²/TP (Ocepek und Andersen 2022), wenn perforierte Fläche ≤ 0,4 m²/TP

Tab. 1: Emissionsraten und -faktoren für Stall und Lager in der Produktionsrichtung Schweinemast

Haltungsform	Fütterungsstrategie	Emissionsrate kg NH ₃ -N/(TP · a)	Quelle
Zwangslüftung, perforierter Kot-/ Harnbereich	Universalfutter	2,8	Wolf et al. (2023)
Freie Lüftung, perforierter Kot-/ Harnbereich	N-/P-reduziert	2,0	Wolf et al. (2023)
Freie Lüftung, planbefestigter, eingestreuter Kot-/ Harnbereich	N-/P-reduziert	3,2	Wolf et al. (2023)
Freie Lüftung, Tiefstreu	Universalfutter	3,5	VDI 3894-1 (2011)
Art des Lagers	NH ₃ -N-Emissionsfaktor bezogen auf TAN	Quelle	
Flüssigmistlager, nicht abgedeckt	0,12	Kupper et al. (2020)	
Festmistlager, nicht abgedeckt	0,29	abgeleitet von Sommer et al. (2019)	
Lager für Rottemist aus Tiefstreuverfahren	zu vernachlässigen	Expertenschätzung	

Minderungsmöglichkeiten – Schweinemast

Tab. 2: Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen aus der Schweinemast

Emissionsmindernde Maßnahme		NH ₃ -Minderungspotenzial	Quelle
Abluftreinigung		70 %	TA Luft (2021), KTBL (2023a)
Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung	Einzelmaßnahme im Auslauf	49 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
	kombiniert mit Ureaseinhibitor	64 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
Güllekanalverkleinerung durch geneigte Seitenwände		32 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
Güllekühlung	Schwimmkühlkörper	47 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
	Kühlleitungen	30 %	Verbundvorhanden Emissionsminderung Nutztierhaltung (EmiMin)
Ureaseinhibitor	Zwangslüftung, perforierter Boden	20 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
	Auslauf, perforierter Boden; kombiniert mit Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung	64 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
	Auslauf, planbefestigter Boden	32 %	Hagenkamp-Korth et al. (2023)
Gülle-ansäuerung	Gülleansäuerung im Stall	64 %	VERA (2016)
	Angesäuerte Gülle aus dem Stall im Flüssigmistaußenlager	50 %	Expertenschätzung auf Basis von Overmeyer et al. (2021)
Lagerbehälter-abdeckung	Betonplatte	90 %	Döhler et al. (2002)
	Schwimmfolie, Schwimmkörper	88 %	Döhler et al. (2002), Kupper et al. (2020)
	Zeltdach	89 %	Döhler et al. (2002), Kupper et al. (2020)

Ermittlung eines relativen Geruchsemissionspotenzials mit Hilfe eines flächenbezogenen Ansatzes aus der Schweiz (Steiner et al. 2018)

- Geruchsemissionspotenzial dient dem Verfahrensvergleich mit dem produktionsrichtungsspezifischen Bezugsverfahren
- Nutzung des Geruchsemissionspotenzials zur Prognose von Geruchsstundenhäufigkeiten mit dem Programm AUSTAL entsprechend TA Luft wurde ausgeschlossen
- Basis:
 - Erhebungen der mit der Geruchshäufigkeit gewichteten Geruchsintensität mittels Fahnenbegehungen → statistisch abgesicherter Zusammenhang zwischen dem flächenbezogenen Emissionspotenzial und der vom Abstand abhängigen Immissionswirkung
 - Ergänzend: Haubenmessungen von Einzelquellen
- Identifikation der geruchsrelevanten Flächen und Ableitung von flächen-, tierart- oder verfahrensspezifischen Faktoren



Überblick Bewertungsmethoden – Geruch

- Geruchsrelevante Flächen
 - Flächen im Tierbereich
 - Silagevorlagefläche
 - Futterlagerfläche
 - Wirtschaftsdüngerlagerfläche
 - sonstigen Lagerflächen

- Berücksichtigung der geruchsrelevanten Flächen mit den flächen-, tierart- oder verfahrensspezifischen Faktoren

Tab. 3: Geruchsrelevante Einzelquellen und spezifische Faktoren für den Tierbereich in Schweinemastställen

Geruchsrelevante Fläche	Einzelquellen	Faktoren	
Tierbereich	– Futtertröge und-raufen/Abruffütterung, Automaten	Einraum-Tiefstreuverfahren, ohne weitere Flächen	0,40
	– Bereich mit Tiefstreu/lose eingestreut – Bereich planbefestigt/perforiert – Auslauf planbefestigt/perforiert	Zwangslüftung, Abluftführung über Dach, ohne bzw. mit Auslauf	1,00
	– Deckzentrum, Tierbehandlung – Güllekanäle mit perforierter Abdeckung	freie Lüftung, Abluftführung nicht über Dach, ohne bzw. mit Auslauf	1,20

Minderungsmöglichkeiten – Schweinemast

Geruch

- Flächenangebot je TP gering halten
- Einsatz von Minderungsmaßnahmen
 - Abdeckung Flüssigmistaußenlager
 - nur die Fläche der Entlüftungsöffnungen geruchsrelevant
 - Abluftreinigung
 - kein Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar (Anhang 12 TA Luft) → keine Anrechnung der geruchsrelevanten Fläche für die entsprechenden Anlagenteile

Tab. 4: Spezifische Faktoren für die geruchsrelevanten Flächen in der Schweinemast

Geruchsrelevante Fläche		Faktoren	Quelle
Tierbereich	Einraum-Tiefstreuverfahren, ohne weitere Flächen	0,40	Steiner et al. (2018)
	Zwangslüftung, Abluftführung über Dach, ohne bzw. mit Auslauf	1,00	
	freie Lüftung, Abluftführung nicht über Dach, ohne bzw. mit Auslauf	1,20	
Futterlagerfläche	1,00		
Wirtschaftsdüngerlagerfläche	1,00		
Sonstige Lagerfläche	1,00		

- Wie kann ein emissionsarmer Frischluftstall nach TierHaltKennzG gestaltet werden?
 - [Bewertungsbeispiel mit Unterflurschieber](#)

- Emissionspotenziale für Ammoniak werden mit Hilfe von Stoffflussmodellen bewertet
 - Umsetzung in der Web-Anwendung für die Produktionsrichtungen Milchkuhhaltung und Schweinemast
- Emissionspotenziale für Geruch beruhen auf einem Verfahrensvergleich mittels eines flächenbezogenen Ansatzes
 - Umsetzung in der Web-Anwendung für die Produktionsrichtungen Milchkuhhaltung, Schweinemast und Legehennenhaltung
- Die Bewertungsmethoden sowie die Minderungsmaßnahmen sind ausführlich in der InKalkTier-Infothek beschrieben
- Einsatz von Minderungsmaßnahmen im Stall erfordert Maßnahmeneinsatz im Lager
- Tiergerechte Verfahren bedingen bei entsprechender Gestaltung nicht zwangsläufig ein höheres Emissionspotenzial

Bewertungsmethode für die Tiergerechtheit am Beispiel der Legehennenhaltung



Bewertung Tiergerechtheit

- Basierend auf dem SOWEL Modell (Bracke et al. 2002)
- **Attribute** beschreiben die für die Tiergerechtheit relevanten Eigenschaften eines Haltungsverfahrens, die in unterschiedlicher Ausprägung = **Level** vorhanden sein können (Tränkeform -> Rundtränke, Tränkenippel, Stülptränke)
- Möglichkeit zur Unterscheidung je nach Effekt des Attributs auf die Tiergerechtheit (Notwendigkeit vs. „Luxus“) → **Gewichtung**
- Angabe eines **Tiergerechtheitspotenzials** = ein Dezimalwert zwischen 0 und 1

Ein Beispiel in der Anwendung:
InKalkTier Legehennen



Abb. 2: Berechnung des Tiergerechtheitspotenzials in der Web-Anwendung InKalkTier

Beispiel Material Sitzstangen

Was trägt das Attribut "Material Sitzstange" zum Tiergerechtheitspotenzial bei?

-> es wird das beste Level ("Luxus") und das schlechteste Level (Mindestanforderung) bewertet

-> 12 Bewertungskategorien bewerten den positiven und/oder den negativen Einfluss des besten Levels und des schlechtesten Levels auf das Tiergerechtheitspotenzial.

Gewichtungskategorien und -werte

Tab. 5: Gewichtungskategorien und -werte nach Bracke et al. 2002

Gewichtungs-kategorie	Definition	Gewichtungs-werte
Natürliches Verhalten	Belege für Verhalten unter (semi-)natürlichen Bedingungen, einschließlich Zeitbudgets und Spezies-Spezifität dieses Verhaltens.	+1 / +2 / +3
Präferenz	Hinweise auf Präferenzen (z. B. Erkenntnisse aus Präferenztests), die in der gegebenen Haltungsumgebung gezeigt werden.	+1 / +2 / +3
Bedarf	Belege dafür, dass Tiere sich anstrengen, um eine Ressource zu erhalten.	+1 / +3 / +5
Schmerz	Anzeichen von Schmerzen, einschließlich Lahmheit und Hautläsionen, die z. B. durch Aggression entstanden sind.	-1 / -3 / -5
Krankheit	Anzeichen von Gesundheitsproblemen, einschließlich erhöhter Sterblichkeit, jedoch ohne Lahmheit, Hautläsionen und spezifische Überlebensaspekte.	-1 / -3 / -5
Überleben	Belege für eine verringerte Überlebensrate aufgrund physiologischer Erfordernisse (mit Ausnahme spezifischer Gesundheitsprobleme), z. B. Langlebigkeit, Nahrungs- oder Wasserentzug und schlechtes Klima.	-1 / -3 / -5
Fitness	Hinweise auf eine verminderte Fitness (die wahrscheinlich auf einen negativen Affekt hinweist), einschließlich (Re-)Produktionseffekten, aber ohne spezifische Überlebensaspekte im Zusammenhang mit physiologischen Notwendigkeiten, Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA) und Krankheit.	-1 / -2 / -3
HPA	Hinweise auf eine Aktivierung der HPA-Achse, die auf einen Stresszustand hinweist.	-1 / -3 / -5
SAM	Anzeichen für eine Aktivierung des sympathoadrenomedullären Systems (SAM), die auf einen negativen Affekt hinweist, z. B. erhöhte Herzfrequenz und (Nor-)Adrenalinpiegel.	-1 / -2 / -3
Aggression	Anzeichen von erhöhter Aggression, ausgenommen Hautverletzungen (vgl. Gewichtungskategorie „Schmerz“).	-1 / -2 / -3
Abnormales Verhalten	Anzeichen für gestörtes Verhalten, wie orale Stereotypen, Apathie und gestörtes Sexualverhalten.	-1 / -2 / -3
Frustration und Vermeidung	Anzeichen von blockiertem Verhalten oder Deprivation, einschließlich der Bereitschaft zu arbeiten, um eine Behandlung zu vermeiden.	-1 / -2 / -3

Berechnung des Gewichtungsfaktors

Beispiel Material Sitzstangen

Schlechtestes Level: Metall

Bewertung:

- Schmerz - 3

Bestes Level: Holz oder Gummibelag

Bewertung:

- Präferenz + 2
- Natürliches Verhalten + 2



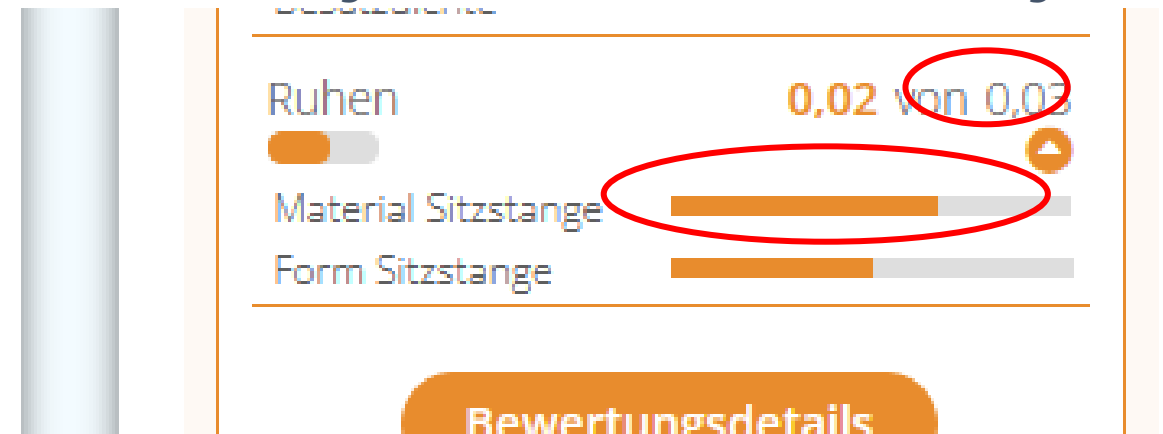
Gewichtungsfaktor

$$\text{Gewichtung} = \text{Level}_{\text{best}} - \text{Level}_{\text{worst}}$$

Das Attribut Material Sitzstange trägt mit einer Spanne von 7 Punkten zum Tiergerechtheitspotenzial bei.

$$-3 - (2 + 2) = 7$$

Abb. 3: Beitrag des Attributs Material Sitzstange



Berechnung des Levelscore

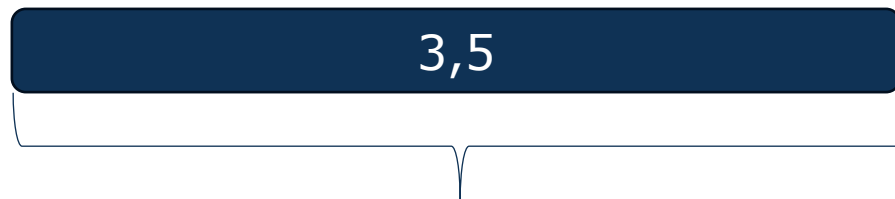
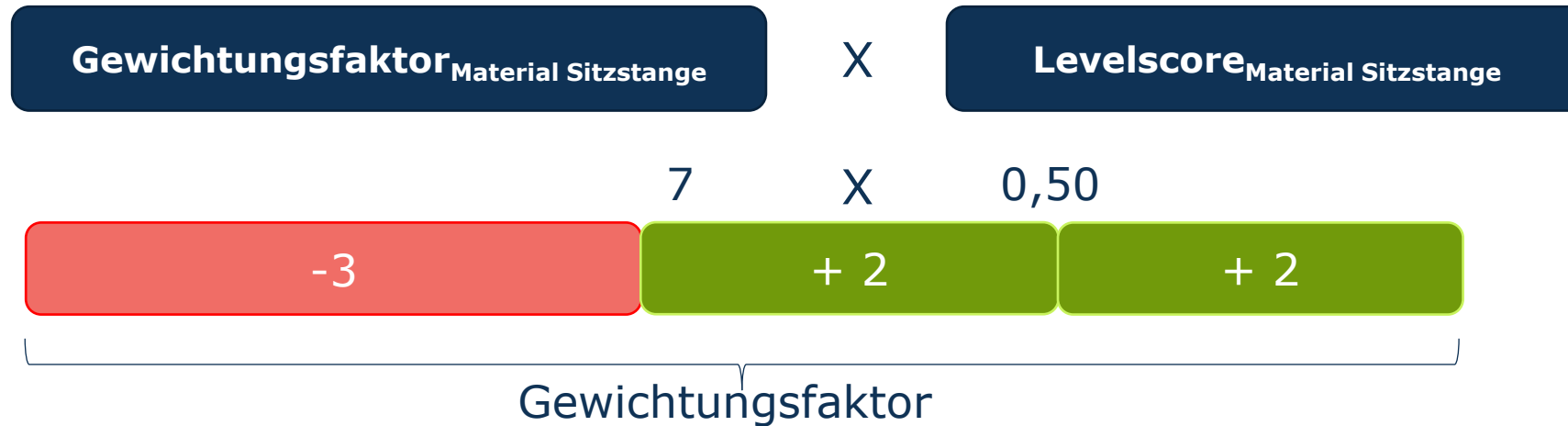
- Die Attribute werden anhand ihrer Level (Ausprägung) in Bezug auf die Tiergerechtheit in ein Ranking gebracht
- Anhand des Rankings und der Levelanzahl berechnet sich der Levelscore

$$\text{Levelscore}_A = \frac{\text{Level}_{\max} - \text{Level}_{\text{HV}}}{\text{Level}_{\max} - \text{Level}_{\min}}$$

Tab. 6: Berechnung des Levelscores für das Tiergerechtheitspotenzial

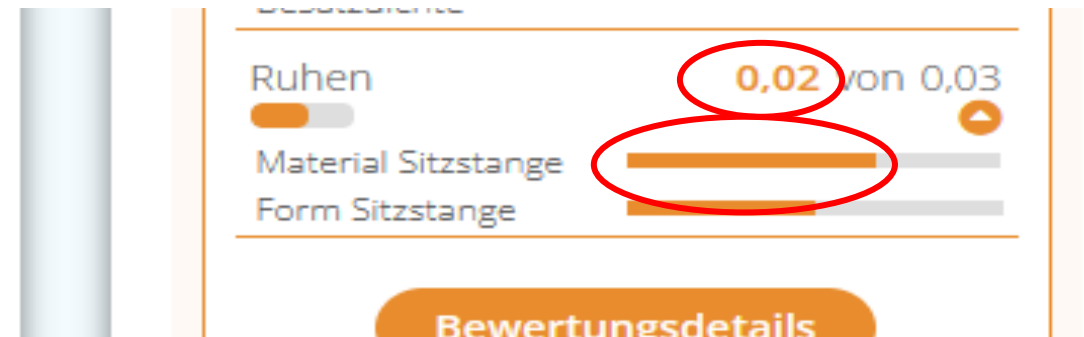
Ruhen		
ATTRIBUT	LEVELSCORE	AUSPRÄGUNG
Material Sitzstange [GF: 0,02]	1,00	Holz ODER Gummibelag
	0,50	Kunststoff
	0	Metall

Bewertung Tiergerechtheit



"Kunststoffsitzstangen" tragen mit 3,5 von möglichen 7 Punkten zum Tiergerechtheitspotenzial bei.

Abb. 4: Bewertung der im Haltungsverfahren verwendeten Sitzstange



Bewertung Tiergerechtheit

- Innerhalb eines Funktionskreises werden die Attribute gewichtet und das im Haltungsverfahren beinhaltete Level trägt zur Bewertung bei
- Durch die Gewichtung der Attribute ergibt sich eine Gewichtung des Funktionskreises
- Die Summe der normierten Gewichtungen = 1
-> Maximales Potenzial der Tiergerechtheit



Abb. 5: Bewertungspanel des Tiergerechtheitspotenzial

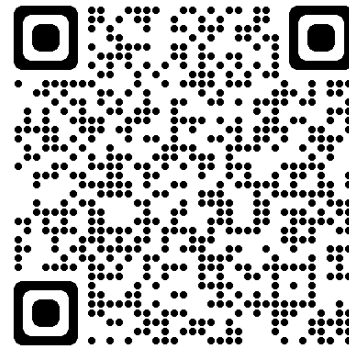
- Im Rahmen des Projektes InKalkTier wurden Bewertungsmethoden entwickelt für die Potenziale von
 - Tiergerechtheit: semantisches Bewertungsmodell
 - Ammoniakemissionen: Stoffflussmodelle
 - Geruchsemissionen: Vergleich mittels eines flächenbezogenen Ansatzes
- In der Web-Anwendung InKalkTier werden vordefinierte Haltungsverfahren bewertet, Änderungen an den Verfahren sind in einem fachlich sinnvollen Rahmen möglich und die Verfahren können miteinander verglichen werden
- Die Bewertungsmethoden sowie die Minderungsmaßnahmen sind ausführlich in der InKalkTier-Infothek beschrieben

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Lisa Brucker
Franziska Christ
Sarah Kimmich
Anna Rauen
Monika Krause
Brigitte Eurich-Menden
Ewald Grimm
Dieter Horlacher
Sebastian Wulf
Karsten Kühnbach
Wilfried Hartmann

Bastiaan Harmsen
Claudia Müller
Kristoffer Schneider
Carole Urvoy



www.ktbl.inkaltier.de

Janine Benthin
Karen Kauselmann
Tobias Krause
Margret Vonholdt-Wenker



Marc Bracke

Besten Dank den KTBL-Arbeitsgruppen „Bewertung von Haltungsverfahren hinsichtlich Tiergerechtheit“ und „Bewertung von Haltungsverfahren hinsichtlich Emissionen“

- Bracke, M. B. M.; Spruijt, B. M.; Metz, J. H. M.; Schouten, W. G. P. (2002): Decision support system for overall welfare assessment in pregnant sows A: Model structure and weighting procedure. In: Journal of Animal Sciences 80, S. 1.819-1.834, <https://doi.org/10.2527/2002.8071819x>
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG, Band 199. Frankfurt am Main, DLG-Verlag
- Döhler, H.; Eurich-Menden, B.; Dämmgen, U.; Osterburg, B.; Lüttich, M.; Bergschmidt, A.; Berg, W.; Brunsch, R. (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 256/02. Texte 05/02.Umweltbundesamt, Berlin
- Hagenkamp-Korth, F.; Dehler, G.; Eurich-Menden, B.; Gallmann, E.; Grimm, E.; Hartung, E.; Horlacher, D.; Rößner, A.; Schulte, H.; Smirnov, A.; Wagner, K.; Wolf, U.; Wokel, L. (2023): Ammoniak- und Treibhausgasemissionen der Nutztierhaltung und Minderung – Schweinehaltung. Vortrag, Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern, 10./11. Oktober 2023, Bonn, https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tagungen_2023/Emissionen_Nutztierhaltung/Vortraege/Hagenkamp-Korth.pdf, Zugriff am 24.11.23
- KTBL (2023a): Abluftreinigung für Schweinehaltungsanlagen. Verfahren – Leistungen – Kosten. KTBL-Schrift 11533, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.

- Kupper, T. (2017): Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als Massnahme zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Schweiz - Aktueller Stand. Bericht erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern
- Kupper, T.; Häni, C.; Neftel, A.; Kincaid, C.; Bühler, M.; Amon, B.; VanderZaag, A. (2020): Ammonia and greenhouse gas emissions from slurrystorage - A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 300, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106963>
- Ocepek, M.; Andersen, I. L. (2022): The Effects of Pen Size and Design, Bedding, Rooting Material and Ambient Factors on Pen and Pig Cleanliness and Air Quality in Fattening Pig Houses. Animals 12(12), p. 1580, <https://doi.org/10.3390/ani12121580>
- Overmeyer, V.; Kube, A.; Clemens, J.; Büscher, W.; Trimborn, M. (2021): One-Time Acidification of Slurry: What Is the Most Effective Acid and Treatment Strategy?. Agronomy 11(7), <https://doi.org/10.3390/agronomy11071319>
- Sommer, S. G.; Webb, J.; Hutchings, N. D. (2019): New Emission Factors for Calculation of Ammonia Volatilization From European Livestock Manure Management Systems. Frontiers in Sustainable Food Systems 3(101), <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00101>

- Steiner, B.; Keck, M.; Frei, M. (2018): Grundlagen zu Geruch und dessen Ausbreitung für die Bestimmung von Abständen bei Tierhaltungsanlagen. Agroscope Science 59, S. 1-44, <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/37582>
- TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021
- VDI 3894-1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. VDI-Richtlinie 3894 Blatt 1: 2011-09, Berlin, Beuth Verlag GmbH
- VERA (2016): VERA Verifizierungsurkunde für Gülleansäuerungssystem JH Forsuring NH₄⁺. VERA Verifizierung Nr. 006. <https://www.vera-verification.eu/vera-verification/>, Zugriff am 31.08.23
- Wolf, U.; Eurich-Menden, B.; Dehler, G.; Smirnov, A.; Horlacher, D. (2023): Wie beeinflusst Auslaufhaltung die Ammoniakemissionen aus Mastschweineeställen? LANDTECHNIK 78(3), <https://doi.org/10.15150/lt.2023.3292>

Franziska Christ

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e. V.

Team Energie, Emissionen und Klimaschutz

E-Mail: f.christ@ktbl.de

Telefon: 06151 7001-190

Sarah Kimmich

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Institut für angewandte Agrarforschung

E-Mail: sarah.kimmich@hfwu.de