

Untersuchung des Einsatzes von akustischer Überwachung in einem Assistenzsystem für die Schweinehaltung

Katharina E. Bollmann¹, Thies J. Nicolaisen^{2,*}, Michael Ganster¹, Simon Herter¹, Isabel Hennig-Pauka², Sarah C.L. Fischer^{1,*}

¹ Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, 66123 Saarbrücken,
E-Mail: sarah.fischer@izfp.fraunhofer.de

² Außenstelle für Epidemiologie (Bakum), Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, 30559 Hannover,
E-Mail: thies.jesper.nicolaisen@tiho-hannover.de

Einleitung

Neue sensorbasierte Technologien bieten Landwirten die Möglichkeit, nicht nur durch die automatisierte Erfassung potentiell tierwohlgefährdender Situationen schneller reagieren zu können, sondern damit auch einen ökonomischen Vorteil zu haben. Durch die Fusion von Sensoren im Stall soll das Tierverhalten erfasst und in für Landwirte relevante Informationen umgewandelt werden. Im BMEL-geförderten Projekt SmartPigHome soll die Fusion dieser tierbezogenen Daten in ein Assistenzsystem fließen, das potentiell tierwohl- und tiergesundheitsgefährdende Situationen identifiziert und den Landwirt darüber informiert. Lokal im Stall aufgenommene akustische Signale, die sowohl tierische als auch nicht-tierische Geräusche umfassen, bilden die Datengrundlage dafür.

Die Analyse charakteristischer akustischer Signale von Tieren kommt in der Bioakustik beispielsweise zur Bestimmung von Verbreitungsgebieten von Wildtieren zum Einsatz. [1–4] In der Schweinehaltung, als Beispiel der Nutztierhaltung, ist eine weitere Differenzierung verschiedener Laute und Lautfolgen von Interesse, um auf das Tierwohl rückschließen zu können. Das akustische Signal kann dazu auf charakteristische Merkmale des Amplituden- sowie des Frequenzbereichs reduziert werden, die wiederum zur Unterscheidung von Lauten herangezogen werden. [5–7] Zur Entwicklung von Systemen zur automatisierten Erkennung bestimmter Laute werden in der Regel akustische Signale ohne Nebengeräusche verwendet. Für diese akustischen Signale werden einzelne Tiere von ihren Artgenossen akustisch isoliert und ihre Vokalisationen aufgezeichnet. [8–10]

In dieser Publikation werden in Abgrenzung zu den vorher genannten Veröffentlichungen akustische Signale eines Praxisstalls, in dem sich ca. 180 Tiere gleichzeitig aufgehalten haben, untersucht. In einem realen Maststall überlagern sich akustische Signale unterschiedlicher Geräuschquellen. Zu ihnen zählen Vokalisationen, Bewegungs- und Stallbetriebsgeräusche, die unterschiedlich im Stall lokalisiert sein können. Im Stall auftretende Schallreflexion sowie Dämpfung beeinflussen ebenfalls das akustische Signal. Im Projekt SmartPigHome werden die Laute der Schweine von Tierärzten bestimmten Verhaltensmustern zugeordnet. Die einzelnen Lautklassen wie Kontaktlaute, Rangkämpfe, Ressourcenkonflikte, Niesen oder Husten können gruppiert werden. Für den Landwirt sind die Schweinelaute, die auf ein gesundheitsgefährdendes Verhalten hinweisen, von höchster Relevanz.

In dieser Veröffentlichung werden die Herausforderungen der Aufnahme und Annotierung der akustischen Signale beleuchtet und abschließend ein Ausblick hinsichtlich der automatisierten akustischen Überwachung gegeben.

Aufnahmetechnik

Zur Aufzeichnung der akustischen Signale des Schweinestalls wurden vier omnidirektionale Mikrofone (ECM 8000, Behringer) mit einer Aufnahmerate von 48 kHz sowie das Audio-Interface U-Phoria (UMC404HD, Behringer) als Hardware verwendet. Alle Mikrofone sind in zwei Metern Höhe über 2x3 Buchten nach unten ausgerichtet angebracht. Mikrofone 2-4 sind in einem gleichschenkligen Dreieck (Katheten 7,5 m und Hypotenuse 8,5 m) um Mikrofon 1, das über den mittleren Buchten hängt, angeordnet.

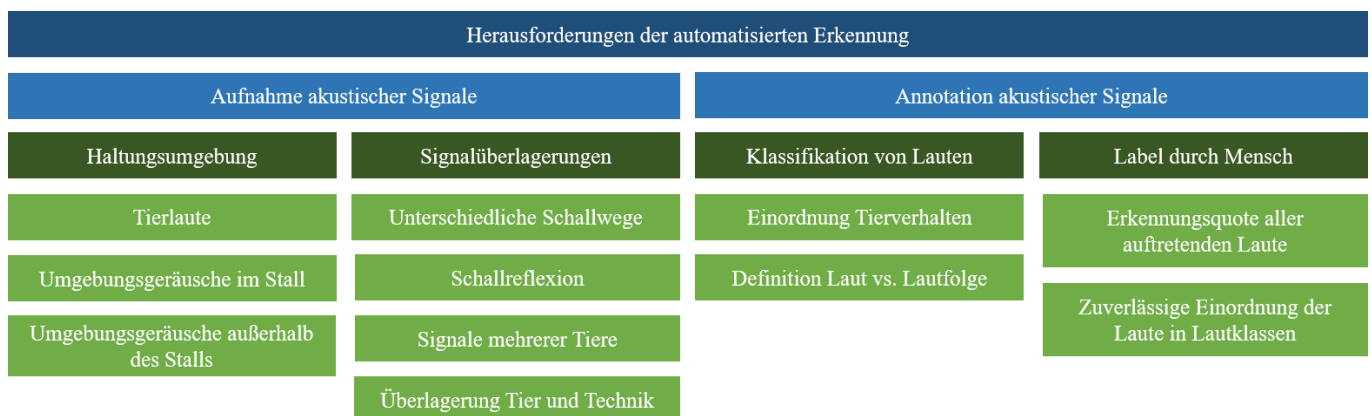


Abbildung 1: Herausforderungen der automatisierten Erkennung von Schweinelauten.

Herausforderungen der automatisierten Erkennung von Schweinelauten

Eine automatisierte Erkennung von Schweinelauten erfordert die Auseinandersetzung mit der Aufnahme sowie der Annotation der aufgenommenen akustischen Signale. Die zu berücksichtigenden Herausforderungen beider Bereiche werden im Folgenden separat erläutert (Abbildung 1).

Herausforderungen der Aufnahme

Bei der Aufnahme der akustischen Signale muss berücksichtigt werden, dass abhängig von der Haltungsumgebung in einem Stall verschiedene Geräuschquellen existieren. Neben den Tierlauten treten Umgebungsgeräusche auf, die sowohl innerhalb als auch außerhalb des Stalls erzeugt werden. Dazu zählen technische Geräusche (z.B. Fütterungsautomat, Traktor) sowie Geräusche, die durch die Interaktion der Schweine mit ihrer Umgebung (z.B. Spielzeug, Buchtenbegrenzung) entstehen.

Alle auftretenden Geräusche überlagern sich zu einem Gesamtsignal. Mit Ausnahme einiger technischer Geräuschquellen sind sowohl die tierischen als auch die Umgebungsgeräusche aufgrund der Ortsflexibilität ihrer Erzeuger nicht lokalisiert. Schallreflexion an Oberflächen und die räumliche Unschärfe der Emissionsquellen beeinflussen hierbei die Interpretierbarkeit der Signale.

Herausforderungen der Annotation

Für eine automatisierte Erkennung von Schweinelauten ist eine systematische, annotierte Datenbasis erforderlich. Die Festlegung der Kategorien und die jeweilige Anzahl der beobachteten Laute bestimmen die Ergebnisse der automatisierten Auswertung. Für die Einteilung der akustischen Vokalisation gibt es in der Literatur keine einheitliche Vorgehensweise. Die Kategorisierung der Laute kann sich beispielsweise am Verhalten oder an der Situation orientieren. Hierbei ist zu beachten, dass verschiedene Verhaltensweisen zu ähnlichen Lauten führen können, insbesondere bei agonistischen Verhaltensweisen. Darüber hinaus existieren keine Richtlinien bezüglich der Abgrenzung einzelner Laute und Lautfolgen.

Neben der Festlegung von Konventionen muss ein menschlicher Beobachter anschließend die verschiedenen

Laute in einem kontinuierlichen Signal erkennen und diese ihren Kategorien zuordnen. Bei Aufnahmen im realen Stall, in dem keine Situationen provoziert werden, ist die Erkennungsquote und die Zuverlässigkeit der Annotation abhängig von der Erfahrung und Aufmerksamkeit des Beobachters.

Praktische Beispiele für akustische Daten

Im folgenden Abschnitt werden anhand von verschiedenen praktischen Beispielen die Herausforderungen erläutert.

Herausforderungen der Aufnahme

Abbildung 2 zeigt ein akustisches Signal von Mikrofon 1 aus dem Praxisstall. Im Ausschnitt treten innerhalb von ca. sechs Sekunden mindestens neun akustisch trennbare Geräusche auf, die vier Kategorien zugeordnet werden können:

- Niesen eines Schweins
- Kurze Schweinelaute
- Langer Schweinelaut (Grummeln)
- Laute Umgebungsgeräusche

Es liegen tierische und nicht tierische Laute vor, die zum Teil dicht aufeinander folgen oder sich überlagern. Die Schweinelaute weisen in diesem Beispiel eine niedrigere Amplitude als die durch die Bewegung der Schweine verursachten Geräusche auf. Eine Trennung anhand der Amplitude ist folglich nicht möglich. Die einzelnen Geräuschquellen können darüber hinaus nicht lokalisiert werden.

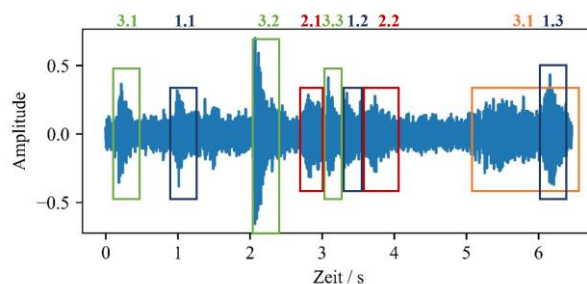


Abbildung 2: Ausschnitt eines akustischen Signals mit verschiedenen Geräuscharten: 1. Niesen (blau), 2. Kurzer Schweinelaut (rot), 3. Langer Schweinelaut (orange), 4. Laute Umgebungsgeräusche (grün). (Mikrofon 1)

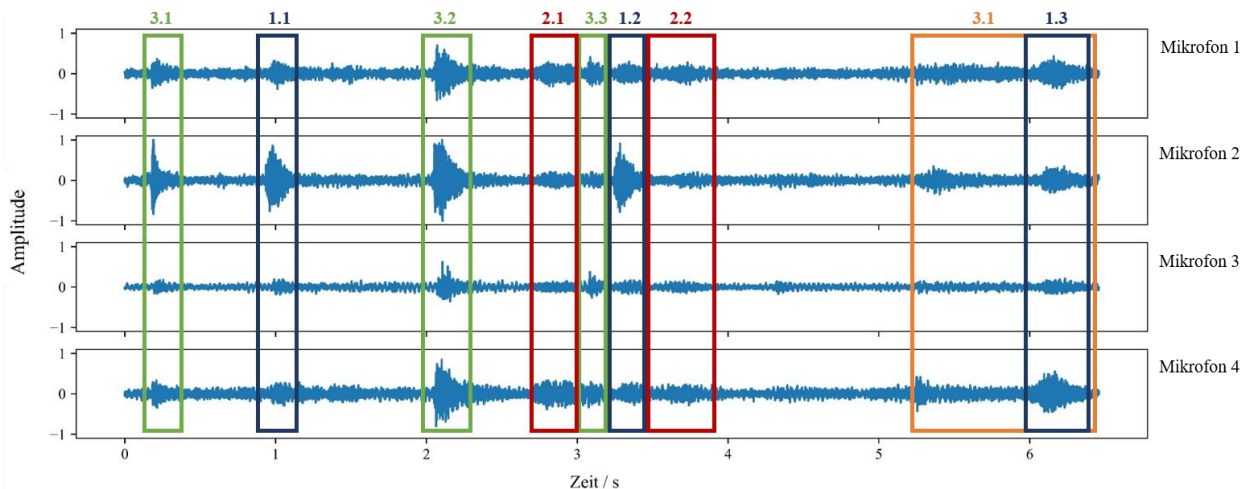


Abbildung 3: Ausschnitt eines akustischen Signals mit verschiedenen Geräuscharten, das synchron mit vier Mikrofonen aufgenommen wurde: 1. Niesen (blau), 2. Kurzer Schweinelaut (rot), 3. Langer Schweinelaut (orange), 4. Laute Umgebungsgeräusche (grün)

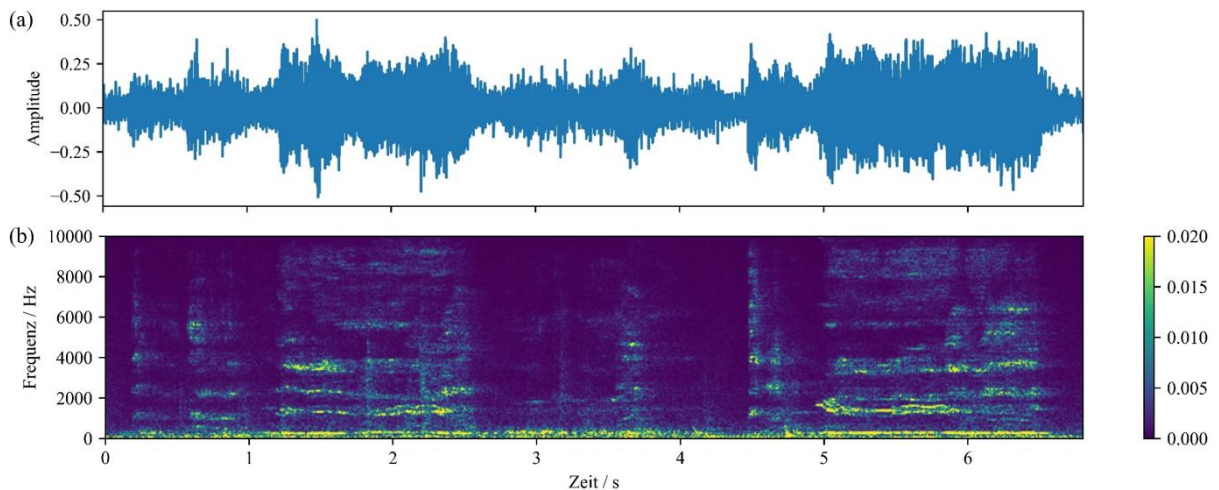


Abbildung 4: Akustische Schweinevokalisationen. (a) Zeitsignal sowie (b) Spektrogramm eines akustischen Signals mit Schweinevokalsation(en).

In **Abbildung 3** sind, zusätzlich zum akustischen Signal aus **Abbildung 2**, drei zeitsynchron aufgenommene akustische Signale (Mikrofone 2-4) aus dem Stall abgebildet, um den Einfluss der Lokalisierung der Mikrofone auf die akustischen Signale zu veranschaulichen. Die Amplituden eines Geräuschs sind nicht bei allen Mikrofonen gleich ausgeprägt. Beispielsweise ist das Geräusch 3.2 im Zeitsignal in allen Aufnahmen vom Rauschen zu unterscheiden, wohingegen das bei Geräusch 2.1 nur bei Mikrofon 1 und 4 sicher möglich ist. Da alle Mikrofone eine vergleichbare Verstärkung aufweisen, kann die Geräuschquelle mutmaßlich in der Nähe zu Mikrofon 1 und 4 lokalisiert werden.

Herausforderungen der Annotation

Für die Entwicklung von Auswertelgorithmen zur automatisierten Erkennung von Verhaltensweisen von Tieren anhand akustischer Signale ist eine systematische Datenbasis von Schweinelauten erforderlich, die mit tiermedizinischer Fachexpertise erstellt wird.

Eine Herausforderung stellt die Definition eines Lauts in Abgrenzung zu einer Lautfolge dar, sowohl für den Betrachter als auch für ein späteres Assistenzsystem. In **Abbildung 4a** ist ein ca. 7 s langes akustische Signal von Schweinelauten dargestellt. Auf Basis des Zeitsignals lassen sich einzelne Laute nicht klar voneinander unterscheiden. Mittels des Spektrogramms in **Abbildung 4b** können zusammengehörige Lautabschnitte ausgemacht werden. Anhand der vorliegenden Signale kann eine Abgrenzung einzelner Laute nicht vorgenommen werden, weil sich beispielsweise die Vokalisationen mehrerer Tiere überlagern.

Diese Aufnahme verdeutlicht damit eine Herausforderung bei der Annotierung der Daten, da aus den akustischen Daten weder die Anzahl der vokalisierenden Tiere noch eine Zuordnung der einzelnen Tiere zu ihren Vokalisationen sicher erfolgen kann. Durch die visuelle Beobachtung im Stall oder durch den Einsatz optischer Sensoren könnten die Positionen der Geräuschquellen präziser ermittelt werden. In Situationen hoher Vokalisationsdichte und bei sehr kurzen Lauten wird diese Herangehensweise nur eingeschränkt unterstützt.

Automatisierte akustische Überwachung

Die Randbedingungen in einem konventionellen Maststall stellen viele Herausforderungen an die automatisierte Erkennung bestimmter Geräusche und die Entwicklung von Assistenzsystemen dar. Eine Betrachtung der akustischen Signale in einer Kombination von Zeit- sowie Frequenzinformationen ist für die Praxis zwingend notwendig. Für die Klassifizierung können entweder gesamte Zeitreihen oder extrahierte charakteristische Merkmale des Zeit- und des Frequenzbereichs genutzt werden. In zukünftigen Forschungsarbeiten muss hierbei geklärt werden, welche Herangehensweise unter realen Stallbedingungen die zuverlässigsten Ergebnisse im Sinne eines Assistenzsystems liefert.

Da für den Landwirt das größte Interesse darin besteht, tierwohlgefährdende Situationen automatisiert zu erkennen, müssen nicht zwingend alle aufgeführten Herausforderungen gelöst sein. Insbesondere die Erkennung spezifischer Laute ist für die Praxis zweitrangig. Zentral für Assistenzsysteme im Schweinestall ist die Verknüpfung technischer und tiermedizinischer Expertise, um zu erforschen, anhand welcher akustischen Kriterien tierwohlgefährdende Situationen robust im Stall detektiert werden können und welche Anzahl und Art dieser Situationen ein Eingreifen durch den Landwirt erfordert.

Danksagung

Diese Arbeit wurde finanziert durch das Projekt SmartPigHome (Förderkennzeichen 28N-2-029-04) im Rahmen des Bundesprogramms Nutztierhaltung der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.

Literatur

- [1] I. Herman, L. Impett, P. K. A. Wollner, A. F. Blackwell, in *Foundations of Augmented Cognition* (Eds: D. D. Schmorow, C. M. Fidopiastis), p. 437–448. Springer International Publishing. Cham **2015**.
- [2] Rory Gibb, Ella Browning, Paul Glover-Kapfer, Kate E. Jones, Luca Börger, *Methods in Ecology and Evolution* **2018**, *10*, 169.
- [3] Johan Bjorck, Brendan H. Rappazzo, Di Chen, Richard Bernstein, Peter H. Wrege, Carla P. Gomes, *Automatic Detection and Compression for Passive Acoustic Monitoring of the African Forest Elephant* **2019**.
- [4] Len Thomas, Armando Jaramillo-Legorreta, Gustavo Cardenas-Hinojosa, Edwyna Nieto-Garcia, Lorenzo Rojas-Bracho, Jay M. Ver Hoef, Jeffrey Moore, Barbara Taylor, Jay Barlow, Nicholas Tregenza, *The Journal of the Acoustical Society of America* **2017**, *142*, EL512-EL517.
- [5] L. SCHRADER, K. Hammerschmidt, *Bioacoustics* **1997**, *7*, 247.
- [6] Peter-Christian Schön, Birger Puppe, Tatjana Gromyko and Gerhard, *Behaviour* **1999**, 49.
- [7] G. Marx, T. Horn, J. Thielebein, B. Knubel, E. von Borell, *Journal of Sound and Vibration* **2003**, *266*, 687.
- [8] C. Tallet, P. Linhart, R. Policht, K. Hammerschmidt, P. Šimeček, P. Kratinova, M. Špinka, *PloS one* **2013**, *8*, e71841.
- [9] E. F. Briefer, C. C.-R. Sypherd, P. Linhart, L. M. C. Leliveld, M. La Padilla de Torre, E. R. Read, C. Guérin, V. Deiss, C. Monestier, J. H. Rasmussen, M. Špinka, S. Döpjan, A. Boissy, A. M. Janczak, E. Hillmann, C. Tallet, *Scientific reports* **2022**, *12*, 3409.
- [10] E. F. Briefer, E. Vizier, L. Gyax, E. Hillmann, *The Journal of the Acoustical Society of America* **2019**, *145*, 2895.