

Schlussbericht zum Projekt

OptiBarn – Optimierte tierspezifische Stallklimatisierung vor dem Hintergrund des Temperaturanstiegs und der erhöhten Klimavariabilität

Zuwendungsempfänger: Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	Förderkennzeichen: 315-06.01-2814ERA03C
Vorhabenbezeichnung: Optimierte tierspezifische Stallklimatisierung vor dem Hintergrund des Temperaturanstiegs und der erhöhten Klimavariabilität (OptiBarn)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2014 - 31.11.2017	
Berichtszeitraum: 01.12.2014 - 31.11.2017	

Antragsteller: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
Dr. rer. nat. Christoph Menz
Telegraphenberg A 31
14473 Potsdam

Projektkoordination: Dr. rer. nat. Sabrina Hempel
Tel.: 0331/5699-518
Mail: SHempel@atb-potsdam.de
Priv.-Doz. Dr. Barbara Amon
Tel.: 0331/5699-243
Mail: bamon@atb-potsdam.de
Prof. Dr. agr. habil. Thomas Amon
Tel.: 0331/5699-510
Mail: tamon@atb-potsdam.de

1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, auch zwecks Evaluierung von Förderprogrammen.

Das OptiBarn Projekt wurde im Rahmen der Bekanntmachung FACCE ERA-Net Plus zu „Climate Smart Agriculture“ durchgeführt. Als Teil des FACCE-JPI Schwerpunktthemas „Adaptation to Climate Change“ bestand das Ziel darin, innovative Anpassungsstrategien für den antizipierten Klimawandel in der Landwirtschaft zu entwickeln. Konkretes Ziel des OptiBarn Projektes war die Entwicklung von regionsspezifischen und nachhaltigen Anpassungsmethoden für die Bewirtschaftung von Milchkühen in frei belüfteten Ställen (fbS) unter Wirkung des Klimawandels. Aufgrund des geringen Anpassungspotentials von fbS an die äußeren Wetterbedingungen, sind diese im besonderen Maße anfällig für Veränderungen im Zuge des antizipierten Klimawandels, insbesondere Veränderungen in der Häufigkeit und Intensität von Hitzeextremen. Hitzeereignisse spiegeln sich direkt in den klimatischen Bedingungen innerhalb des Stalls wieder und können zu Hitzestress bei Milchkühen führen. In der Folge kommt es zu einer Reduktion der Milchproduktion und damit zu einer verringerten Produktivität des landwirtschaftlichen Nutztierbetriebes. Im Rahmen des Förderprogramms sollten solche negativen Effekte des Klimawandels auf die Landwirtschaft in Europa untersucht und durch nachhaltige Anpassungsmaßnahmen verhindert oder abgeschwächt werden. Durch eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe gegenüber Wetterextremen und dem Klimawandel sollte eine nachhaltige Verbesserung und Sicherung der Nahrungsversorgung in der Zukunft sichergestellt werden. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit der Reduktion von Treibhausgasemissionen durch geeignete Maßnahmen untersucht werden.

Im OptiBarn Projekt wurde ein holistischer Ansatz verfolgt. Mit Hilfe von numerischen und physikalischen Simulationen wurde der Einfluss des Klimawandels regionsspezifisch bestimmt, verschiedene Anpassungsstrategien im Bereich Management, Stallkonzeption und Ventilation vorgeschlagen und deren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des landwirtschaftlichen Betriebs und das Tierwohl abgeschätzt. Durch eine Reihe von Messungen konnte zudem der Aspekt des Tierwohls detaillierter erfasst und die tierspezifische Ausprägung von Hitzestress näher untersucht werden. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit untersucht, durch eine Verbesserung des Tierwohls und geeignete Ventilation die Treibhausgasemission in der Milchproduktion zu verringern. Für die Durchführung des Projektes wurde ein multinationales Konsortium bestehend aus:

- Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB, Deutschland),
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK, Deutschland),
- Agricultural Research Organization of Israel – Volcani Centre (ARO, Israel),

- Universität Aarhus (AU, Dänemark),
- Basque Centre for Climate Change (BC3, Spanien),
- Universitat Politècnica de València (UPV, Spanien) und
- National Centre for Engineering in Agriculture, University of Southern Queensland (NCEA, Australien),
gebildet.

2. **Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Vorhabens im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen.**

- Beschaffung, Aufbereitung und Auswertung von zeitlich hoch aufgelösten Beobachtungszeitreihen für die verschiedenen Fokusregionen (**Arbeitspaket 1**).
Aus dem Datenarchiv des NOAA/NCDC (Spanien und Israel) sowie dem Archiv des DWD (Deutschland) wurden Beobachtungszeitreihen von klimatischen Messstationen entnommen. In einem Umkreis von maximal 150km wurden Stationen mit stündlicher oder sub-stündlicher zeitlicher Auflösung für die wesentlichen Variablen (Temperatur, relative Feuchte, Wind, Luftdruck, Bewölkung, Globalstrahlung) ausgewählt. Zur Auffüllung von Lücken in den Zeitreihen wurde ein kombiniertes Verfahren aus räumlichen und zeitlichen Analoga sowie einer linearen Interpolation entwickelt. Ziel dieser Aufbereitung waren fehlerbereinigte und vervollständigte Beobachtungszeitreihen in stündlicher Auflösung für die vier Referenzställe über möglichst lange Zeiträume. Diese wurden anschließend hinsichtlich der regionalen klimatischen Besonderheiten (insbesondere in Bezug auf extreme Hitze- oder Feuchteereignisse) und des beobachteten Klimawandels ausgewertet. Für den Zeitraum von 1976 bis 2016 konnte in den Fokusregionen ein Temperaturanstieg zwischen 1°C und 2°C beobachtet werden. Der stärkste Anstieg fand sich für die Fokusregion Israel (Beit Dagan). Der schwächste Anstieg von 1°C über dem Beobachtungszeitraum fand sich für die Fokusregion Spanien (Bétera). In Bezug auf das Änderungssignal der relativen Feuchte fand sich für die Fokusregion Deutschland (Dummerstorf und Groß Kreutz) trotz Temperaturanstieg kein statistisch Signifikantes Änderungssignal. Für die Israel und Spanien wurde hingegen ein Rückgang von bis zu 7% beobachtet. Die aufbereiteten Beobachtungsdaten wurden den übrigen Verbundpartnern über die projekteigene ownCloud sowie den Webservice des PIK zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden die Zeitreihen zur Kalibrierung der statistischen Stalklimamodelle verwendet.

- Beschaffung, Aufbereitung und Auswertung von 12 räumlich hoch aufgelösten regionalen Klimamodellrechnungen (**Arbeitspaket 1**).

Für die Bestimmung des antizipierten regionsspezifischen Klimawandels dienten Projektionen von räumlich hoch aufgelösten regionalen Klimamodellen. Hier konnte auf Rechnungen des ReKliEs-De Projektes (<http://reklies.hlnug.de>) sowie der EURO-CORDEX Gemeinschaft (<http://www.euro-cordex.net>) zurückgegriffen werden. Die Rechnungen entsprachen alle den CORDEX-EUR11 Vorgaben (siehe <http://cordex.org>) und lagen als Tageswerte in einer räumlichen Auflösung von 12km vor. Die regionalen Klimasimulationen durch das Modell CCLM, welche im Projekt begonnen wurden, wurden zugunsten dieses größeren Ensembles und der daraus resultierenden umfassenderen Unsicherheitsanalyse eingestellt. Das Ensemble umfasste 5 Regionalmodelle, welche von 5 verschiedenen Globalmodellen angetrieben wurden. Durch verschiedene Kombinationen von Regionalmodell und Globalmodell ergaben sich insgesamt 12 Simulationen. Um verschiedene sozioökonomische Entwicklungspfade zu repräsentieren wurden Projektionen der Treibhausgaskonzentrationsszenarien RCP4.5 und RCP8.5 ausgewählt. Aus den simulierten Modellfeldern wurde Zeitreihen für die jeweiligen klimatischen Beobachtungsstationen in jeder Fokusregion extrahiert. Mit Hilfe der historischen Läufe der Modelle wurde eine Bias-Adjustierung durchgeführt. Hierbei fand auch eine neue Methodik für eine bivariate Bias-Adjustierung der Windfelder Anwendung. Die Projektionen wurden anschließend hinsichtlich der antizipierten Klimaänderungssignale untersucht eine Unsicherheitsanalyse im Hinblick auf die Modellunsicherheit und den sozioökonomischen Entwicklungspfad durchgeführt. Die Modelle simulierten einen Temperaturanstieg zwischen 2°C und 6°C unter dem RCP8.5 Szenario (2071–2100 gegenüber 1971–2000). Die Fokusregionen in Spanien und Israel zeigten dabei leicht höhere Änderungssignale gegenüber den Fokusregionen in Deutschland. Für die relative Feuchte konnte kein statistisch signifikantes Änderungssignal festgestellt werden. Es zeigte sich jedoch eine Tendenz zum Anstieg der relativen Feuchte in Deutschland und ein Rückgang in den Fokusregionen Spanien und Israel. Die aufbereiteten Klimasimulationen wurden den übrigen Verbundpartnern über den Webservice des PIK zur Verfügung gestellt.

- Weiterentwicklung des statistischen regionalen Klimamodells STARS (**Arbeitspaket 1**).

Zu Beginn des Projektes wurde die Anwendbarkeit des statistischen regionalen Klimamodells STARS zur Erstellung von Klimaprojektionen in den Fokusregionen geprüft. Im Rahmen der Prüfung, sowie durch Ergebnisse von Seiten Dritter, zeigte das Modell erhebliche Schwächen im Hinblick auf die plausible Abbildung von

Variablenkorrelationen. Dies betraf u.a. die Korrelation von Temperatur und relativer Feuchte. Um diese Modellschwächen zu beheben wurde eine Weiterentwicklung des Modells vorgenommen. Die Weiterentwicklung führte jedoch zu Verzögerungen weshalb es nicht mehr möglich war, vollständig evaluierte Modellläufe in das Klimamodellensemble aufzunehmen. Darüber hinaus ergaben erste Untersuchungen des weiterentwickelten Modells zwar eine Verbesserung, aber insbesondere für langfristige Klimaprojektionen (bis 2100) immer noch signifikante Schwächen.

- Entwicklung von statistischen Modellen zur Bestimmung des Stallklimas anhand der äußeren Wetterbedingungen (**Arbeitspaket 1**).

Zur Ermittlung von wetterbedingten Risikofaktoren, welche das Stallklima signifikant beeinflussen, wurden für die beiden Fokusregionen Deutschland und Spanien in Zusammenarbeit mit den Kollegen am ATB statistische Modelle entwickelt, welche die äußeren Wetterbedingungen auf das Stallklima abbilden. Es wurden verschiedene Ansätze auf Basis von multivariaten Linearmodellen mit und ohne Regularisierung, Random Forests Modellen sowie neuronalen Netzwerken geprüft. Für beide Fokusregionen ergab sich ein optimaler Fit für eine Kombination aus Linearmodell mit Regularisierung und einem Neuronalen Netzwerk. Zur Kalibrierung der Modelle wurden die aufbereiteten Beobachtungsdaten sowie die von den Verbundpartnern in den Ställen erhobenen Messungen verwendet. Die Modellierung beinhaltete auch ein zeitliches Downscaling von täglich aufgelösten Wetterbeobachtungen zu stündlich aufgelösten Zeitreihen des Stallklimas. Dies war notwendig, da die aufbereiteten Klimasimulationen nur in täglicher Auflösung vorlagen.

- Wirkung des Klimawandels auf das Tierwohl zur Bestimmung von Risikofaktoren (**Arbeitspaket 1**).

Mit Hilfe der statistischen Stallklimamodelle konnte eine Verbindung zwischen äußeren Wetterbedingungen und Stallklima hergestellt werden. Durch Kenntnis der klimatischen Bedingungen innerhalb des Stalls konnten Rückschlüsse auf das Stressempfinden der Milchkühe gezogen werden. Hierfür wurde der Hitzeindex THI verwendet. In Verbindung mit den aufbereiteten Klimaprojektionen konnten damit Risikofaktoren für die Tiere in Folge des Klimawandels ermittelt werden. Insbesondere für die Regionen Israel und Spanien zeigen die Projektionen eine deutliche Erhöhung der Anzahl an Ereignissen mit geringer Stressbelastung. Diese ist primär auf eine deutliche Zunahme im Frühling und Herbst zurückzuführen. Darüber hinaus konnte eine statistisch signifikante Zunahme der Länge von solchen Ereignissen beobachtet werden, so dass das Risiko für ein vermehrtes Auftreten von Stressereignissen ohne nächtliche Entspannung besteht. Im Vergleich dazu ergibt

sich für die Fokusregionen in Deutschland eine moderate Zunahme, sowohl in der Länge als auch der Häufigkeit solcher Ereignisse.

- Unterstützung bei der Abschätzung der ökonomischen und umweltrelevanten Folgen des Klimawandels im Bezug auf den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb (**Arbeitspaket 4**).

Im Rahmen des Arbeitspaketes 4 sollten die ökonomischen und umweltrelevanten Folgen (insbesondere Treibhausgasemissionen) des Klimawandels abgeschätzt werden. Hierfür wurden verschiedene numerische Modelle verwendet. Die aufbereiteten Klimasimulationen bildeten die klimatischen Randbedingungen dieser Simulationen. Darüber hinaus unterstützte das PIK bei der Unsicherheitsanalyse der Modellergebnisse, welche Voraussetzung für die Risikoabschätzung war.

- Untersuchung des statistischen Zusammenhangs zwischen der gewonnenen Milchmenge in Abhängigkeit der äußeren Wetterbedingungen (**Arbeitspaket 4**).

Zur Einschätzung der Wirkung der äußeren Wetterbedingungen auf die Effizienz des landwirtschaftlichen Produktionsbetriebes wurden tagesaufgelöste Zeitreihen der wesentlichen atmosphärischen Kenngrößen mit tierspezifischen Zeitreihen der gewonnenen Milchmenge verglichen. Es konnte dabei ein schwacher Zusammenhang identifiziert werden. In Zusammenarbeit mit den Kollegen der UPV wurde auf Basis dieses Zusammenhangs in Verbindung mit weiteren tierphysiologischen Parametern ein statistisches Modell für die Milchproduktion aufgesetzt.

- Teilnahme am Projektinternen Austausch (**Arbeitspaket 5**).

Zur Koordination des multinationalen Verbundvorhabens wurden jährliche Projektworkshops, Teilprojekttreffen und Telefonkonferenzen durchgeführt sowie Statusberichte ausgetauscht. Das PIK beteiligte sich beim Kickoff-Workshop in Potsdam und stellte den aktuellen Stand der Projektarbeit auf den Workshops in Aarhus (Dänemark), Valencia (Spanien) und Brüssel (Belgien) vor.

- Vorstellung der Projektergebnisse auf wissenschaftlichen Konferenzen (**Arbeitspaket 5**).

Die Projektergebnisse wurden u.a. auf der EGU 2016 (Wien, Österreich) und der ICRC-CORDEX 2016 (Stockholm, Schweden) der wissenschaftlichen Gemeinschaft vorgestellt und diskutiert.

- Abschluss der Promotion von Christoph Menz im Fachbereich Geowissenschaften an der Goethe-Universität Frankfurt/Main

3. Darstellung und Erläuterung der Angemessenheit von Aufwand und Zeit.

Für die Arbeiten im Projekt war auf Seiten des PIKs die Einstellung eines wissenschaftlichen Mitarbeiters (E13-E15) über die volle Projektlaufzeit von 36 Monaten bei 11,6 Personen/Monate Vollzeitäquivalent vorgesehen. Die Arbeiten wurden zu $\frac{3}{4}$ in Arbeitspaket 1 und jeweils $\frac{1}{8}$ in Arbeitspaket 4 und 5 aufgeteilt. Die Arbeiten waren im Rahmen des Projektziels angemessen und wurden innerhalb der Projektlaufzeit ausgeführt.

Die Beschaffung und Aufarbeitung der Beobachtungsdaten und Klimasimulationen stellte aufgrund der Größe und Qualität der Datensätze eine wesentliche Zeitkomponente dar. So war bspw. eine Fehlerprüfung und Ausbesserung der Beobachtungsdaten sowie eine umfassende Bias-Adjustierung der Klimasimulationen erforderlich. Darüber hinaus war die statistische Auswertung der Daten zur Unsicherheitsanalyse mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Für die Aufbereitung und Auswertung der Daten war die Nutzung des PIK-eigenen Rechenclusters notwendig.

Als außerplanmäßige Arbeiten wurde seitens des PIK eine Weiterentwicklung des statistischen Modells STARS vorangetrieben. Die Weiterentwicklung war aufgrund von inhärenten Modellschwächen erforderlich, konnte jedoch nicht innerhalb der Projektlaufzeit zu einem nutzbaren Ende geführt werden.

Darüber hinaus wurde zusätzlich im Projekt ein statistisches Modell zur Bestimmung des Stallklimas anhand der äußeren Wetterbedingungen entwickelt. Dies diente zur besseren Identifizierung und Einschätzung von Wetterbindungen welche das Tierwohl negativ beeinflussen. Die Entwicklung und Kalibrierung dieser Modelle stellte einen zusätzlichen Aufwand dar und war ebenfalls nur mit Hilfe des PIK-Clusters möglich.

Die Arbeiten in Arbeitspaket 4 beschränkten sich auf die Beratung der Kollegen der UPV in Bezug auf die Art der Unsicherheitsanalyse zur Risikoabschätzung sowie die Aufarbeitung und Bereitstellung der Beobachtungsdaten und Klimaprojektionen. Diese Arbeiten erstreckten sich über die gesamte Projektlaufzeit.

Die Arbeiten in Arbeitspaket 5 waren mit einem erheblichen zeitlichen Aufwand verbunden. Neben der Durchführung von mehreren Telefonkonferenzen, 4 Workshops und der Ausarbeitung von Projektberichten, wurden die Ergebnisse auf 3 internationalen wissenschaftlichen Konferenzen und einem nationalen Workshop vorgestellt.

4. Aufführen von Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.

- Regionale Klimasimulationen mit dem statistischen Modell STARS und dem dynamischen Model CCLM (**Arbeitspaket 1**).

Entgegen der ursprünglichen Planung wurden keine Simulationen mit dem statistischen Modell STARS durchgeführt. Eine Prüfung der Modellsimulationen offenbarte wesentliche Schwächen des Modells bei der Abbildung von Variablenkorrelationen. Eine Weiterentwicklung des Modells führte zwar zu einer Verbesserung, konnte jedoch die identifizierte Modellschwäche nicht beheben.

Die Simulationen des dynamischen Regionalmodells CCLM wurden zugunsten der umfassenderen Auswertung eines größeren Modellensembles aufgegeben. Durch die Wahl eines größeren Ensembles konnte die Aussagekraft der Unsicherheitsanalyse erhöht werden. Darüber hinaus beinhaltete das Modellensemble bereits mehrere Läufe von CCLM mit einer älteren Modellversion.

5. Darstellung und Erläuterung der wissenschaftlichen und ggf. Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase.

Ein wesentliches Ziel des Projektes war es allgemeingültige Aussagen zur Wirkung des antizipierten Klimawandels und den entwickelten Anpassungsstrategien im Hinblick auf eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere klimatische Bedingungen oder landwirtschaftlichen Nutztiere zu ermitteln. Die entwickelte Modellkette macht eine solche Übertragung prinzipiell möglich. Die vollständige Übertragbarkeit sollte im Rahmen eines Folgeprojektes geprüft werden.

Die statistischen Modelle zur Übertragung der äußeren Wetterbedingungen auf das Stallklimas beschränken sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf die Temperatur und die relative Luftfeuchte. Im Hinblick auf komplexere Indizes zur Quantifizierung des Hitzestresses wäre eine Erweiterung des Ansatzes auf das Windfeld oder die Strahlungsflüsse wünschenswert. Eine solche Erweiterung wird derzeit in Zusammenarbeit mit den Kollegen des ATB geprüft. Darüber hinaus sollte geprüft werden ob eine Kombination des statistischen Ansatzes mit einem physikalischen Strömungsmodells möglich ist

6. War der Einsatz der Bundesmittel für die Erreichung des geplanten Vorhabenziels ursächlich oder wäre dieses Ziel auch ohne Bundesmittel erreicht worden (einschließlich Bewertung evtl. Mitnahmeeffekte)?

Für die Durchführung des Projektes waren erhebliche Zuwendungen für Personal und Reisemittel notwendig, die durch das PIK alleine nicht hätten erbracht werden können. Daher war die Erreichung des Vorhabenziels nur durch Bundesmittel möglich. Das PIK konnte seinerseits Eigenleistungen durch den freien Zugang zum institutseigenen Cluster, die Bereitstellung eines Büroarbeitsplatzes, die Unterstützung durch verschiedene haushaltsfinanzierte Stellen (Verwaltung, Techniker und IT-Service) und den Zugang zu einem internationalen Expertennetzwerk in das Projekt einbringen. Darüber hinaus erbrachte das PIK die Teilfinanzierung der Dienstreisen nach Wien und Stockholm.

7. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer – z.B. Anwenderkonferenzen (sowie die Art des Vorhabens dies zulässt) und Darstellung der erfolgten und geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses.

Die Ergebnisse des Teilprojektes des PIK wurden auf einer Reihe von Konferenzen und Workshops der wissenschaftlichen Gemeinschaft präsentiert. Darüber hinaus wurden mit Beteiligung des PIK zwei wissenschaftliche Studien veröffentlicht. Zudem wird die Veröffentlichung von vier weiteren Studien vorbereitet.

Konferenzbeiträge und Workshops:

Menz, C., Hoffmann, P., Spekat, A. (2015): Konditioniertes Resampling am Beispiel von STARS: Modellschwächen, Modellentwicklung und Anwendung als Ensemblegenerator. Workshop zur regionalen Klimamodellierung, DWD, Offenbach, Deutschland.

Menz, C. (2016): Multivariate Structure of High Temperature Extremes: Analysis for the OptiBarn Project. European Geosciences Union General Assembly 2016, Wien, Österreich.

Menz, C., Hoffmann, P., Spekat, A. (2016): The Conditional Resampling Model STARS: Deficiencies of the Modeling Concept and Development. European Geosciences Union General Assembly 2016, Wien, Österreich.

Menz, C. (2016): Multivariate High Temperature Events: Preliminary Analysis of the OptiBarn-Project. International Conference on Regional Climate (ICRC)-CORDEX 2016, Stockholm, Schweden.

Menz, C., Hoffmann, P., Spekat, A. (2016): Deficiencies and Developments of Conditional Resampling Models: The Evolution of the Model STARS. International Conference on Regional Climate (ICRC)-CORDEX 2016, Stockholm, Schweden.

Menz, C., Hempel, S., Janke, D., König, M., Englisch, A., Pinto, S., Sibony, V., Halachmi, I., Li, R., Chao, Z., Guoqiang, Z., Sanchis, E., Estellés, F., Calvet, S., Galán, E., del Prado, A., Ammon, C., Amon, B., Amon T. (2016): Optimised Animal Specific Barn Climatisation Facing Temperature Rise and Increased Climate Variability. Nebenveranstaltung der Topical Animal Diseases and Veterinary Public Health: Joining Forces to Meet Future Global challenges, Potsdam, Deutschland.

Erfolgte Veröffentlichungen:

Hempel, S., Janke, D., König, M., Menz, C., Englisch, A., Pinto, S., Sibony, V., Halachmi, I., Rong, L., Zong, C., Zhang, G., Sanchis, E., Estellés, F., Calvet, S., Galán, E., del Prado, A., Ammon, C., Amon, B., Amon, T. (2016): Integrated modelling to assess optimisation potentials for cattle housing climate. Advances in Animal Biosciences. (7:3); pp 261-262. DOI: 10.1017/S2040470016000352

Hempel, S., König, M., Menz, C., Janke, D., Amon, B., Banhazi, T., Estellés, F., Amon, T. (2018): Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. Biosystems Engineering. 166; pp 58-75. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2017.11.004

Geplante Veröffentlichungen:

Erstautor	Beteiligte Institute	Titel
Christoph Menz	PIK	The conditional multivariate resampling scheme STARS3: Model Development
Christoph Menz	PIK, ATB, ARO, UA, BC3, UPV	A neural network approach to predict microclimate in natural ventilated barns.
Sabrina Hempel	PIK, ATB, ARO, UA, BC3, UPV	Heat stress risk in European dairy cattle husbandry and associated production losses under different climate change scenarios.
Elena Galán	PIK, UPV	A statistical model to predict milk yield.