



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT

FLI

Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
Federal Research Institute for Animal Health

# Klimawandel – Herausforderungen für die Tierernährung

Tagungsband zum BMEL-/FLI-Workshop am 15./16. Oktober 2019  
in Braunschweig



# Inhaltsverzeichnis

<i>Klimawandel – was kommt auf die Landwirtschaft zu?.....</i>	<i>4</i>
<b>Dr. Mathias Herbst, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung, Braunschweig.....</b>	<b>4</b>
<i>Agenda zur Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel .....</i>	<i>6</i>
<b>Dr. Viola Richter, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.....</b>	<b>6</b>
<i>Anpassung der Landwirtschaft in der Schweiz an den Klimawandel.....</i>	<i>8</i>
<b>Dr. Eva Reinhard, Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung Agroscope, Bern.....</b>	<b>8</b>
<i>Anpassung der Landwirtschaft in Österreich an den Klimawandel .....</i>	<i>10</i>
<b>Daniela Nowotny, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.....</b>	<b>10</b>
<i>Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft – Beitrag der BMEL-Ackerbau- und Grünlandstrategie.....</i>	<i>12</i>
<b>Dr. Peter Oswald, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn.....</b>	<b>12</b>
<i>Strategien in der Pflanzenzüchtung und im Pflanzenschutz zur Anpassung an den Klimawandel .....</i>	<i>14</i>
<b>Dr. Stephan Hartmann, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising .....</b>	<b>14</b>
<i>Entwicklung klimaangepasster Futterbaukonzepte .....</i>	<i>16</i>
<b>Prof. Dr. Jörg Michael Greef, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius-Kühn-Institut (JKI), Braunschweig .....</b>	<b>16</b>
<i>Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierhaltung – Beitrag der BMEL Nutztierstrategie .....</i>	<i>17</i>
<b>Dr. Kirsten Kemmerling, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn.....</b>	<b>17</b>

*Strategien in der Nutztierzüchtung zur Anpassung an den Klimawandel..... 18*

Prof. Dr. Sven König, Dr. Kathrin Halli, Cordula Kipp, Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Gießen ..... 18

*Konsequenzen des Klimawandels für die Tiergesundheit..... 20*

Prof. Dr. Franz J. Conraths, Institut für Epidemiologie, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Greifswald - Insel Riems ..... 20

*Entwicklung weltweiter Warenströme für Futtermittel durch den Klimawandel 21*

Dr. Hermann-Josef Baaken, Deutscher Verband Tiernahrung e. V., Bonn ..... 21

*Anforderungen an die Futtermittellieferung und Futtermittellagerung ..... 23*

Dr. Martin Pries, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf..... 23

*Reservefuttermittel, alte und neue Futterquellen..... 25*

Prof. Dr. Hans Schenkel, Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart ..... 25

*Strategien in der Tierernährung zur Anpassung an den Klimawandel ..... 27*

Prof. Dr. Dr. Sven Dänicke, Institut für Tierernährung, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Braunschweig..... 27

*Auswirkungen des Klimawandels auf die Futtermittelsicherheit..... 29*

Dr. Monika Lahrssen-Wiederholt, Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin..... 29

*Anpassung der Tränkwasserversorgung an den Klimawandel..... 30*

Prof. Dr. Josef Kamphues, Institut für Tierernährung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover..... 30

*Poster zu aktuellen Arbeiten des Instituts für Tierernährung des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Braunschweig..... 32*

# Klimawandel – was kommt auf die Landwirtschaft zu?

*Dr. Mathias Herbst,  
Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung, Braunschweig*

Die letzten Jahre waren durch ungewöhnliche Witterungsverläufe gekennzeichnet, die in der Landwirtschaft zu Problemen geführt haben. Nach langanhaltenden und teilweise extremen Niederschlägen in der zweiten Jahreshälfte 2017, die zu Beeinträchtigungen bei Ernte, Bodenbearbeitung und Aussaat des Wintergetreides führten, stellte sich im Frühjahr 2018 die agrarmeteorologische Situation in die entgegengesetzte Richtung um. Aufgrund einer ungewöhnlich konstanten Wetterlage mit Hochdruckgebieten über Großbritannien und Skandinavien fiel von April bis Juli vor allem in Niedersachsen und in den östlichen Bundesländern nur rund ein Drittel bis die Hälfte der üblichen Niederschlagsmenge. Angesichts der gleichzeitig aufgetretenen hohen Temperaturen und des damit verbundenen Verdunstungsanspruches der Atmosphäre wies die klimatische Wasserbilanz (= Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung, d. h. Verdunstung einer gut wasserversorgten Grasfläche) lokal Defizite bis über 400 mm auf.

Die aktuelle agrarmeteorologische Situation entspricht somit dem Szenario eines extremeren hydrologischen Geschehens, wie es der Weltklimarat in seinem fünften Sachstandsbericht aufgrund des Klimawandels prognostiziert hat. Die immer häufiger auftretenden Extremwetterlagen lassen sich mittlerweile eindeutig dem Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre zuschreiben, der zu einer messbaren Erhöhung der Energiebilanz an der Erdoberfläche geführt hat. Das Mehr an verfügbarer Energie führt u. a. zu einer stärkeren Verdunstung und zu häufigeren Starkregenfällen. Daneben erwärmt sich die Erde an den Polen stärker als am Äquator. Die abnehmende Temperaturdifferenz zwischen Pol und Äquator bewirkt eine Abschwächung des sogenannten Jetstreams, was wiederum dazu führt, dass Wetterlagen regional länger stabil bleiben. In Mitteleuropa trat dieses Phänomen sowohl 2017 (Nässe) als auch 2018 (Dürre) auf.

Aktuelle Klimaprojektionen lassen im Deutschland-Mittel einen Temperaturanstieg um ca. 3 Grad Celsius bis Ende des Jahrhunderts und damit einen verstärkten Hitzestress erwarten. Während die Jahresniederschläge im Mittel fast unverändert bleiben sollen, sagen die Modelle übereinstimmend höhere Winter- und niedrigere Sommerniederschläge voraus. Der Temperaturanstieg und das damit verbundene höhere Wasserdampfsättigungsdefizit der Atmosphäre bewirken eine schnellere sommerliche Austrocknung, die durch einen immer früheren Beginn der Vegetationsperiode noch verstärkt werden könnte. Die Entwicklung der jährlichen Sickerwasserraten ist zwar mit Unsicherheiten behaftet, jedoch sagen die Modelle tendenziell eine leichte Zunahme voraus. Das Wasserrecht regelt die Menge des für die Beregnung landwirtschaftlicher Flächen verfügbaren Wassers und gibt der Trinkwasserversorgung Vorrang, jedoch sollte bedacht werden, dass optimal wasserversorgte Kulturen eine bessere Nährstoffausnutzung und Kohlenstoffbindung erzielen und damit die Treibhausgas-Bilanz verbessern, so dass ein intelligenter Ausbau der Beregnung auch einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Allerdings ist zur Minimierung von Dürre-risiken in erster Linie mehr Diversifizierung zu empfehlen, da die bei uns angebauten Pflanzenarten zu unterschiedlichen Zeiten ihren größten Wasserbedarf haben und außerdem aufgrund ihrer unterschiedlichen Wurzelsysteme im Laufe des Sommers ganz unterschiedliche Bodenschichten ausnutzen. Darüber hinaus variiert der Wasserbedarf auch sortenspezifisch, so dass auch eine hinreichende Sorten-diversifizierung einen dürrebedingten Totalausfall der Ernte unwahrscheinlich macht.

Die zunehmende Variabilität von Wasserverfügbarkeit und -bedarf bringt zusätzliche Unsicherheiten für die Planung pflanzenbaulicher Maßnahmen mit sich, z.B. bezüglich der Düngzeitpunkte. Der Zeitpunkt, an dem eine Sickerung und damit die Verlagerung von Nährstoffen in tiefere, nicht mehr von den Pflanzen erreichbare Schichten beginnt, variiert immer stärker, was für das Einhalten der geltenden Düngverordnung eine Herausforderung darstellt. Deshalb arbeitet der DWD derzeit intensiv an einer Verbesserung der Monatsvorhersagen, damit die Planbarkeit pflanzenbaulicher Maßnahmen trotz häufigerer Extremwetterlagen wieder verbessert wird.

# Agenda zur Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel

*Dr. Viola Richter,  
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin*

Die kontinuierliche Anpassung von Land- und Forstwirtschaft an den Klimawandel trägt dazu bei, die Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln und Rohstoffen sowie die Funktionen der Agrar- und Forstökosysteme und die darauf aufbauenden gesellschaftlichen Leistungen langfristig sicherzustellen. Dazu bedarf es kurzfristiger Maßnahmen als Reaktion auf Extremwetterereignisse und langfristiger Strategien zur Anpassung land- und forstwirtschaftlicher Konzepte an ein sich weiter veränderndes Klima. Das gilt auch für die Fischerei und die Aquakultur.

Die Agenda zur Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel benennt vor dem Hintergrund der derzeit zu beobachtenden Klimaänderungen und ihrer Projektionen verschiedene Themenfelder, in denen Anpassungsmaßnahmen vorgenommen werden sollten. Diese Themenfelder sind „Pflanze“ (unterteilt in „Acker- und Sonderkulturen“), „Wald“, „Tier“, „Fischerei und Aquakultur“ sowie „Übergeordnete Themen“.

Im April 2019 hat die Agrarministerkonferenz (AMK) die Agenda beschlossen. Auf der Grundlage der Agenda wird nun ein Maßnahmenprogramm ausgearbeitet, das auch Bestandteil der Deutschen Anpassungsstrategie werden soll. Seit Mai 2019 werden in 6 Bund-Länder-Expertengruppen einzelne Maßnahmenvorschläge ausgearbeitet.

Im Themenfeld „Pflanze“ werden Anpassungsmaßnahmen insbesondere in den Bereichen innovative Pflanzenbausysteme, Pflanzenzüchtung, Boden, Pflanzenernährung und Düngung sowie Anbauverfahren, Fruchtfolgen und Sortenwahl ausgearbeitet. Aber auch Pflanzen- und Vorratsschutz, ebenso wie Fragen der Digitalisierung und Agrartechnik werden Bestandteil der Anpassungsmaßnahmen sein.

Ein wichtiger Teil innerhalb der nationalen Anpassungsmaßnahmen betrifft den Wald und die Forstwirtschaft, da die Wälder und die nachhaltige Forstwirtschaft vom Klimawandel besonders betroffen sind.

Im Bereich der Nutztierhaltung steht das Tierwohl auch unter veränderten Klimaverhältnissen im Vordergrund. Es betrifft im Einzelnen bspw. neue Tierhaltungskonzepte, aber auch ein weiterer Ausbau der Forschung in den Bereichen Tierseuchen, Tierzüchtung und Tierernährung werden in der Agenda benannt. Das gilt ebenso für die Aquakultur, Fischerei und Meeresnutzung.

Übergeordnete Fragen wie Risikomanagement, Maßnahmen zur Liquiditätssicherung sowie Aus-, Fort- und Weiterbildung und auch die Beratung werden am Schluss der Agenda angesprochen. Auch die Verbesserung der Wasserversorgung ist essentiell für alle Themenfelder.

Wichtig für alle Bereiche sind Forschung und Entwicklung, die gezielte Einführung von Innovationen in die Praxis und letztlich auch die internationale Verantwortung, die besonders von der Bundesregierung wahrzunehmen ist. Das Maßnahmenprogramm soll von der AMK im Frühjahr 2020 beschlossen werden.

# Anpassung der Landwirtschaft in der Schweiz an den Klimawandel

*Dr. Eva Reinhard,  
Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung  
Agroscope, Bern*

Die Tierhaltung ist ein wichtiger Teil der Schweizer Landwirtschaft, sie trägt zu rund 50 % der landwirtschaftlichen Gesamtproduktion bei. Es ist daher von zentralem Interesse, die Chancen und Risiken des Klimawandels zu erforschen und zukunftsgerichtete Handlungsempfehlungen für die Tierhaltungsbetriebe abzuleiten.

Die Jahresmitteltemperatur der Schweiz ist gegenüber 1900 um ca. 2.5°C gestiegen. Ohne Klimaschutzmaßnahmen könnte die Temperatur bis Ende des Jahrhunderts um bis zu 6°C weiter zunehmen. Einhergehend mit der Erwärmung sind eine Zunahme der Winterniederschläge und, ab ca. 2050, eine systematische Abnahme der Sommerniederschläge zu erwarten. Auch die Schweiz, welche bisher als Wasserschloss Europas galt, wird sich auf trockene Sommer einstellen müssen. Das Wasser wird öfters knapp werden und zunehmend werden Nutzungskonflikte auftreten.

Die Tierhaltung wird durch den Klimawandel auf sehr unterschiedlichen Ebenen beeinflusst. Man geht davon aus, dass sich Hochleistungsmilchkühe bei Temperaturen unter 15 Grad Celsius am wohlsten fühlen. Verhaltensindikatoren, an denen hoher Hitzestress erkannt werden kann, sind hinlänglich bekannt. Nicht bekannt ist jedoch, ab wann einsetzender Hitzestress, der sich negativ auf Leistung und Fruchtbarkeit auswirkt, am Verhalten erkennbar ist. Agroscope hat zusammen mit Partnern im Jahr 2018 ein Projekt gestartet, um Verhaltensindikatoren zu identifizieren, an denen der Landwirt beginnenden Hitzestress bei seinen Milchkühen erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten kann. Laufende Zuchtprogramme zielen darauf ab, die durch Hitzestress verringerte Leistung über eine gesteigerte Proteineffizienz zu kompensieren, unter gleichzeitiger Verbesserung der Robustheit und Resilienz.

Bereits heute beeinflusst die Trockenheit die Fütterung direkt. Seit dem Rekordsommer 2003 litt die Schweiz mehrmals unter sehr trockenen Perioden. Dies führte zu einer starken Zunahme der Heuimporte. Im Grasland Schweiz setzt die Agrarpolitik auf die graslandbasierte Milchproduktion, d. h. es werden Anreize gesetzt, den Futterbedarf der Milchkühe vorwiegend mit Gras und Grasprodukten zu decken. Der Klimawandel stellt dieses Futterbaumanagement vor große Herausforderungen. Vollweidebetriebe müssen dafür gewappnet sein, während extremer Hitzeperioden, die dazu führen, dass das Wohlbefinden der Tiere stark eingeschränkt ist und das Wachstum des Weidefutters zum Stillstand kommt, den Weidebetrieb einzustellen bzw. auf Teil- oder Nachweide auszuweichen. Konserviertes Futter muss im Stall zugefüttert werden, d. h. es muss auf Futterreserven zurückgegriffen werden können. Damit verbunden sind neue Anforderungen an die Lagerung und die Lagerkapazität. Die höheren Temperaturen werden einen Einfluss auf die Qualität des konservierten Futters haben. Es ist mit einem erhöhten Mykotoxinbefallsrisiko von

Silagen zu rechnen. Die Wahl der Futterkulturen, Sorten und Anbaufenster wird eine entscheidende Rolle im erfolgreichen Umgang mit den vorhersehbaren klimabedingten Herausforderungen haben.

Agroscope forscht an mehreren Aspekten des künftigen Futterbaus, insbesondere auch an standortangepassten Mischungen für Kunstwiesen und der dazugehörigen Futterpflanzenzüchtung. Ziel ist es, konkurrenzstarke und ausdauernde Futterpflanzen zu züchten, die einerseits gegen wichtige Krankheiten resistent sind und andererseits auch unter künftigen Bedingungen qualitativ gutes Raufutter liefern.

# Anpassung der Landwirtschaft in Österreich an den Klimawandel

*Daniela Nowotny,  
Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien*

Der weltweit zu beobachtende Klimawandel führte in Österreich 2018 zum wärmsten Jahr in der 251-jährigen Messgeschichte der Wiener Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – mit deutlichen Auswirkungen für die Landwirtschaft. Die Klimafolgenforschung und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse und Strategien zur Anpassung sind langfristig von überlebensnotwendiger Bedeutung für die österreichische Landwirtschaft.

In Österreich ist Grünland flächenmäßig die bedeutendste Kultur gemessen an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche und Grundlage für die Ernährung der Wiederkäuer. Ausbleibende Niederschläge bewirken teils extreme Engpässe bei wirtschaftseigenem Grundfutter. Mit dem Klimawandel ist eine Veränderung der Vegetationsperiode verbunden d. h. heute wird eine Futterernte mehr durchgeführt als vor 25 Jahren.

Das Forschungsprojekt „DaFNE100309“ wurde 2002 auf 24 Standorten installiert, um Unterschiede bei differenzierter Bewirtschaftungsintensität auf Grünlandflächen zu beobachten. Im Blickfeld stehen Erträge, Futterqualität, pflanzliche Biodiversität, Stoffflüsse etc. Kernergebnis ist, dass Grünlandflächen mit einer höheren Bewirtschaftungsintensität sensibler auf Wasserknappheit (Trockenstress) reagieren als extensive Grünlandssysteme. Futterpflanzen mit hohem Ertragspotenzial, guter Futterqualität und gewünschten Eigenschaften wie Winterhärte, Krankheitsresistenz, Ausdauer usw. sind erwünscht. Die Einbindung von klimarelevanten Beobachtungen und die Prüfung von Futterpflanzenarten mit besserer Trockentoleranz wie zum Beispiel Luzerne, Rohrschwengel, Wiesenschwengel liefert Vergleichsdaten zu herkömmlichen Arten mit hohem Futterwert. Ziel der Forschung sind maßgeschneiderte Zuchtsorten für unterschiedliche Anforderungen, die eine standortangepasste Grünlandbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels entsprechend unterstützen.

Durch wärmere Sommer verläuft die Entwicklung des Almfutters schneller als bisher bekannt. Dies führt in vergleichbarer Höhenlage zu einer früheren Reife des Futters, das Wachstum beginnt um circa zwei Wochen früher. Dies hat starke Auswirkungen auf den Futterwert des Almfutters im Verlauf der Weidesaison – reiferes Futter besitzt einen höheren Rohfasergehalt, damit eine geringere Verdaulichkeit, die Tiere gewinnen dadurch weniger Energie für ihre Ernährung. Durch das frühe Einsetzen der warmen Phase im Frühling wird das Zeitfenster für eine Weide mit optimalem Futter während der Saison immer enger.

Nur stabile widerstands- und leistungsfähige Pflanzenbestände bieten eine gute Voraussetzung für die Produktion von qualitativ hochwertigem Grundfutter als Basis einer erfolgreichen Grünlandwirtschaft. Bedingt durch die sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen ändern sich auch die spezifischen Anforderungen an die in Saatgutmischungen verwendeten Sorten für Nachsaat und Neuanlage von Grünlandbeständen. Einerseits intensiviert sich die Anzahl der Nutzungen durch eine Verlängerung der

Vegetationsperiode, andererseits führen ausgedehnte Trockenperioden in den Sommermonaten zunehmend zu Trockenstress und Ertragseinbußen.

Auch der Ackerbau erfordert - bedingt durch lange Trockenperioden und extreme Niederschlagsereignisse im Wechsel - Sorten, welche an diese Witterung angepasst sind und auch unter solchen schwierigen Bedingungen gute Erträge bei entsprechender Produktqualität bringen. Im Rahmen von Sortenversuchen bei verschiedenen Ackerkulturen wird geprüft, wie gut sich eine Sorte für ein bestimmtes Anbaugebiet eignet, wobei Ertrag und Qualität sowie Krankheits- und Schädlingsbefall im Mittelpunkt stehen.

Oft werden Rinder als Mitverursacher des Klimawandels gesehen, da im Zuge der Verdauung Methan entsteht. Methan ist um 20-25-mal so klimawirksam wie CO<sub>2</sub> und entsteht unter anderem auf natürliche Weise bei der Faserverdauung im Pansen von Wiederkäuern. Durch diesen Verdauungsprozess ist es erst möglich, dass Wiederkäuer Grünlandfutter verwerten und somit in Lebensmittel umwandeln können. Die Nutzung von Grünlandflächen trägt dazu bei, dass einerseits Kulturlandschaft erhalten bleibt und andererseits vermehrt CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre in Pflanzen und Boden gebunden wird. Trotzdem sollte die Viehhaltung durch Senkung der Methanemissionen zur Begrenzung der Klimaerwärmung beitragen. In laufenden Forschungsprojekten wurden zwei Respirationskammern errichtet, welche zur Forschung von Maßnahmen zur Reduktion der Methanemission von Rindern genutzt werden. Dabei wird untersucht, wie Methanemissionen durch Fütterung und Zucht von Rindern beeinflusst werden können. Eine Erhöhung der Qualität des Rinderfutters sowie eine gezielte Selektion von Rindern werden als effektive Maßnahme erachtet, um die Methanemissionen zu reduzieren. Allerdings sind einerseits hohe Kraftfuttermengen für Wiederkäuer nicht gesund und andererseits entstehen in der Kraftfutterproduktion zum Teil durch hohen Maschinen- und Handelsdüngereinsatz beträchtliche Treibhausgasemissionen. Auch kann die Qualität des Rinderfutters durch eine Erhöhung der Grundfutterqualität (z. B. Heu oder Grassilage) gesteigert werden. Die Produktion und Verwendung von hochwertigem Grundfutter kann nicht nur die Methanemissionen senken, sondern auch zu einer gesteigerten CO<sub>2</sub>-Bindung in Pflanze und Boden beitragen.

Gülle wird vielfach von der Gesellschaft als unangenehm riechender Wirtschaftsdünger wahrgenommen. Neben dem Geruch entweichen auch klima- und ökosystemrelevante Gase, die in Summe einen Nährstoffverlust für den landwirtschaftlichen Betrieb darstellen. Der pH-Wert der Gülle beeinflusst stark das Emissionspotenzial der Gülle während der Lagerung. Befindet sich dieser leicht unter pH 7, ist mit verminderter Methan- und Ammoniak-Emission zu rechnen. Seit 2013 werden Versuche zur Reduktion des pH-Wertes während der Lagerung von Rindergülle durchgeführt. Dabei zeigte nicht gerührte und mit Regenwasser verdünnte Rindergülle einen stabilen pH-Wert von unter 7. Regelmäßiges Rühren führte zu Sauerstoffeintrag, erhöhter Mikrobenaktivität, Verbrauch organischer Säuren und Ansteigen des pH-Wertes auf über 7.

# Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft – Beitrag der BMEL-Ackerbau- und Grünlandstrategie

*Dr. Peter Oswald,  
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn*

Eine der zentralen Herausforderung für den Acker- und Pflanzenbau sowie die Grünlandwirtschaft stellt die Anpassung an den fortschreitenden Klimawandel dar. Die Dürre des Sommers 2018 und auch deren Nachwirkungen im Jahr 2019 haben dabei exemplarisch gezeigt, vor welchen großen Herausforderungen der Pflanzenbau und die Grünlandwirtschaft stehen. Neben höheren Temperaturen, vermehrter Frühjahrs- und Sommertrockenheit und höheren Niederschlagsmengen im Herbst/Winter werden auch häufigere und intensivere Extremwetterlagen und -ereignisse prognostiziert. Neben unmittelbaren klimatischen Auswirkungen auf die Kulturpflanzen werden auch das Auftreten und die Wirkung von Schaderregern beeinflusst, beispielsweise durch die Einwanderung neuer wärmeliebender Schaderreger. Der Klimawandel kann jedoch auch als Chance verstanden werden und positive Effekte mit sich bringen, beispielsweise durch längere Vegetationsperioden und höhere CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, welche das Pflanzenwachstum fördern. Vor diesem Hintergrund sind neue Herangehensweisen in vielen Bereichen notwendig, um diese Herausforderungen zu bewältigen.

## Ackerbaustrategie

Aufgrund der Vielzahl an ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen haben CDU/CSU und SPD im Koalitionsvertrag der 19. Legislaturperiode vereinbart, eine Ackerbaustrategie zu entwickeln, welche aktuell am Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) erarbeitet wird. Ein Fokus der Ackerbaustrategie liegt dabei auf der Anpassung pflanzenbaulicher Produktionssysteme an den Klimawandel. Die Zielstellung ist dabei, die Versorgung mit Lebensmitteln, Futtermitteln und biogenen Rohstoffen auch unter veränderten klimatischen Bedingungen zu gewährleisten. Hierfür müssen pflanzenbauliche Anbausysteme so angepasst werden, dass sie auch weiterhin produktiv und nachhaltig sind. Die Ackerbaustrategie wird die Landwirtschaft dabei durch unterschiedliche Maßnahmen aktiv unterstützen.

## Grünlandstrategie

Der Klimawandel wird nicht nur den Ackerbau, sondern auch die Futterproduktion auf dem Grünland erheblich beeinflussen. Trockenheit und Hitze wirken sich unter anderem auf Ertrag und Futterqualität aus. Im Rahmen einer Grünlandstrategie des BMEL soll auch diesem Aspekt Rechnung getragen werden. Es sollen Anpassungsoptionen aufgezeigt und durch geeignete Maßnahmen unterstützt werden. Denn der

auch für den Klimaschutz so wichtige Erhalt des Grünlandes ist wesentlich mit einer nachhaltigen Nutzung verbunden.

# Strategien in der Pflanzenzüchtung und im Pflanzenschutz zur Anpassung an den Klimawandel

*Dr. Stephan Hartmann,  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt  
für Landwirtschaft, Freising*

Die Handlungsmöglichkeiten sollen an Beispielen der Futterpflanzenzüchtung bzw. der Produktionstechnik im Feldfutterbau und Grünland dargestellt werden.

Als wichtige Effekte des Klimawandels werden herausgegriffen:

**Temporärer Trockenstress**, hervorgerufen durch eine Zunahme der Wetterextreme und eine langfristige Umverteilung der Regenereignisse im Jahresverlauf sowie eine größere Häufung von Starkregenereignissen. In der Mehrzahl der Jahre ist jedoch weiterhin eine Bewirtschaftung mit mindestens vier Nutzungen möglich. Pflanzenbauliches Problem ist das häufigere Auftreten von längeren Trockenperioden ähnlich der Vorsommertrockenheit in Franken oder die Spätsommertrockenheit in Mecklenburg-Vorpommern.

*Strategie in der Pflanzenzüchtung:*

Einerseits Erweiterung der züchterischen Bearbeitung der bisher genutzten Arten – hier besonders der Weidelgrasarten um das Merkmal „Toleranz gegenüber „Temporären Trockenstress“ durch die Verfahrensabfolge Prüfen der genetischen Variabilität in der Art, Entwickeln valider Biotests, Entwickeln und Validieren molekularer und physiologischer Marker (siehe hierzu z. B. FKZ: 2814502910 BMEL; FKZ: E/15/01 und FKZ: K/18/01 bay. StMELF sowie FKZ: 2818208615 BMEL).

Andererseits Erweiterung der Nutzungstoleranz bei bisher in ihrer Nutzungshäufigkeit (im Grünland) limitierten Arten, die jedoch bereits bezüglich Futterqualität ähnliches Niveau wie Weidelgras aufweisen. Dies trifft z. B. auf Wiesenschwingel zu (siehe hierzu z. B. bay. StMELF A/13/08).

Ebenfalls werden die kleinkörnigen Leguminosen (hier besonders Luzerne und Rotklee), die in den südlichen Bundesländern bereits jetzt traditionell zur Nutzungselastizität der Futterbaubestände beitragen, an Bedeutung gewinnen.

**Langfristige Abnahme der Niederschlagsmenge**, die zu einer Reduktion der möglichen Nutzungen führt.

*Strategie in der Pflanzenzüchtung:*

Grünlandgesellschaften sind stets ein Abbild von Klima, Boden und Nutzung durch den Menschen. D. h. in Folge des oben genannten Szenarios werden sich die Grünlandgesellschaften anpassen bzw. im Feldfutterbau andere Arten an Bedeutung gewinnen. In der Folge werden in der Futterpflanzenzüchtung die Ressourcen für die Arten angepasst werden. Die Bedeutung von Weidelgrasarten wird hier zurückgehen, die der sogenannten „kleinen Arten“ (bisher vergleichsweise wenige Arten zugelassen) wird deutlich zunehmen. Dies gilt ebenso für die kleinkörnigen Leguminosen (hier besonders Luzerne).

Deutlich wird dies bereits am Vergleich bereits heute in den Bundesländern vorhandenen Mischungsempfehlungen bzw. deren Zusammensetzung für unterschiedliche Wasserverhältnisse.

**Die Auswirkung auf das Erregergeschehen;** dieser Effekte dargestellt an ausgewählten Beispielen.

Die Auswirkung auf pilzliche Erreger kann beispielhaft am Vordringen/Auftreten der Roste an Gräsern im Verlauf der letzten 20 Jahre aufgezeigt werden.

*Anpassungsstrategien:*

Verstärkte Resistenzzüchtung gegen diese Erregergruppe nach Adaption von Resistenztests, Entwicklung molekularer Marker FKZ: 2814IP007 BMEL, Anpassung des Nutzungsregimes (siehe z. B. Empfehlung LfL hierzu).

Beim vermehrten Auftreten tierischer Schädlinge wie Mäusen, Engerlingen, Kleespitzmäuschen sind bis jetzt auf Grund fehlender zugelassener wirksamer Wirkstoffe oder der damit verbundenen Anwendungsaufgaben rasche und nachhaltige Bekämpfungserfolge meist selten.

*Anpassungsstrategien* sind hier langfristig wirkende den Pflanzenbau ganzheitlich berücksichtigende Ansätze, die die Schädlingspopulationen auf einen niedrigen Niveau halten.

# Entwicklung klimaangepasster Futterbaukonzepte

*Prof. Dr. Jörg Michael Greef,  
Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius-Kühn-Institut (JKI),  
Braunschweig*

Seit Einzug der Technisierung in die Landwirtschaft hat sich in Deutschland ein Wandel in der Futterbereitstellung vollzogen. Mit steigenden Energiegehalten kam es zu einer „Co-Evolution“ im Leistungsniveau der Tiere. Die gestiegene Milchproduktion bei gleichzeitig gesunkenen Tierzahlen belegen diesen Trend. Der Fokus auf hoch-energetische Futtermittel führte zu einer Reduzierung des Anbauspektrums hin zu einer Mais-, Gras- und Kraftfutterbetonten Ernährung.

Mit den einsetzenden Auswirkungen des Klimawandels wird dieses Konzept stark belastet. Der Einbruch in den Erträgen von Raufutter und Mais im Jahr 2018 durch die extreme Trockenheit ist hierfür ein Beispiel. In Zukunft muss vermehrt mit solchen Extrem-Situationen gerechnet werden.

Um diesem Trend entgegenzuwirken, stehen verschiedene Lösungswege zur Verfügung. Die Aufrechterhaltung des derzeitigen Leistungsniveaus der Milchkühe kann nur durch eine entsprechende Aufrechterhaltung des Leistungsniveaus der Pflanzen durch eine verbesserte Anpassung an die veränderten klimatischen Bedingungen erreicht werden. Als C4 Pflanze besitzt der Mais ein gewisses Anpassungspotential, welches jedoch fast ausgereizt ist. Durch die Züchtung früher und später Sorten können die Auswirkungen von Klimaextremen im gewissen Umfang kompensiert werden. Da der zeitliche Aspekt dieser Ereignisse jedoch nur sehr begrenzt vorhersehbar ist, wird dieses immer mit Ertragseinbußen einhergehen. Für die Auswirkung von Wasser- und Trockenstress auf intensiv genutzte Grünlandbestände besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Eine verbesserte Anpassung an diese abiotischen Stressfaktoren kann durch Züchtung, angepasstes Bewirtschaftungsverfahren oder auch den gezielten Einsatz von Mikroorganismen (z. B. Endophyten) erreicht werden. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass die Anpassungsmöglichkeiten begrenzt sind, so dass zukünftig hier mit Ertragseinbußen zu rechnen ist.

Die Etablierung anspruchsloserer Futterpflanzen wie z. B. Luzerne, *Festulolium*, u. a. kann das Anbauspektrum erweitern. Zusammen mit der Nutzung extensiv genutzter Grünlandbeständen können klimatische Extremsituationen besser abfangen werden. Da diese Systeme jedoch ein geringeres Leistungsniveau sowohl in Menge als auch Qualität aufweisen, muss das Leistungsniveau der Tiere dementsprechend synchronisiert werden.

# Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierhaltung – Beitrag der BMEL Nutztierstrategie

*Dr. Kirsten Kemmerling,  
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn*

Eine nachhaltige Landwirtschaft umfasst auch eine tierechte Nutztierhaltung. Die gesellschaftlichen Vorstellungen und die moderne landwirtschaftliche Praxis liegen teils weit auseinander. Die Haltung von Nutztieren wird in der Öffentlichkeit zunehmend kritisch hinterfragt. Das BMEL verfolgt das Ziel einer Nutztierhaltung, die sich durch ein hohes Maß an Tierwohl auszeichnet, breite Zustimmung in der Gesellschaft findet, Umweltauswirkungen berücksichtigt und ökonomisch gut aufgestellt ist.

Mit der Nutztierstrategie hat das BMEL den Rahmen gesetzt, den hochentwickelten Sektor weiterhin zu verbessern. Tier- und Umweltschutz sind dabei genauso beachtete Kriterien wie Qualität bei der Produktion und Marktorientierung. Im Rahmen der Strategie wird z. B. getestet, wie neue Ställe aussehen könnten; dazu werden unter anderem Erfahrungen aus sogenannten Modell- und Demonstrationsvorhaben ausgewertet. Experten und Landwirte unterstützen mit Fachwissen und Empfehlungen.

Eine große Herausforderung der Landwirtschaft ist es, zu zeigen was sie macht, wie sie es macht und zu erklären warum sie es so macht. Für die Akzeptanz in der Gesellschaft ist das unabdingbar. Dabei geht es unter anderem darum, die Bedingungen aufzuzeigen, unter denen die Landwirte produzieren:

- Wie werden die Tiere gehalten?
- Welche Auswirkungen auf das Grundwasser oder die Luft hat die Landwirtschaft?
- Welchen Beitrag leistet die Landwirtschaft für die Allgemeinheit und zur Kulturerhaltung?

Unser Anspruch ist es, Lösungen zu schaffen, den Tierschutz und Umwelteinwirkungen, die Ökonomie und die Wünsche der Gesellschaft zusammenbringen. Nur so ist unsere Landwirtschaft zukunftsfähig.

Unterstützt wird die Nutztierstrategie durch das Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung, welches sich mit aktuellen Entwicklungen und Herausforderungen aus allen Bereichen der Nutztierhaltung beschäftigt und Lösungswege für das BMEL vorschlägt. Es soll Ansätze für die Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz der Nutztierhaltung in Deutschland aufzuzeigen und Ideen und Vorschläge zur Weiterentwicklung und Umsetzung der Nutztierstrategie entwickeln.

# Strategien in der Nutztierzüchtung zur Anpassung an den Klimawandel

*Prof. Dr. Sven König, Dr. Kathrin Halli, Cordula Kipp,  
Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Gießen*

Der vorliegende Beitrag fokussiert im ersten Teil auf die Auswirkungen von Hitzestress auf Produktionsmerkmale und funktionale Merkmale von hochleistenden Holstein Friesian Kühen und extensiv gehaltenen Rindern der Rasse Rotes Höhenvieh auf rein phänotypischer Ebene. Im zweiten Teil geht es um quantitativ-genetische Studien mit Inhalten zu Genotyp-Umwelt-Interaktionen und der Analyse von Bullenzuchtwerten in Abhängigkeit kontinuierlicher Umweltgradienten wie Temperatur und Luftfeuchte. Abschließend verweist der dritte Teil auf molekulargenetische Perspektiven wie der Identifizierung von ursächlichen funktionalen Mutationen, die zur Anfälligkeit oder Robustheit gegenüber Umwelteinwirkungen beitragen. In diesem Kontext werden auch die Möglichkeiten neuer Züchtungstechniken wie die des Genome Editing angesprochen.

Auf rein phänotypischer Ebene konnte in der Arbeitsgruppe in Gießen für eine Vielzahl an Merkmalen der negative Einfluss von Hitzestress nachgewiesen werden. Dabei wird Hitzestress in tierzüchterischen Studien in der Regel über einen Temperatur-Luftfeuchte Index (Temperature-Humidity Index = THI) abgebildet. Bis zur Schwelle von THI 65 reagierten die Kühe ohne Leistungsabfall oder gesundheitliche Beeinträchtigungen. Für THI größer 65 waren allerdings signifikante Rückgänge in der Milchleistung erkennbar. Noch sensibler reagierten die niedrig erblichen funktionalen Merkmale. Hierzu konnte ein großer Datensatz an Gesundheitsmerkmalen (Mastitis, Klauenerkrankungen, Stoffwechselstörungen) von über 20.000 Kühen aus sogenannten Testherden in Bezug zu Klimamessungen im Stall ausgewertet werden. In Rassevergleichen waren die hochleistenden HF-Tiere tendenziell anfälliger als das Deutsche Schwarzbunte Niederungsrind, insbesondere wenn der Vergleich bei extremen THI auf physiologische Kenngrößen wie Puls- oder Atemfrequenz fokussierte. Besonders interessant ist, dass wir aktuell auch zeitverzögerte Effekte von Hitzestress nachweisen konnten. So zeigte Hitzestress während der Trächtigkeit (insbesondere der Einfluss auf das Muttertier während der Spätträchtigkeit) zeitverzögerte nachteilige Effekte bei den Nachkommen bis hin zur verkürzten Nutzungsdauer. Auch bei der Extensivrasse des Roten Höhenvieh konnten wir diesen Einfluss für Merkmale der Gewichtsentwicklung und Fruchtbarkeit nachweisen. Die zugrundeliegenden möglichen genetischen Mechanismen werden aktuell in einem DFG-Forschungsvorhaben analysiert.

Mittels innovativer genetisch-statistischer Modellierungen war es möglich, Erblichkeiten und Zuchtwerte in Abhängigkeit des THI zu schätzen. Die Erblichkeiten und genetischen Varianzen im gleichen Merkmal zeigten Schwankungen im THI-Verlauf. Dies deutet darauf hin, dass bestimmte Gene unter bestimmten klimatischen Bedingungen „ein- oder ausgeschaltet“ werden. Besonders interessant für die Praxis sind die geschätzten Bullenzuchtwertkurven in Abhängigkeit des THI. Wir konnten Bullen mit hohen Zuchtwerten für das Merkmal Mastitisresistenz für alle THI Bereiche identifizieren. Diese Bullen sollten die Bauern nutzen, wenn es darum geht, Robustheit ihrer hochleistenden Kühe zu verbessern. Es gibt aber auch Bullen, deren Zuchtwerte in Abhängigkeit des THI sehr stark variieren. Dies ist ein Anzeichen für sogenannte

Genotyp-Umwelt-Interaktionen, bestätigt mittels geschätzter genetischer Korrelationen von kleiner 0,80. Die Pedigree-basierten Ergebnisse konnten wir kürzlich auch unter Berücksichtigung genomischer, engmaschiger SNP Markerdaten validieren.

Es wurden aber auch schon Einzelgene identifiziert, die sehr stark mit Hitzetoleranz assoziiert sind. Dazu gehört das *SLICK*-Gen mit seinem Einfluss auf das Haarkleid, welches ursprünglich in der kleinen Population des Senepol-Rindes identifiziert wurde, aber auch in synthetische Rassen wie Carora eingekreuzt wurde. Allerdings impliziert Kreuzungszucht bzw. die Erstellung synthetischer Rassen bei Rindern eine lange Zeitschiene. Hier wäre die Anwendung des Genome Editing prädestiniert, um für Einzelgene mit großen Effekten und ohne pleiotrope Wirkungen die gewünschte Mutation zeitnah zu induzieren.

# Konsequenzen des Klimawandels für die Tiergesundheit

*Prof. Dr. Franz J. Conraths,  
Institut für Epidemiologie, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit,  
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Greifswald - Insel Riems*

Der Klimawandel, aber auch Migration, die Urbanisierung sowie die Globalisierung von Warentransporten und der weltweite Reiseverkehr führen weltweit zu veränderten Umweltbedingungen, die sich auf Tierseuchen und somit auf die Tiergesundheit auswirken können.

In besonderem Maße gilt das für Infektionen, die hierzulande früher als 'exotisch' eingestuft wurden, diesen Charakter aber weitgehend verloren haben. Hierzu zählen beispielsweise die Blauzungenkrankheit, die hauptsächlich Wiederkäuer und Kameliden betrifft, und die West-Nil-Virus-Infektion von Vögeln, Pferden und Menschen, die im Jahre 2018 erstmals in Deutschland nachgewiesen wurde. Diesen anzeigepflichtigen Tierseuchen ist gemeinsam, dass sie durch Insekten übertragen werden. Auch zuvor gänzlich unbekannte Infektionskrankheiten können auftreten, wie die Schmallenbergvirus-Epidemie gezeigt hat. Auch diese Virusinfektion wird von Insekten (Gnituren) übertragen. Darüber hinaus wurden in Deutschland in jüngerer Zeit vermehrt Zecken der Gattung *Hyalomma* nachgewiesen, die das Virus des Krim-Kongo Hämorrhagischen Fiebers übertragen können, welches beim Menschen zu schweren, nicht selten tödlich verlaufenden Erkrankungen führt, während die Infektion bei Tieren symptomlos verläuft.

Vor dem Hintergrund der Globalisierung müssen wir jederzeit damit rechnen, dass bei uns nicht heimische Tierseuchen eingeschleppt werden. Es ist wahrscheinlich, dass der Klimawandel diese Entwicklung insbesondere bei den Vektor-übertragenen Krankheiten zusätzlich befördern kann. Mögliche Schutzmaßnahmen reichen je nach Tierseuche von einer Verbesserung der Biosicherheit bis hin zu flächendeckenden Impfungen. Unabhängig davon würde eine Begrenzung des Temperaturanstiegs das Risiko der Ausbreitung von Vektor-übertragenen Tierseuchen mindern helfen.

# Entwicklung weltweiter Warenströme für Futtermittel durch den Klimawandel

*Dr. Hermann-Josef Baaken,  
Deutscher Verband Tiernahrung e. V., Bonn*

Weltweit steigt der Bedarf an tierischem Eiweiß. Treiber für die Entwicklung ist die unaufhaltsam wachsende Weltbevölkerung und der steigende Konsum in einigen Regionen, speziell in Asien und besonders in China. Internationale Wertschöpfungsketten, die großen Distanzen zwischen Produktionsländern, Veredelungsstandorten und Endkonsumenten überbrücken, rücken die deutsche Tiernahrungsbranche an einen der „hot spots“ für die Erzeugung tierischer Lebensmittel.

Die offenen Märkte und Erfolge in der Pflanzenzüchtung haben dazu beigetragen, dass Rohstoffe für die Tierernährung in ausreichendem Maße und bester Qualität mit herausragenden Inhaltsstoffen und Eigenschaften vorhanden sind, aber zu einer starken Vereinheitlichung des Anbaus von Flächen geführt haben. Beispiele sind Soja und Palmöl. Angetrieben werden diese Entwicklungen durch eine immer größere Nachfrage nach Rohstoffen in Kombination mit fehlgeleiteter Rohstoffpolitik.

In verschiedenen Regionen steigt der Lebensmittelbedarf mit besonderen Qualitätsansprüchen, die nach einer Sättigung über die Inhaltsstoffe und die Grundversorgung hinausgehen. In Europa werden zunehmend „weiche“ Faktoren für die Entscheidung herangezogen. Das Leitthema in diesem Zusammenhang ist die Nachhaltigkeit, die einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Klimasituation leisten kann. Dabei ist die Lösung komplex, da sich die moderne Tierernährung als wichtiges Element innerhalb der Lebensmittelkette den Anforderungen der Nachhaltigkeit stellen muss.

Bei der weiteren Veränderung des Klimas wird die nördliche Halbkugel und damit auch Europa weiterhin eine entscheidende Rolle für die Lebensmittelerzeugung spielen. Pauschale Urteile über die Nachhaltigkeit werden hierbei den Anforderungen zur Bewertung nicht gerecht. Tendenziell wird sich die Produktion in die Länder verlagern, in denen die Bevölkerung lebt, wenn dort das entsprechende Knowhow und zugleich die adäquate klimatische Situation vorhanden sind.

Für die Tierernährung können heute weltweit alle zur Verfügung stehenden Ressourcen genutzt werden. Maßstab ist und bleibt der Eiweißwert, der die „Währung“ des Tierernährers ist und mit verschiedenen Rohstoffen erzeugt werden kann. Zunehmend werden die Erkenntnisse der Kreislaufwirtschaft im Verständnis an Bedeutung gewinnen und durch den Einsatz vieler Nebenprodukte zu einer Reduzierung von Ressourcen führen. Durch die Reduzierung von Rohstoffverlusten wird ein wichtiger Beitrag für die Rohstoffeffizienz und damit zur Versorgung von Tieren geleistet.

Auf neue Technologien und Produktivitätssteigerungen kann die Landwirtschaft dauerhaft nicht verzichten. Allein die Reduzierung der Entwaldung und die Vermeidung der Erosion durch den wirtschaftlich erkaufen einseitigen Anbau wird die Notwendigkeit hierzu untermauern. Eine Differenzierung zwischen pflanzlicher und tierischer Produktion in der Landwirtschaft ist nicht mehr zeitgemäß, weil sich beide Bereiche

gegenseitig beeinflussen. Um Vertrauen für die modernen Produktionsmethoden aufzubauen, sind Zertifizierungs- und Qualitätsmanagementsysteme ein unabdingbares Handwerkszeug für die Lebensmittelwirtschaft. Mit einheitlichen Standards, die von Staaten entsprechend der gesellschaftspolitischen Vorgaben in gültige Vereinbarungen festgelegt werden müssen, kann für die Wirtschaft der Rahmen gesteckt werden, um die Akzeptanz zu festigen.

# Anforderungen an die Futterversorgung und Futtervorratshaltung

*Dr. Martin Pries,  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf*

Die Folgen des Klimawandels für die Futterwirtschaft sind vielschichtig und bereits heute in Teilen spürbar. Ernteausfälle bzw. starke Mindererträge aufgrund hoher Temperaturen und fehlender Niederschläge sind ein Aspekt. Zusätzlich problematisch sind Starkregenereignisse sowie daraus resultierende Überschwemmungen und langanhaltend stehendes Wasser auf den Futterflächen. Der Verderb ganzer Ernten und in Einzelfällen der Verlust von Futtervorräten können die Folge sein.

In der Veredlungswirtschaft (Schwein und Geflügel) kann fehlendes oder untergegangenes Futter aufgrund der hohen Transportwürdigkeit und der internationalen Handelsbeziehungen relativ problemlos durch Futterzukaufe ausgeglichen werden. Die Kosten des Zukaufs entscheiden über die Wirtschaftlichkeit der Produktion.

Wiederkäuer sind für die Aufrechterhaltung physiologischer Pansenvorgänge auf die Zufuhr von strukturwirksamen Grobfutter angewiesen. Diese Futter werden in der Regel im eigenen Betrieb angebaut oder in der näheren Umgebung zugekauft. Ein weiter Transport ist in der Regel unwirtschaftlich und unterbleibt in Folge dessen. Wird die gute fachliche Praxis bezüglich des Trockenmassegehaltes und der Dichtlagerung im Rahmen der Silierung eingehalten, sind folgende Grobfuttervorräte an Gras- und Maissilagen überschlägig zur Verfügung zu stellen:

Milchkühe:	20 m <sup>3</sup> /Kuh/Jahr
Färsen:	10 m <sup>3</sup> /Tier/Jahr
Rindermast:	10 m <sup>3</sup> /Tier/Jahr.

Die Versicherungswirtschaft bietet Policen an, die Ernteausfälle durch Trockenheit und Starkregen entschädigen. Die Kosten hierfür variieren zwischen 10 - 15 €/ha. Im Falle von Trockenschäden wird beispielsweise gezahlt, wenn ein Index, gebildet aus den 5 trockensten Jahren der letzten 40-jährigen Periode, unterschritten wird. Zu beachten ist ferner, dass Verschmutzung des Futters durch Überschwemmung, Sturmschäden im Mais und das gesamte Grünland nicht versichert sind.

Folgende Maßnahmen können bei Grobfutterknappheit in der Rationsgestaltung Anwendung finden:

Maßnahme:

1. Milchleistungsfutter um 2 kg/Kuh/Tag erhöhen:
2. Nebenprodukte (8 – 15 kg) einsetzen:
3. Trockensteher ohne Silagen füttern:
4. Silagefreie Rationen für Aufzuchttrinder:
5. Silagefreie Rationen in der Bullenmast:

Grobfuttereinsparung:

- 2 m<sup>3</sup>Kuh/Jahr
- 2 – 4 m<sup>3</sup>/Kuh/Jahr
- 2 m<sup>3</sup>/Kuh/Jahr
- 10 m<sup>3</sup>/Rind/Jahr
- 10 m<sup>3</sup>/Bulle/Jahr

Reaktionsmöglichkeiten im Futterbau:

1. Getreideganzpflanzensilage ernten
2. Zwischenfrüchte anbauen
3. Trockenheitsresistente Arten und Sorten bevorzugen
4. Roggenanbau forcieren
5. Grünlandmanagement intensivieren

Der Klimawandel erfordert flexible Reaktionen in der gesamten Kette der Futterwirtschaft und der Rationsgestaltung. Nur ein ganzes Maßnahmenbündel wird in der Lage sein, Bestandsabbau größeren Ausmaßes zu verhindern. Für die Tierernährung besteht die Herausforderung darin, den Futterwert neuer Arten und Sorten zu bestimmen und in Fütterungsversuchen zu prüfen. Auch für Silagen aus dem Zwischenfruchtanbau fehlen aktualisierte Nährstoffgehalte und Futterwerte. Umsichtige Landwirte beherzigen schon seit langer Zeit die Empfehlung: eine Ernte auf dem Bankkonto, eine Ernte im Lager und eine Ernte auf dem Halm.

# Reservefuttermittel, alte und neue Futterquellen

*Prof. Dr. Hans Schenkel,  
Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart*

Reservefuttermittel kann man als Futtermittel sehen, die zum Zug kommen, wenn durch Klima- aber auch durch politische Ereignisse, die üblichen oder die Hauptkomponenten einer Ration nicht oder nicht in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte sind eine Reihe von Futtermitteln aus der Fütterung weitgehend verschwunden. Dies hat sehr unterschiedliche Ursachen, wie zum Beispiel gesetzliche Regelungen zur Lebensmittelsicherheit (z. B. Speisereste, bestimmte Schlachtnebenprodukte) oder technische Änderungen in Ernte und Aufarbeitung sowie Betriebsstruktur (Rübenblatt, Kohlblättern, Laub).

Unter den veränderten Rahmenbedingungen werden nicht nur die bekannten Getreidearten und Körnerleguminosen züchterisch hinsichtlich des Einflusses von Temperatur und Wasserversorgung bearbeitet, auch Pflanzen, die weitgehend aus der Produktion verschwunden waren, finden neues Interesse wie z. B. die Hirse oder der Buchweizen sowie verschiedene Pseudocerealien, die noch den hiesigen klimatischen Bedingungen angepasst werden müssen.

Im Rahmen verschiedener biotechnologischer Prozesse fallen wertvolle Futtermittel wie Trockenschlempen, Gluten und andere proteinreiche Fraktionen (Proteinisolate) und Oligosaccharide an.

In der Vergangenheit sind immer wieder Probleme hinsichtlich einer ausreichenden Proteinversorgung aufgetaucht. Auch heutzutage wird angesichts der erheblichen Proteinimporte von einer Proteinlücke gesprochen.

Inwieweit hier die Bemühungen um den Anbau von Körnerleguminosen oder die veränderte Grünlandnutzung und der Futterbau eine grundlegende Bedeutung zukommt, wird sich zeigen. Neu in die Diskussion eingebracht wurden die Nutzung des Proteins aus Mikroalgen und Insekten sowie aus der mikrobiellen Fermentation. Hier wird man abwarten müssen, welche Mengen aus diesen Quellen bereitgestellt werden können. Es ist zu beachten, dass eine Wertschöpfung nicht nur über eine Futtermittelnutzung, sondern über zahlreiche weitere Wege (Nahrungsergänzung, Kosmetika, Energie etc.) erfolgt. Ein Vorteil wäre unter anderem auch die weitgehend flächenunabhängige Erzeugung. Die Diskussion wird dabei aber intensiver werden, nachdem prognostiziert wird, dass der Klimawandel Auswirkungen auf die Erträge bzw. Anbauflächen für Sojabohnen und Raps hat. Die Erschließung weiterer Futtermittel aus tierischen Nebenerzeugnissen und Lebensmittelabfällen, wie sie zum Teil in außereuropäischen Ländern stattfinden, bedarf einer weiteren Abklärung insbesondere aus Aspekten der Sicherheit.

Manche der genannten Reservefuttermittel weisen eine eingeschränkte Verdaulichkeit auf. Gründe können in einer starken Lignifizierung, einer Chitinumandelung oder Zellwänden mit spezifischen Polysacchariden wie bei einigen Mikroalgen sein. Hier sind futtermitteltechnologische Verfahren oder die Zugabe externer Enzyme zur effizienteren Verwertung gefordert.

# Strategien in der Tierernährung zur Anpassung an den Klimawandel

*Prof. Dr. Dr. Sven Dänicke,  
Institut für Tierernährung, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit,  
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Braunschweig*

Der Klimawandel, der durch ansteigende atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentrationen hervorgerufen wird und mit einer damit verbundenen Erhöhung der Umgebungstemperatur einhergeht, stellt auch für die Landwirtschaft und die agrarwissenschaftliche Forschung eine Herausforderung für die Zukunft dar. Aus Sicht der Tierernährungsforschung gilt es, die Konsequenzen der Klimaveränderungen auf den Futterwert abzuschätzen sowie Anpassungsstrategien für die Fütterung zu entwickeln, um dem zu erwartenden thermischen Stress für die Tiere entgegenzuwirken.

Tierische Leistung in Form von Milch, Fleisch und Eiern ist stets mit Wärmeproduktion durch das Tier verbunden, da jede Energieumwandlung im Organismus zwangsläufig mit Energieverlusten verbunden ist, die in Form von Wärme anfallen. Diese Wärme kann das Tier zur Aufrechterhaltung seiner Körperkern-temperatur nutzen. Steigt nun die Umgebungstemperatur über einen bestimmten Punkt an (=kritische Umgebungstemperatur), dann wird diese im Stoffwechsel entstehende Wärme nicht mehr für die Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur benötigt, sondern muss über entsprechende physiologische Anpassungsmechanismen abgegeben werden, was den Organismus belastet und zwangsläufig die Leistung reduziert. Da letztlich die mit der Leistung verbundene Wärmeproduktion das Resultat der Energie- und Nährstoffzufuhr über das Futter darstellt, stellt die Regulation der Futterraufnahme für das Tier eine wichtige Stellgröße zur Reduktion der Wärmebelastung dar. Aus praktischer Sicht gilt es nun, die mit den Nährstoffumsetzungen verbundene Wärmeproduktion und den damit verbundenen Wärmestress für das Tier zu reduzieren, um dadurch die Reduktion im Futterverzehr und die damit einhergehenden Leistungseinbußen möglichst gering zu halten.

Eine Möglichkeit besteht in der Erhöhung der Energiekonzentration des Futters, um die Energieversorgung bei sinkender Futterraufnahme zu gewährleisten. Eine Erhöhung der Energiekonzentration der täglichen Ration ist in der Regel verbunden mit einem höheren Anteil leicht verdaulicher Kohlenhydrate und einem verminderten Anteil an Rohfaser. Insbesondere beim Wiederkäuer, der aus verdauungsphysiologischen Gründen auf einen Mindestanteil an strukturwirksamer Rohfaser angewiesen ist, kann eine Reduktion des Rohfaseranteils bis zu dieser physiologischen Grenze zu einer Reduktion der Wärmeproduktion führen. Dies resultiert daraus, dass Rohfaser (pflanzliche Zellwandbestandteile) einen höheren Aufwand an Verdauungsarbeit erfordert, mit Fermentationsverlusten (z. B. Methan) sowie einer verringerten Verwertung der absorbierten Fermentationsprodukte verbunden ist. All diese Prozesse generieren zusätzliche Wärme; man sagt, sie sind mit einem höheren Wärmeinkrement verbunden.

Eine weitere Möglichkeit, die Energiekonzentration der täglichen Ration zu erhöhen, besteht in der Verwendung von Futterfetten, die sich zudem durch ein geringeres Wärmeinkrement auszeichnen. Das bedeutet, dass die Verwertung der Futterfette im Stoffwechsel mit einer geringeren Wärmebildung verbunden ist. Ähnlich wie bei der Reduktion der Rohfaser physiologische Mindestgrenzen einzuhalten sind, so sind auch beim Futterfetteinsatz physiologische Obergrenzen zu berücksichtigen.

Auch die Eiweißversorgung muss den veränderten Bedingungen angepasst werden. Einerseits muss dem bei höheren Umgebungstemperaturen auftretenden Rückgang der Futterraufnahme und damit der Eiweißaufnahme durch eine höhere Eiweißkonzentration im Futter entgegengewirkt werden, aber andererseits darf keine Überversorgung an Eiweiß auftreten, da dieser Überschuss im Stoffwechsel energieaufwändig in Harnstoff umgewandelt werden muss, was letztlich wieder mit der Generierung zusätzlicher Wärme verbunden ist.

Neben den Hauptnährstoffen (Fette, Eiweiße, Kohlenhydrate) interagieren auch Mineralstoffe, Vitamine und unerwünschte Stoffe mit dem Energie- bzw. Wärmeumsatz des Tieres und müssen im Rahmen einer komplexen Rationsgestaltung berücksichtigt werden.

Dass der mit steigenden Umgebungstemperaturen ansteigende Tränkwasserbedarf abzusichern ist, dürfte selbstverständlich sein, wobei unter diesen Bedingungen über eine verringerte Tränkwassertemperatur positive Effekte auf das Wohlbefinden der Tiere erreicht werden können.

Neben den aufgezeigten Möglichkeiten, über die Rationsgestaltung einen Einfluss auf die Futter-bedingte Wärmebildung auszuüben, stehen bestimmte Optionen der Fütterungstechnik für eine Reduktion der Wärmebildung durch das Tier zur Verfügung. So kann sich ein verringertes Futterangebot während heißer Tagesphasen bei erhöhtem Angebot während der kühleren Abend- und Nachtstunden einerseits positiv auf die Aufrechterhaltung der Futterraufnahme auswirken und andererseits dazu beitragen, die fütterungsbedingte Wärmebildung auf Tageszeiten zu verschieben, zu denen die Wärmeabgabe durch die verringerten Umgebungstemperaturen für das Tier erleichtert wird.

Insgesamt gesehen ist die Fütterung unter erhöhten Umgebungstemperaturen auf die Haltungsbedingungen, die zu berücksichtigenden Tierarten bzw. Tierkategorien sowie deren genetischen Hintergrund abzustimmen.

# Auswirkungen des Klimawandels auf die Futtermittelsicherheit

*Dr. Monika Lahrssen-Wiederholt,  
Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin*

Mit dem Klimawandel sind vielfältige und standortspezifische Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion zu erwarten, die sich auch auf die Belange der Futtermittelsicherheit auswirken können. Im Folgenden werden einige mögliche Themenbereiche vorgestellt und anhand von Beispielen erörtert.

Temperatur, Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit bleiben Schlüsselfaktoren für das Pflanzenwachstum und die Produktivität; prognostizierte Veränderungen dieser Faktoren einschließlich extremer Witterungssituationen werden zu geringeren Ernteerträgen führen. Bei Verknappung von Futter- und auch Wasserressourcen kommt die Verwendung von alternativen Quellen (z. B. Wiederverwendung von kommunalen Abwässern zur Beregnung von Feldern, Wiederverwertung von Speiseresten in der Tierernährung, Möglichkeiten der Wiedergewinnung von Phosphor, Verwendung „exotischer“ Futtermittel) zunehmend in den Fokus. Die Auswirkungen auf die Qualität und Sicherheit der Futtermittel werden hier zu klären sein. Weiterhin werden auch Importe von Futtermitteln eine wichtige Rolle spielen, um die Nährstoffversorgung der Tiere sicherzustellen. Dabei können in den Exportländern andere Bedingungen für den Einsatz von z. B. Pflanzenschutzmitteln und Insektiziden gelten als innerhalb der EU, so dass mögliche Rückstände aus der dortigen Anwendung mitimportiert werden können.

Temperaturerhöhung und längere Phasen mit geringen/keinen Niederschlägen führen neben Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung von Nutzpflanzen (veränderte Nährstoffgehalte) auch zu Verschiebungen in ökologischen Pflanzengesellschaften. Die Folge (in Verbindung mit einem zunehmenden Trend der Stilllegung/Extensivierung von Agrarflächen) ist ein vermehrtes Auftreten von Pflanzen, deren sekundäre Inhaltsstoffe (Pyrrolizidinalkaloide, Tropanalkaloide, Photosensibilisierende Stoffe) ein Risiko für die Tiergesundheit und die Lebensmittelsicherheit darstellen können.

Neben Phasen von extremer Trockenheit können Starkniederschläge in Verbindung mit Überschwemmungen und dadurch bedingten Bodenverlagerungen auftreten. In der Folge kommt es zu Verlagerungen von persistenten (an-)organischen Kontaminanten (Schwermetalle, Dioxine, PCB's) entlang von Flüssen auf landwirtschaftliche Nutzflächen, was deren nachhaltige Nutzung für die Futterproduktion zunehmend erschwert.

Zuletzt stellen wärmere, humide Bedingungen auch bessere Wachstumsbedingungen für bestimmte Pilze dar. Bei gleichzeitig erhöhtem Stress für Nutzpflanzen wird das Auftreten von Mykotoxinen (z. B. Aflatoxin B1) wahrscheinlicher und damit auch das Risiko für die Tiergesundheit und die Lebensmittelsicherheit.

# Anpassung der Tränkwasser- versorgung an den Klima- wandel

*Prof. Dr. Josef Kamphues,  
Institut für Tierernährung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover*

Für die Tierproduktion unter hiesigen klimatischen Bedingungen sind Vorstellungen von einer begrenzten Verfügbarkeit des Produktionsfaktors Wasser und ihrer möglichen Konsequenzen kaum entwickelt. In anderen Regionen der Welt war und ist dieser Faktor seit jeher als produktionslimitierend bekannt, und zwar nicht nur als singuläres Ereignis, sondern als wiederkehrende oder gar mehr oder weniger kontinuierliche Einflussgröße auf die Tierhaltung und Versorgung der Tierbestände mit Tränkwasser. Vor diesem Hintergrund sollen im vorliegenden Beitrag mögliche Konsequenzen einer eher knappen Verfügbarkeit von Wasser für die hier etablierte Tierhaltung näher vorgestellt werden.

Im Klimawandel sind - neben der Temperatur - die Menge und Verteilung von Niederschlägen, aber auch die „Verluststraten“ (Verdunstung) entsprechend weniger günstig, so dass in der Pflanzen- und Tierproduktion Anpassungen erforderlich werden dürften bzw. Fragen der „Effizienz“ der Wassernutzung („water productivity“ / „water foot print“) an Bedeutung gewinnen werden. Eine ungünstige Verteilung der Niederschläge mit Phasen einer längeren Dürre, aber auch sehr hohen Niederschlägen (Überschwemmungen etc.) hat entsprechende Konsequenzen für die Futterproduktion (Art der Pflanzen und Erträge), evtl. aber auch für die Einträge auf Flächen, die zur Futterproduktion genutzt werden (s. Dioxin auf flussnahe Grünland).

In diesem Zusammenhang ist dann eine der ersten Konsequenzen, jeden nicht zwingend erforderlichen Verbrauch des knappen Gutes zu vermeiden. In der Tierhaltung sind aber nicht nur die Tiere als Verbraucher wirksam, sondern auch diverse Maßnahmen in der Tierhaltung, die von der Reinigung und Desinfektion der Stallanlagen und -einrichtungen über die assoziierte Technik (z. B. Melkroboter) bis zum Versprühen von Wasser zur „Kühlung“ von Räumen und Tieren reichen.

Eine ungenügende Wasseraufnahme führt bei den Tieren - je nach Dauer und Grad - auch zu Einbußen in der Leistung (insbesondere aufgrund einer geringeren Futtermittelaufnahme), zu Unruhe (ggf. auch zu Verhaltensstörungen wie „Schwanzbeißen“) und weiteren Reaktionen wie z. B. zur Reduktion der Harnmenge und Harnkonzentrierung. Unter diesen Bedingungen werden schließlich Infektionen der harnsammelnden/-ableitenden Wege evtl. sogar zu einem Bestandsproblem, wie z. B. in früheren Jahren als Folge eines begrenzten Wasserangebots bei tragenden Sauen beobachtet wurde.

Mit dem Klimawandel werden Phasen hoher Außen- und Stalltemperaturen häufiger bzw. länger andauernd. Hiervon sind insbesondere zwei Prozesse maßgeblich betroffen: Zum einen steigt unter diesen Bedingungen die Wasseraufnahme, d. h. die Relation zwischen der Wasser- und TS-Aufnahme wird erheblich weiter, zum anderen wird ein größerer Anteil des aufgenommenen Wassers über den Atmungsstrakt abgeatmet/verdunstet, nicht zuletzt zur Sicherung einer entsprechenden Thermoregulation, die mit hoher Priorität auf eine Konstanz der Körpertemperatur ausgerichtet ist. Schließlich kommt es unter den Bedingungen höherer Stalltemperaturen auch zu einer forcierten Wasseraufnahme, die nicht unbedingt

dem „Bedarf“ geschuldet ist, sondern eher dem „Komfort-Verhalten“ zuzuordnen ist (z. B. mit eindeutiger Bevorzugung des Tränkwassers mit eher niedriger Temperatur). Aus höheren Umgebungstemperaturen (im Stall wie auch im Freien) resultieren des Weiteren besondere Risiken für Mängel in der hygienischen Qualität des Tränkwassers, insbesondere bei längeren Standzeiten des Wassers (siehe: „Grünalgen“-Intoxikation im Hochsommer bei Weidevieh).

Mögliche Anpassungen in der Tränkwasserversorgung von Tierbeständen sind auf ganz unterschiedlichen Wegen möglich, wie z. B.

- Nutzung von Spezies mit geringstem „Wasserbedarf“ (Broiler < Pute < Schwein < Schaf < Rind),
- Abstimmung von Produktionsrhythmen auf die Wasserverfügbarkeit (Phasen maximalen Wasserbedarfs in Zeiten höchster Wasserverfügbarkeit),
- Modifikationen in der Technik des Tränkwasserangebots zur Minimierung von Wasserverlusten ohne Begrenzung der individuellen Versorgung,
- Optimierung der Mischfutterrezeptur zur Vermeidung einer regulativ forcierten Harnmengenproduktion,
- Tierzüchterische Maßnahmen mit Berücksichtigung von Faktoren wie Hitzetoleranz und Tränkwasseraufnahme (s. Mastputen-Zucht),
- Optimierung der Haltungsbedingungen mit Schutz vor einem Wirksamwerden extremer Außentemperaturen im Stallinneren,
- Kritische Evaluierung von Wasserverbräuchen in der Tierhaltung, die nicht durch die Wasseraufnahme der Tiere bedingt sind.

Vor diesem Hintergrund der geschilderten Risiken einer nicht mehr unbegrenzt möglichen Wasseraufnahme verdienen im Rahmen nötiger Anpassungen an den Klimawandel Sicherheits-/Frühwarnsysteme für die Tränkwasserversorgung besondere Beachtung, nicht zuletzt bedeutet eine Kombination von hohen Außentemperaturen und fehlender Möglichkeit zur Wasseraufnahme sehr schnell das Ende der Thermoregulation betroffener Tiere (wie u. a. aus entsprechenden Havarien bekannt ist).

#### Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

Eine bewusste Limitierung des Tränkwasserangebots mit der Konsequenz eines länger andauernden Durstgefühls ist mit der Forderung nach Tiergesundheit und Tierwohl unvereinbar (s. Forderung des Tierschutzgesetzes). Die verschiedenen Nutztierspezies unterscheiden sich ganz erheblich in ihrer jeweiligen Wasser-TS-Aufnahme-Relation (4 : 1 bis 2 : 1), diese wird aber bei allen Spezies erheblich weiter (Verdoppelung/Verdreifachung), wenn die Umgebungstemperaturen steigen. Eine der vordringlichsten Maßnahmen im Rahmen einer angestrebten Anpassung ist eine Optimierung der Tränketchnik, die zu einer Minimierung der Wasserverluste bei der Tränkwasseraufnahme führt. Jede Limitierung der Tränkwasseraufnahme ist insbesondere unter dem Aspekt der Thermoregulation ein erhebliches Risiko für die Tiergesundheit. Im Rahmen der Mischfutteroptimierung verdienen alle Nährstoffe eine besondere Berücksichtigung (nur Bedarfsdeckung!), deren Überschüsse vorwiegend renal ausgeschieden werden (Na, K, Mg, N, S). Wann immer die begrenzte Verfügbarkeit eines Produktionsfaktors zu einem Problem wird, ergeben sich Fragen zur Effizienz seiner Nutzung, was in vielen anderen Bereichen zu langfristig sinnvollen Veränderungen (Modifikationen) und neuen Lösungsansätzen (Innovationen) führte.

Literaturverzeichnis beim Autor.-

# Poster zu aktuellen Arbeiten des Instituts für Tierernährung des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI), Bundesforschungs- institut für Tiergesundheit, Braunschweig

1. Long-term dietary exposure to *Fusarium*-toxin contaminated and sodium sulphite treated feedstuff in pigs and its impact on physiological parameters

*Bahrenthien, L.; Kluess, J.; Berk, A.; Kersten, S.; Frahm, J.; Hüther, L.; Beer, M.; Wernike, K.; Harder, T.; Schatzmayr, D.; Zeyner, A.; Dänicke, S.*

2. Stand und Perspektiven der Digitalisierung am Institut für Tierernährung

*Billenkamp, F.*

3. pH-Wert als Indikator für subakute Pansenazidose bei unterschiedlichen Kraftfutteranteilen in der Ration von Milchkühen

*Bünemann, K.; von Soosten, D.; Meyer, U.; Dänicke, S.*

4. "MitoCow" – Effect of dietary L-carnitine on haematological profiles in dairy cows with special emphasis on parturition

*Daniels, S. U.; Meyer, J.; Frahm, J.; Kersten, S.; Kluess, J.; Meyer, U.; Huber, K.; Dänicke, S.*

5. Dynamic of circulating leukocyte subsets in lactating dairy cows in response to an acute systemic endotoxin challenge

*Frahm, J.; Kersten, S.; Bühler, S.; Kluess, J.; Huber, K.; Rehage, J.; Dänicke, S.*

6. Einfluss steigender Anteile an einem Hoch-Protein-Sonnenblumenextraktionsschrot im Futter auf das Wachstum und die Schlachtkörperzusammensetzung von Mastbroilern

*Halle, I.; Hüther, L.*

7. Einfluss von Fasern unterschiedlicher Herkunft und Länge im Futter auf das Wachstum von Mastbroilern  
*Halle, I.; Sievers, H.; Hüther, S.; Dänicke, S.*
8. Effects of a ration change from a Total Mixed Ration to pasture combined with concentrate supplementation on metabolism of dairy cows  
*Hartwiger, J.; Schären, M.; Meyer, U.; von Soosten, D.; Kluess, J.; Breves, G.; Dänicke, S.*
9. Visualisierung der Stärkemodifikation nach technischer Futtermittelbehandlung im Futter und Chymus von Broilern  
*Liermann, W.; Bochnia, M.; Berk, A.; Zeyner, A.; Dänicke, S.*
10. Effects of a carnitine supplementation on body condition, milk yield and composition of dairy cows  
*Meyer, J.; Daniels, S.; Frahm, J.; Kersten, S.; Meyer, U.; Rehage, J.; Dänicke, S.*
11. Influence of a vegetal carbon supplementation on methane emissions of dairy cows in late lactation  
*Schäfers, S.; von Soosten, D.; Meyer, U.; Dänicke, S.*
12. Sa/So alterations and health status after single-dose administration of fumonisin and FumD in pigs  
*Schertz, H.; Kluess, J.; Frahm, J.; Schatzmayr, D.; Dohnal, I.; Schwartz-Zimmermann, H.; Bichl, G.; Kunz-Vekiru, E.; Breves, G.; Dänicke, S.*
13. Untersuchungen zur Futterselektion einer Totalen Mischration (TMR) bei Milchkühen mittels Penn State Particle Separator (PSPS)  
*Steinmetz, M.; Johannes, M.; von Soosten, D.; Meyer, U.; Westendarp, H.; Dänicke, S.*
14. Vergleich verschiedener Probenahmeorte am Fahrсило und Messmethoden zur Trockensubstanz (T)-Bestimmung von Mais- und Grassilage  
*Steinmetz, M.; Wippermann, W.; von Soosten, D.; Schären, M.; Meyer, U.; Dänicke, S.*
15. Effect of glyphosate residues in animal feed on ruminal fermentation in dairy cows  
*von Soosten, D.; Schnabel, K.; Meyer, U.; Hüther, L.; Dänicke, S.*
16. Investigations on the influence of different energy concentrations in rations of fattening bulls on different carcass characteristics  
*von Soosten, D.; Meyer, U.; Dänicke, S.*
17. Messung von Methanemissionen bei Milchkühen mittels Methanmessstation  
*von Soosten, D.*

#### HERAUSGEBER

Bundesministerium für Ernährung und  
Landwirtschaft  
Referat 315  
Rochusstraße 1  
53123 Bonn

#### STAND

September 2019

#### GESTALTUNG

BMEL

#### TEXT

BMEL

#### DRUCK

BMEL

#### BESTELLINFORMATIONEN

Diese Publikation können Sie kostenlos bestellen:

E-Mail: [315@bmel.bund.de](mailto:315@bmel.bund.de)

Schriftlich:

Bundesministerium für Ernährung und  
Landwirtschaft  
Referat 315  
Rochusstraße 1  
53123 Bonn

#### BILDNACHWEIS

Titel: [nirutft/stock.adobe.com](https://www.nirutft/stock.adobe.com)

**Diese Publikation wird vom BMEL kostenlos  
herausgegeben. Sie darf nicht im Rahmen von  
Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen  
eingesetzt werden.**

Weitere Informationen unter  
[www.bmel.de](http://www.bmel.de)  
 [@bmel](https://twitter.com/bmel)  
 [Lebensministerium](https://www.instagram.com/Lebensministerium)

