

57. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.

Tagungsband

*„Nachhaltigere Tierernährung: Erfolgreiche Fütterung,
Ökonomie, Biodiversität und Umwelt im Einklang“*

10. Oktober 2019 in Grub/Poing



Herausgeber:

Katrin Harms und Wilhelm Windisch

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

Liesel-Beckmann-Str. 2

85354 Freising

bat@wzw.tum.de

Selbstverlag:

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

ISBN 978-3-9816116-6-3

Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.

Moderne Nutztierfütterung und Nachhaltigkeit - ein Widerspruch?

Florian Leiber

Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), 5070 Frick, Schweiz

Einleitung

Die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere ist eines der zentralen Themen der Gegenwart für die Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion. Die Produktion der Futtermittel erfordert Ressourcen (Ackerflächen und Grünland, Düngemittel, Energie) und ruft direkte Emissionen, v.a. über die Düngemittel und den Energieverbrauch hervor. Bei der Mischung der Futtermittel kommt weiterer Ressourcenverbrauch, insbesondere durch die Beimischung von Mineralstoffen, hinzu. Die Fütterung kann, abhängig von der Balance der Nährstoffe, in erheblichem Ausmass die Emissionen durch die Tiere und ihre Ausscheidungen beeinflussen (Methan und weitere Klimagase wie Lachgas, Stickstoff- und Phosphorverbindungen, die ins Grund- und Oberflächenwasser gelangen).

Mit diesen Umweltwirkungen muss sich die tierhaltende Landwirtschaft auseinandersetzen, und der Begriff „moderne Nutztierfütterung“ muss sich auf das Ziel beziehen, so sparsam wie möglich mit den Ressourcen umzugehen, und Emissionen so weit wie möglich zu reduzieren. Dies beinhaltet einerseits die wissenschaftlich basierte Formulierung von Rationen, welche optimal auf die Leistungsansprüche, den von Genotyp und physiologischem Status abhängigen Bedarf und damit verbunden die Tiergesundheit abgestimmt sind. Optimierte Phasenfütterung bei Monogastriern sowie individuell exakt bestimmte und zugeteilte Rationen z.B. für Milchkühe oder Zuchtsauen sind dabei die wichtigsten Ansätze, die unbestritten sind und zunehmend eingesetzt werden. Der Begriff „Precision Livestock Farming“ (PLF) drückt den Anspruch aus, der an solche Ansätze heutzutage gestellt wird.

Die Frage nach der Minimierung der Umweltwirkungen durch die Fütterung kann jedoch nicht nur über optimale Rationen beantwortet werden, sondern muss sich in einer ganzheitlicheren Betrachtung auch auf eine optimale Landnutzung beziehen. Dazu gehört die nachhaltige und effiziente Nutzung von Grünland durch Wiederkäuer, die Flächenbezogenheit der Produktion mit Monogastriern, die Verwendung regionaler und betriebseigener Futtermittel und, wo dies nicht möglich ist, die Reduktion des Tierbesatzes. Bei näherer Betrachtung ist letzteres, also die Beschränkung der Tierzahlen ein unumgängliches Element der Nachhaltigkeit in der modernen Tierproduktion.

Nicht zuletzt gehört zum Anspruch einer modernen Tierhaltung auch eine wissenschaftlich basierte Position zum Tierwohl. Wissenschaftliche Fundierung sollte bei diesem Thema neben agrarwissenschaftlichen Disziplinen auch auf die Verhaltensbiologie und die Ethik bezogen sein. Auch die Fütterung kann, wie nachfolgend gezeigt werden soll, in einer verhaltensbiologischen und ethischen Perspektive angeschaut werden, was dann zu Positionen führen mag, die mit Effizienzparadigmen in deutlichem Konflikt stehen. Daraus resultieren Widersprüche und Zielkonflikte zwischen Nachhaltigkeitszielen und ethischen Ansprüchen an das Tierwohl. Diese Dilemmata bringen auch die Nutztierwissenschaften von der Moderne in die Postmoderne, in welcher eine positivistisch lineare Problemlösung gar nicht mehr möglich scheint. Sich dieser Widersprüchlichkeit anzunehmen und damit aus dem rein agrarwissenschaftlichen Kontext herauszutreten, dürfte eine der schwerwiegenden Aufgaben auch für die Tierernährung der Zukunft sein.

Rationsgestaltung

Eine optimale Nährstoffzusammensetzung der Rationen, angepasst an den physiologischen Status der Tiere, ihren Genotyp und die Leistungsanforderungen ist ein wichtiger Bestandteil nachhaltiger Fütterung, weil so Ressourceneffizienz (z.B. in Bezug auf Stickstoff und Phosphor) erreicht werden und Emissionen reduziert werden können. Die zeitlich synchronisierte Verfügbarkeit von abbaubarem Protein und Energie im Pansen von Wiederkäuern ist ebenso entscheidend für die Nährstoffeffizienz wie z.B. die optimale Aminosäurezusammensetzung im Futter für Monogastrier. Diese Zusammenhänge werden seit vielen Jahrzehnten beachtet.

Dabei sind auch die individuelle Anpassung von Kraftfutter für Milchkühe oder die Phasenfütterung bei Monogastriern, welche im Sinne des PLF zunehmend mit Hilfe elektronischer Sensortechnologien und Tiersteuerungen, sowie immer komplexerer mathematischer Modelle verfeinert und individualisiert werden (Wathes et al., 2008), nicht neu. Allerdings müssten die nun verfügbaren elektronischen Kapazitäten auch durch differenziertere biologische Modelle von Futteraufnahme, Verdauung und Verwertung unterfüttert werden. So steht z.B. im Schweizerischen Fütterungssystem für Wiederkäuer die recht komplexe Berechnung des Proteinstoffwechsels im Pansen in geradezu groteskem Missverhältnis zur extrem simplen Schätzung der Futteraufnahme (Agroscope, 2016). Die physiologischen Bedarfswerte werden mit hoher mathematischer Genauigkeit aber geringer biologischer Differenzierung (nach Rasse, Laktationsstadium, Stressfaktoren etc.) geschätzt. Hier scheint es dringend angezeigt zu wesentlichen grösserer biologischer Differenzierung und Dynamik überzugehen, was allerdings mit erheblichen experimentellen Aufwand verbunden wäre. In Frankreich wurde jedoch jüngst ein neues, biologisch komplexeres Fütterungssystem für Wiederkäuer vorgelegt (INRA, 2018).

Auch die Zudosierung von Aminosäuren, Vitaminen, Mineralstoffen und ggf. weiteren Futterzusatzstoffen, sowie deren kontinuierliche experimentelle Überprüfung und Justierung gehören selbstverständlich zur Tierernährung der Gegenwart. Intensiv wird an Rationsgestaltungen für Wiederkäuer gearbeitet, die zu einer Reduktion der Methanbildung beitragen sollen, wobei hier der durchschlagende praktische Erfolg bislang ausbleibt. Der Proteingehalt der Rationen für Monogastrier wird wo möglich durch noch optimalere Zusammensetzung der Aminosäuren reduziert, um Stickstoffemissionen zu reduzieren. Gewissermassen als Kehrwert der Emissionen kann dabei auch vor allem die Effizienz der Futtermittelverwertung eingesetzt werden.

Alle genannten Massnahmen der Rationsgestaltung können als wichtige Elemente einer modernen Tierfütterung betrachtet werden. Dennoch: ungeachtet der Tatsache, dass diesem Rationsansatz nicht der Vorwurf gemacht werden kann, er ignoriere die ökologische Nachhaltigkeit im Sinne von Stoffflüssen, stehen wir mit der landwirtschaftlichen Tierhaltung gegenwärtig immer mehr vor scheinbar unlösbaren Herausforderungen in Bezug auf den Ressourcenverbrauch und die Emissionsproblematik in regionalen wie globalen Dimensionen. Der globale Landverbrauch für die Produktion von Tierfutter steigt, die Eutrophierung der Gewässer und des Grundwassers ist ungelöst (und stellt mithin ein ökologisches Problem von gleicher Dimension wie der Klimawandel dar), und auch eine substanzielle Reduktion der Treibhausgasemissionen aus der Tierhaltung steht noch aus.

Die genannten Probleme haben viele Ursachen; im hier aufgeführten Kontext geht es aber um die Frage: trägt die präzise, wissenschaftlich basierte Rationsgestaltung zur Nachhaltigkeit bei? In Bezug auf den Status Quo lautet die Antwort ja, denn ohne diese wäre die Situation fraglos viel problematischer. Ob aber über die noch bessere Formulierung von Futtermitteln jene Dimensionssprünge der Nachhaltigkeit möglich sind, die wir heute brauchen, darf einem gewissen Pessimismus unterzogen werden.

Landnutzung und Tierernährung

Rund 560 Millionen Hektar Land werden für den Anbau von Tierfutter genutzt; das sind ca. 40 % des weltweiten Ackerlands (Mottet et al., 2017). Von dieser Ackerfläche werden 170 Millionen Hektar direkt für den Anbau von Konzentratfutter für Wiederkäuer genutzt; der direkte Anbau von Monogastrierfutter benötigt 250 Millionen Hektar (hinzukommen ca. 150 Millionen Hektar von denen Nebenprodukte in die Tierernährung fließen). Der Landanspruch für die Produktion von Ackerfutter für Wiederkäuer bzw. Monogastrier liegt also in einer vergleichbaren Dimension; für die Wiederkäuer kommen allerdings 2 Milliarden Hektar genutztes Weideland hinzu. Der Output in Tonnen Nahrungsprotein ist für beide Gruppen fast identisch: 36 Millionen Tonnen Protein von Wiederkäuern und 38 Millionen Tonnen Protein von Schweinen und Geflügel gelangen jährlich in die menschliche Nahrung (Mottet et al., 2017). Damit zeigt sich die enorme Überlegenheit der Monogastrier gegenüber den Wiederkäuern hinsichtlich der Flächeneffizienz.

Eine Antwort darauf könnte sein, aus diesem Grund die Produktion tierischen Proteins weltweit viel stärker Richtung Monogastrier und insbesondere Geflügel zu verschieben (Pelletier und Tyedmers, 2010), was auch zu erwarten ist. Wenn die Wiederkäuer stärker verdrängt werden, werden jedoch die Abhängigkeit der Tierproduktion vom Ackerland, sowie die Konkurrenz zwischen Nahrungs- und Futtermitteln und alle damit in Zusammenhang stehenden Umweltprobleme bei steigender Nachfrage nach Fleisch langfristig verschärft. Allerdings muss diskutiert werden, ob die für Wiederkäuer aktuell benötigte Ackerfläche nicht dennoch viel effizienter für Geflügel genutzt werden könnte und man den Kraftfuttereinsatz im Pansen radikal in Frage stellen müsste.

Gleichzeitig ist die globale Graslandnutzung in vielen Fällen weder nachhaltig noch effizient; so geht z.B. in Zentralasien und China mit hoher Dynamik Weideland durch zu hohen Tierbesatz verloren, ohne dass diese Gegenden einen nennenswerten Beitrag zur Lebensmittelproduktion ausserhalb reiner Subsistenz beitragen würden (Shang et al., 2014). Sowohl in den grossen Weidelandgebieten Chinas (Dickhoefer et al., 2016; Shang et al., 2014), als auch z.B. in Zentralasien (Leiber et al., laufendes Projekt) zeigt sich aber, dass vergleichsweise einfache Verbesserungen beim Weidemanagement und bei der Futterkonservierung, verbunden mit weniger aber effizienter wachsenden Tieren den Fleischertrag aus diesen Regionen erheblich steigern könnten. Diese Massnahmen wären ohne wissenschaftliche Quantensprünge direkt umsetzbar; die Widerstände liegen vielmehr auf politischen und ökonomischen Ebenen. In einer globalen Perspektive erscheint also eine substanzielle Verschiebung von Konzentratfutter weg vom Wiederkäuer hin zu Geflügel und direkter menschlicher Nahrung, verbunden mit erheblichen Anstrengungen für die effizientere Nutzung von Weideland als sehr sinnvoll. Auch in der Europäischen Landwirtschaft müssen wir uns fragen, welchen deutlichen Beitrag wir zu so einem Ansatz leisten können. Zumindest in grünlandbetonten Gegenden wie dem Alpenraum erscheint ein solcher Ansatz nicht abwegig (Leiber et al., 2015, 2017b).

Ein wesentlich radikalerer Ansatz kann unter dem Schlagwort „feed no food“ genannt werden: die Forderung nach dem vollständigen Verzicht auf direkt durch den Menschen verzehrbare Ackerfrüchte in der Tierernährung. In einer globalen Modellrechnung wurde ein solches Szenario für eine hypothetische Weltbevölkerung von 10 Milliarden Menschen mit dem heutigen status quo verglichen (Schader et al., 2015). In diesem Modell wurden nur Weideland, Raufutter aus Ackerfruchtfolgen und Nebenprodukte der Lebensmittelproduktion für die Tierernährung zugelassen; frei-werdendes Ackerland wurde für die Produktion von Hülsenfrüchten und Getreide für den Menschen eingesetzt. Das Resultat des Modells war, dass sich fast alle ökologischen Indikatoren stark verbessern würden und 10 Mrd. Menschen auf dem gleichen Niveau bezüglich Kalorien und Protein ernährt werden könnten, wie die Weltbevölkerung bei guter Verteilung heute. Entscheidend verändert wäre der Anteil tierischen Proteins am Gesamtprotein in der menschlichen Ernährung. Dieser betrüge nur noch 11%; das entspräche für einen Erwachsenen ca. 60g tierisches Protein pro Woche. Im Vergleich zu heute wäre dies ein erheblicher, aber kein totaler Verzicht. Dieses Szenario ist hypothetisch; es zeigt aber, dass die Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere ein Schlüsselfaktor ist, der durchaus auch radikalen

Überlegungen unterzogen werden muss, wenn den Herausforderungen an die ökologische Nachhaltigkeit der globalen Lebensmittelproduktion substantziell begegnet werden soll.

Die Notwendigkeit der besseren Nutzung von Neben- und Abfallprodukten und des effizienteren Recyclings von Nährstoffen bleibt von diesen Überlegungen unbenommen. Der Einsatz von Insekten könnte ein Ansatz sein (Maurer et al., 2015; Leiber et al., 2017a); hier sind allerdings noch viele Fragen offen, insbesondere in Bezug auf die Futtermittelverwertung durch die Insekten selbst. Sehr vielversprechend erscheint auch das Recycling von Stickstoff und Phosphor aus Gülle durch Wasserlinsen (Stadtlander et al., 2019).

Ethische Aspekte der Tierernährung

Ernährungssicherheit ist bei Weitem nicht mehr der einzige Anspruch der in Europa gesellschaftlich an die Landwirtschaft gestellt wird. Neben der ökologischen Nachhaltigkeit und Landschaftsgestaltung spielt insbesondere das Tierwohl eine sehr wichtige Rolle in der gesellschaftlichen Wahrnehmung. Weder die Landwirtschaft selbst noch die Forschung kann sich dem verschliessen. Auch die Tierernährung hat wesentliche Tierwohl-relevante Aspekte. Ein Aspekt ist völlig unbestritten: ein Nutztier muss so ausreichend mit adäquatem Futter versorgt werden, dass es keinen Mangel an Nährstoffen, Vitaminen und Mineralstoffen leidet und dass es keinen verdauungsphysiologischen Schaden nimmt. Ausserdem ist es vor schädlichen Substanzen wie Pathogenen, Giften, Schwermetallen etc. zu schützen.

Damit ist der Tierwohl-Aspekt der Fütterung nicht ausgeschöpft. Zwei weitere Fragen müssen gestellt werden. Erstens: die ausreichende und balancierte Versorgung mit Nährstoffen kann (und muss, in bestimmten Fällen) zwar als Folge der Leistung angeschaut werden, sie funktioniert aber auch als Treiber der Leistung. So lässt sich z.B. über den Proteingehalt in der Milchviehration in gewissem Ausmass die Milchleistung erhöhen, was dann erst sekundär zum Energiemanko führt. Es kann aber die Frage gestellt werden, ob es ethisch richtig ist, immer auf maximale Leistung hin zu füttern, nur weil es funktioniert. Vielmehr lässt sich auch annehmen, dass ein Tier natürlicherweise mit seinem Stoffwechsel ein Optimum anstrebt, das sich vom permanenten Maximum unterscheidet, und es könnte als Tierwohl definiert werden, dieses Optimum anzustreben (Leiber, 2014).

Zweitens: der Vorgang der Futtersuche und des Fressens selbst gehört zu den wesentlichsten Beschäftigungen eines wilden Tieres, insbesondere eines Pflanzenfressers. Es ist anzunehmen, dass hiermit starke Instinkte und daraus resultierende Bedürfnisse und Fähigkeiten verbunden sind. An einem Beispiel der Wiederkäuer soll dies kurz erläutert werden: Es ist vielfach gezeigt worden, dass nur geringe Anteile der essentiellen Linolensäure (C18:3,n-3) aus dem Futter die Pansenfermentation überstehen und absorbiert werden können (Chilliard et al., 2007). Der Anteil der Linolensäure, welcher im Pansen derivatisiert wird, liegt über 90 %, bei intensiver Fütterung sogar über 95 %. Andererseits ist klar, dass sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, wie z.B. Tannine, die Linolensäure vor der Derivatisierung schützen (Khiaosa-ard et al., 2009). Hinzu kommt breite wissenschaftliche Evidenz dafür, dass Wiederkäuer in der Lage sind, Imbalancen oder toxische Stoffe im Pansen durch gezielte Aufnahme von Futter, welches Gegengifte oder passende Wirkstoffe enthält, auszugleichen (Villalba et al., 2015). Bringt man diese Tatsachen zusammen, ist stark anzunehmen, dass sich in der Evolution der Wiederkäuer von Anfang an die Fähigkeit entwickelt hat, das Vormagen-Mikrobiom durch selektives Fressen so zu steuern, dass z.B. essentielle pflanzliche Nährstoffe vor dem vollständigen Abbau im Pansen geschützt werden. Der Wiederkäuer konnte sich folglich nur entwickeln, weil er starke Mechanismen hat, die ihm die Steuerung seines Vormagens möglich machen. Soweit diese auf Futterwahl beruhen, müssen sie über Geschmackssinn und instinktives Bedürfnis vermittelt sein. Wenn dem Tier in der landwirtschaftlichen Fütterung die Wahlmöglichkeit vorenthalten und die Rationszusammensetzung so strikt wie möglich definiert wird, ist anzunehmen, dass dies einem erheblichen Entzug eines zentralen instinktiven Bedürfnisses gleichkommt. Dies dürfte ähnlich auch für

nicht-Wiederkäuer gelten. Die ethologische Bedeutung der Vielfalt und Wahlmöglichkeit im Futter ist mithin ein wesentliches noch selten bearbeitetes Forschungsfeld (Gregorini et al., 2017) im Kontext der Tierernährung.

Damit sind zwei mögliche Aspekte des Tierwohls im Zusammenhang mit der Fütterung nur skizziert. Auch wenn die Fragen nach Tierwohl und Tierernährung derzeit nicht primär von der Gesellschaft gestellt werden, sollte es im Selbstverständnis der Landwirtschaft und der Tierernährungswissenschaft liegen, sich auch diesen Tierwohlaspekten differenziert zu widmen. Es entsteht dabei allerdings ein Interessenkonflikt mit der im Sinne von Effizienz und ökologischer Nachhaltigkeit angestrebten standardisierten Rationsgestaltung, der sich nur schwer auflösen lässt. Scheinbar am leichtesten lösen lässt sich der Zielkonflikt in Weidesystemen, wo die Wahlmöglichkeit am ehesten zu realisieren ist, und z.B. beim „meal grazing“ (Gregorini et al., 2017) klar zum Konzept gehört.

Postmoderne Nutztierfütterung?

Es zeigt sich, dass die gegenwärtige Nutztierhaltung und damit auch die Fütterung vor allem einen scheinbar gewaltigen Zielkonflikt in Bezug auf die Erwartungen der Europäischen Gesellschaften enthält: Nachhaltigkeit, im Sinne von Ressourcenschutz und niedrigen Emissionen, scheint derzeit weder realisierbar noch mit einer naturnahen Haltung der Tiere, mit Auslauf, Weidegang und Futterwahl voll vereinbar. Und wie im Kapitel „Rationsgestaltung“ angedeutet, sieht es trotz aller technologischen Fortschritte der letzten 150 Jahre überhaupt nicht danach aus, dass sich die aus der Tierhaltung stammenden Probleme reduzieren. Der Autor unterstellt dafür zwei Ursachen: erstens die grundlegende Ignoranz gegenüber dem Problem des „zuviel“ und die mangelnde Bereitschaft über substanzielle Reduktionen der Masse in Tierhaltung, Markt und Fleischkonsum offensiv nachzudenken. Zweitens, weil die Vorstellung, dass Probleme in biologischen Systemen in erster Linie technisch kontrollierbar und lösbar seien, zwar stark einer modernen positivistischen Wissenschaft entsprechen (Leiber, 2006), wir kulturell aber die Moderne längst verlassen haben, und das „moderne“ somit eigentlich einer veralteten Weltsicht entspricht. Zu den gegenwärtigen Problemen und zur gegenwärtigen Gesellschaft gehört die Neudefinition unseres Verständnisses von und Verhältnisses zu Tieren, gehört die Anforderung sich mit Schrumpfung als Gegenentwurf zum Wachstum auseinanderzusetzen, gehören völlig neue Dimensionen der Gerechtigkeitsfrage. Es gehören dazu aber auch neue Vorstellungen von Qualität auf allen Ebenen des Lebens, auch bei der Produktion von Lebensmitteln und beim Essen. Es gehören dazu viel komplexere und weniger lineare Vorstellungen und Modelle von biologischen Prozessen. Precision livestock farming hat hier z.B. beide Möglichkeiten: es kann zu einer besseren Berücksichtigung biologischer Komplexität führen, oder es kann die Vereinfachung zementieren (Wathes et al., 2008).

Die abschliessende These lautet also: moderne Nutztierfütterung hat die Nachhaltigkeitsprobleme nicht gelöst. Wenn die gegenwärtige Ernährungswissenschaft und der ganze landwirtschaftliche Kontext bereit sind, postmodern zu werden, mehr Komplexität und Offenheit im Denken und Handeln zulassen, und ökonomisch endlich die Möglichkeit des Verzichts in Betracht ziehen, dann können Freiheitsgrade entstehen, die Nachhaltigkeit möglich machen.

Literatur

Agroscope, 2016. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch).
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html>

Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Roul, J., Doreau, M.. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. Eur J Lipid Sci Technol 109:828–855.

- Dickhoefer, U., Bosing, B.M., Hasler, M., Hao, J., Muller, K., Wang, C., Glindemann, T., Tas, B., Gierus, M., Taube, F., Susenbeth, A. 2016. Animal responses to herbage allowance: Forage intake and body weight gain of sheep grazing the Inner Mongolian steppe - Results of a six-year study. *Journal of Animal Science* 94: 2059-2071.
- Gregorini, P., Villalba, J.J., Chilbroste, P., Provenza, F.D. 2017. Grazing management: setting the table, designing the menu and influencing the diner. *Animal Production Science* 57: 1248-1268.
- INRA 2018. INRA Feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands. 640 pp.
- Khiaosa-Ard, R., Bryner, S.F., Scheeder, M.R.L., Wettstein, H.-R., Leiber, F., Kreuzer, M., Soliva, C.R. 2009. Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins. *Journal of Dairy Science* 92:177-188.
- Leiber, F. 2006. Tierernährung im Biolandbau: Wissenschaft zwischen Ideal und Praxis. In: Kreuzer, M., Wenk C., Zuberbühler, C. (Hrsg.) Schriftenreihe Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 28:49-64.
- Leiber, F. 2014. Resigning protein concentrates in dairy cattle nutrition: a problem or a chance? *Organic Agriculture* 4:269-273.
- Leiber, F., Dorn, K., Probst, J.K., Isensee, A., Ackermann, N., Kuhn, A., Spengler Neff, A. 2015. Concentrate reduction and sequential roughage offer to dairy cows: effects on milk protein yield, protein efficiency and milk quality. *Journal of Dairy Research* 82:272-278.
- Leiber, F., Gelencsér, T., Stamer, A., Amsler, Z., Wohlfahrt, J., Früh, B., Maurer, V. 2017a. Insect and legume-based protein sources to replace soybean cake in an organic broiler diet: effects on growth performance and physical meat quality. *Renewable Agriculture and Food Systems* 32:21-27.
- Leiber, F., Schenk, I.K., Maeschli, A., Ivemeyer, S., Zeitz, J.O., Moakes, S., Klocke, P., Staehli, P., Notz, C., Walkenhorst, M. 2017b. Implications of feed concentrate reduction in organic grassland-based dairy systems: a long-term on-farm study. *Animal* 11:2051-2060.
- Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Früh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A., Leiber, F. 2016. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed* 2:83-90.
- Mottet, A., de Haan, C., Falucci, A., Tempio, G., Opio, C., Gerber, P. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14:1-8.
- Schader, C., Muller, A., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K.H., Smith, P., Makkar, H.P.S., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., Niggli, U. 2015. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *Journal of the Royal Society Interface* 12:20150891.
- Shang, Z.H., Gibb, M.J., Leiber, F., Ismail, M., Ding, L.M., Guo, X.S., Long, R.J. 2014. The sustainable development of grassland-livestock systems on the Tibetan plateau: problems, strategies and prospects. *The Rangeland Journal* 36:267-296.
- Stadlander, T., Förster, S., Rosskothén, D., Leiber, F. 2019. Slurry-grown duckweed (*Spirodela polyrhiza*) as a means to recycle nitrogen into feed for rainbow trout fry. *Journal of Cleaner Production* 228:86-93.
- Villalba, J.J., Provenza, F.D., Catanese, F., Distel, R.A. 2015. Understanding and manipulating diet choice in grazing animals. *Animal Production Science* 55: 261-271.
- Wathes, C.M., Kristensen, H.H., Aerts, J.M., Berckmans, D. 2008. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture* 64:2-10.

Autorenanschrift:

Dr. Florian Leiber
Departement für Nutztierwissenschaften
Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Ackerstrasse 113
5070 Frick, Schweiz
email: florian.leiber@fibl.org