

## Die Schafe und das Klima: Killer oder Retter?

Matthias Gauly<sup>1\*</sup>

### Zusammenfassung

Das erfolgreiche Management der Treibhausgasemissionen (THG) von Nutztieren wird zu einer wichtigen Herausforderung für Wissenschaft, Handel und Politik. Eine der wichtigsten ökologischen Herausforderungen, mit denen landwirtschaftliche und insbesondere tierische Produktionssysteme konfrontiert sind, ist die Einführung von Managementpraktiken, die die Minderung von Treibhausgasemissionen fördern und gleichzeitig das Produktionsniveau halten. Die Intensivierung ist eine Strategie, die die Produktivität und Umwelleistung von Tierhaltungsbetrieben steigern soll. Die meisten Ökobilanzen (Life Cycle Assessments - LCA) von Nutztieren (insbesondere Schafen) berücksichtigen allerdings nur die Entstehung von Treibhausgasen oder den Kohlenstoff-Fußabdruck pro Produkteinheit. Dabei wäre es viel zielführender, auch die Auswirkungen der Intensivierung auf andere mögliche Umwelteffekte und den Ressourcenverbrauch zu bewerten (O'BRIEN et al. 2016). Bei richtiger Intensitäts- und Weidemanagementwahl erweist sich das Schaf eher als Klimaretter und weniger als „Täter“. Hinzu kommen zahlreiche andere für Mensch und Natur wichtige Funktionen!

Schlagwörter: Klimawandel, Treibhausgase, Life Cycle Assessment, Emission

### Summary

The successful management of greenhouse gas emissions (GHG) from farm animals is becoming a major challenge for science, stake holders and policy makers. One of the main environmental challenges facing agricultural and in particular livestock production systems is the introduction of management practices that promote the reduction of greenhouse gas emissions while maintaining production levels. Intensification is a strategy to increase the productivity and environmental performance of livestock farms. However, most Life Cycle Assessments (LCA) of farm animals (especially sheep) only take into account the production of greenhouse gas or the carbon footprint per unit of product. However, the impact of intensification on other possible environmental effects and resource consumption has also to be assessed (O' BRIEN et al. 2016). With the right intensity and grazing management, the sheep will prove to have more positive than negative effects on climate. In addition, there are numerous other functions of these species that are important for humans and nature!

Keywords: climate change, greenhouse gases, life cycle assessment, emissions

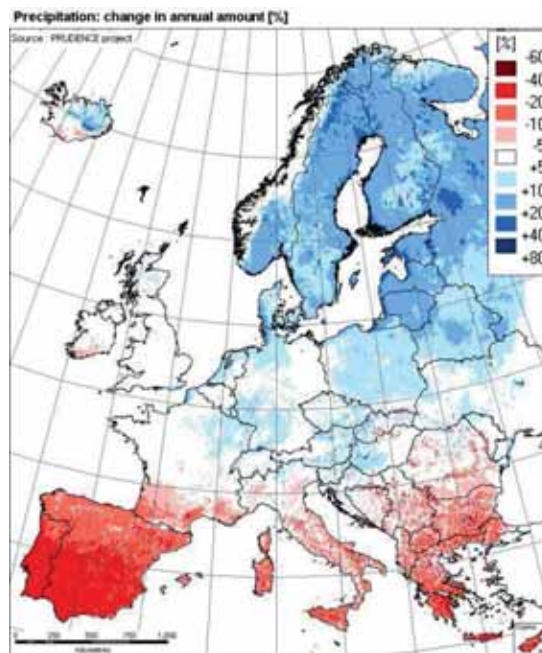
<sup>1</sup> Freie Universität Bozen, Fakultät für Naturwissenschaften und Technologie, Fachgebiet Nutztierwissenschaften, Universitätsplatz 5, I-39100 Bozen

\* Ansprechpartner: DDr. Matthias Gauly, email: [matthias.gauly@unibz.it](mailto:matthias.gauly@unibz.it)

## 1. Einleitung

Während wir unter Wetter die tägliche Variation der Variablen Luftdruck, Feuchtigkeit, Wind (Luftbewegung), Sonnenscheindauer und Bewölkung verstehen, ist das Klima nach Definition das typische Wetter im Jahresverlauf in einer bestimmten Region. Letzteres unterlag und unterliegt in der Erdgeschichte immer einem Wandel. Das besondere unserer Zeit ist die Geschwindigkeit dieser Veränderungen sowie deren Ursachen. Nach bestimmten Modellen (IPCC-SRES-Szenario A2) führen die Änderungen zu einem globalen Anstieg der durchschnittlichen Oberflächentemperatur von 0,3 bis 4,8 °C bis zum Jahr 2100 (IPCC 2014 a, b). Gleichzeitig werden signifikante Veränderungen der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge bis zum Ende des Jahrhunderts erwartet (Abbildung 1).

Abbildung 1: Relative Veränderung der Niederschlagsmengen zwischen den aus den Zeiträumen 1961-1990 und 2071-2100 gebildeten Mittelwerten, nach dem IPCC-SRES-Szenario A2. Daten aus dem von der EG finanzierten Projekt Prudence (globales Zirkulationsmodell HadCM3 und regionales Klimamodell HIRHAM in 12 km-Auflösung), Kartenausarbeitung durch die GFS/IES der EG.



Die Klimaveränderungen werden direkte Effekte (u.a. Anstieg der mittleren Durchschnittstemperatur, Änderungen der Niederschlagsmengen, Zunahme von Extremwetterereignissen (z.B. Hitzewellen, Dürren, Stürme, Hochwasser), Anstieg der Meeresspiegel (1,7 mm/Jahr im 20. Jahrhundert und ca. 3 mm/Jahr seit 1993)) sowie indirekte Effekte haben (u.a. veränderte verfügbare Wassermengen, veränderte Luftzusammensetzung, Veränderungen der Ökosysteme und Biodiversität). Diese Änderungen werden sich mittelbar und/oder unmittelbar auf die Landwirtschaft auswirken. Dabei ist die Landwirtschaft, wie viele andere Produktionszweige auch, nicht nur „Opfer“ des Klimawandels, sondern in einem bestimmten Umfang auch Verursacher desselben, da sie u.a. zur Emission klimaschädlicher Treibhausgase (THG) beiträgt.

## 2. Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft trägt zur Emission klimaschädlicher Gase bei. Dafür verantwortlich sind vor allem Methan ( $\text{CH}_4$ ) - Emissionen aus der Tierhaltung sowie Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) - Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden u.a. als Folge der mineralischen und

organischen Stickstoffdüngung. Rund 62 % der gesamten CH<sub>4</sub>-Emissionen und 79 % der N<sub>2</sub>O-Emissionen stammen z.B. in Deutschland aus der Landwirtschaft. Dies entsprach im letzten Jahr 63,6 Millionen Tonnen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), was ca. 7,4 % der gesamten THG-Emissionen des Jahres darstellte. Zum Vergleich: die Emissionen aus der energiebedingten stationären und mobilen Verbrennung hatten ca. einen Anteil von 83 % und die prozessbedingten Emissionen der Industrie von ca. 7,5 % (Umweltbundesamt 2020; <https://www.umweltbundesamt.de/print/13775>).

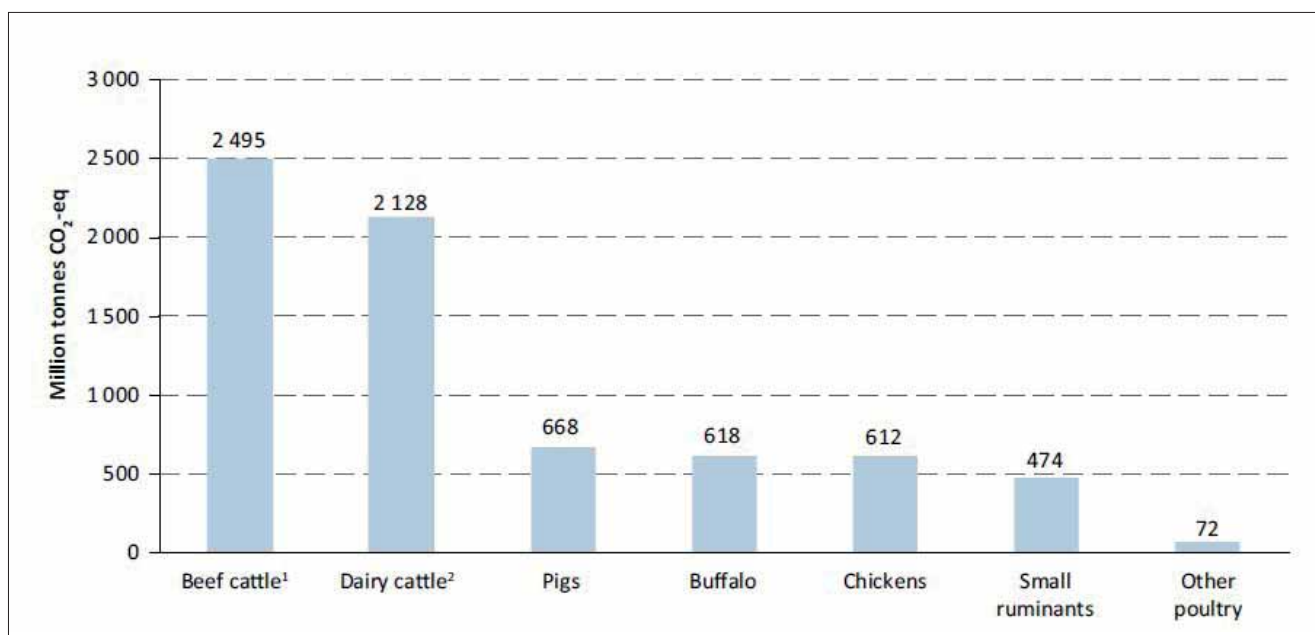
Den Hauptanteil an THG-Emissionen innerhalb des Landwirtschaftssektors, die CH<sub>4</sub>-Emissionen, entstehen bei den Verdauungsprozessen der Wiederkäuer, aus der Behandlung von Wirtschaftsdüngern sowie durch Lagerungsprozesse von Gärresten aus nachwachsenden Rohstoffen der Biogasanlagen.

### 3. Das Klima und das Tier

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Fermentation machen anteilig 77 % am gesamten Landwirtschaftsbereich aus. Sie sind nahezu vollständig auf die Rinder- und Milchkuhhaltung (95 %) zurückzuführen. Aus dem Wirtschaftsdüngermanagement stammen hingegen nur 19 % der CH<sub>4</sub>-Emissionen. Der größte Anteil des Methans aus Wirtschaftsdünger geht auf die Exkremente von Rindern und Schweinen zurück. Vergleichbare Emissionen von anderen Tierarten (wie z.B. kleiner Wiederkäuer, Geflügel, Esel und Pferde) sind dagegen fast vernachlässigbar (Abbildung 2). Danach betragen die globalen Emissionen aus der Haltung von kleinen Wiederkäuern 474 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> - Äquivalent. Das entsprach im dargestellten Zeitraum ca. 6,7 % der Gesamtmenge (GERBER et al. 2013).

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass nach Meinung verschiedener NGOs und Einrichtungen viele Klimastudien (u.a. die von GERBER et al. 2013) die tatsächliche Bedeutung der Tiere bei der Entstehung von Treibhausgasen signifikant unterschätzen (u.a. „Worldwatch“-Institute). Danach müsste auch das von den Nutztieren

Abbildung 2: Globale Schätzungen der Emissionen nach Tierarten (GERBER et al. 2013)



ausgeatmete Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in die Treibhausgasrechnung einbezogen werden. Die Nutztieratmung allein verursacht etwa 14 % der (indirekt) von Menschen verursachten Treibhausgase. Dieser Faktor wurde z.B. bei den FAO-Klimarechnungen mit der Begründung nicht beachtet, dass Tiere Pflanzenmaterial fressen. Da diese Pflanzen CO<sub>2</sub> im Rahmen der Fotosynthese aus der Atmosphäre entfernen, bestehe ein Gleichgewicht, so die Autoren der FAO Studie. Durch diese verschiedenen Vorgehensweisen bei der Berechnung variieren die Schätzungen zum Beitrag der Treibhausgasmengen aus der Tierhaltung an den Gesamtmengen zwischen 8 und 51 % (HERRERO et al. 2011), was natürlich zu einer sehr unterschiedlichen Bewertung der Bedeutung der Tierhaltung als THG-Verursacher führt. Dazu tragen auch umgekehrt unterschiedliche Auffassungen zur Bewertung der THG-reduzierenden Effekte der Nutztiere (u.a. positive Effekte auf Bodenfruchtbarkeit durch Grünlandnutzung) bei.

In jedem Fall können Nutztiere nicht einseitig auf die Produktion von Treibhausgasen reduziert werden, da sie natürlich eine Reihe anderer bedeutender Funktionen haben, die im Folgenden kurz benannt werden sollen.

#### 4. Funktionen der Schafe

Grünland bedeckt ca. 40 % der gesamten Landfläche. Im alpinen Raum ist es signifikant mehr. In Südtirol macht das Dauergrünland (212.805 ha) z.B. 90 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche aus (ASTAT 2011). Nur Wiederkäuer sind, in der Zusammenarbeit mit Mikroorganismen, in der Lage, das dort wachsende Futter zu nutzen und in für den Menschen nutzbare Produkte (u.a. Milch, Fleisch, Wolle) umzuwandeln. Natürliches Grasland ist in vielen Teilen der Welt die Hauptnahrungsquelle für Schafe. Eine nachhaltige Weidehaltung (u.a. angepasste Besatzdichten) fördert gleichzeitig die Bodenfruchtbarkeit und die Bindung sowie Speicherung von Kohlenstoff als Humus (LAI und KUMAR 2020; JI et al. 2020). Dadurch tragen die Tiere auch zur Begrenzung der Treibhausgasmengen bei. ELDESOUKY et al. (2018) berechnen, dass die Bodenbindung von Kohlenstoff bei extensiver Grünlandnutzung zwischen 270,02 und 334,01 kg CO<sub>2</sub> Äquivalenten (äq) pro Hektar und Jahr liegt. Dies stellt einen beträchtlichen Kohlenstoffausgleich dar. Da diese Systeme allerdings bei Berechnung der CO<sub>2</sub> Äquivalente der erzeugten Produkteinheiten (kg Milch, kg Fleisch oder kg Wolle) nicht mit den intensiveren Systemen konkurrieren können, muss nach Autorenmeinung der Kohlenstoff-Fußabdruck auf die Fläche und nicht alleine auf das Produkt bezogen werden (ELDESOUKY et al. 2018). Dadurch ergeben sich deutliche Vorteile der auf Grünland basierenden Produktionssysteme. Positive Effekte auf die Kohlenstoffbilanz werden auch erreicht, wenn Schafe im Rotationssystem (Wechsel Weide- und Getreideanbau) genutzt werden (ALVES et al. 2020). Solche mit Tieren im Wechsel betriebenen Systeme sind deutlich klimaneutraler.

Die Grünlandnutzung durch Schafe trägt darüber hinaus zur Erhaltung der Kulturlandschaft, mit wichtigen Effekten z.B. auf den Tourismus, bei, hat wichtige Funktionen im Lawinenschutz im alpinen Raum und schafft Arbeitsplätze. Darüber hinaus erfüllt sie nach wie vor ihre originäre Aufgabe, nämlich die Erzeugung von hochwertigen Lebensmitteln (Milch, Fleisch) zur menschlichen Ernährungssicherung und anderen Produkten

mit verschiedenen Nutzungszwecken (v.a. Wolle). Vor allem das Fleisch wird über das Schaf wesentlich klimagünstiger erzeugt als z.B. über Schwein oder Geflügel.

## 5. Möglichkeiten zur Optimierung

Die Europäische Union und ihre Mitglieder haben sich in den letzten Jahren zum Teil sehr ehrgeizige Ziele bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen gesetzt. Deutschland hat z.B. in dem 2019 verabschiedeten Klimaschutzgesetz festgelegt, dass die Emissionen aus der Landwirtschaft (inklusive der Emissionen aus den landwirtschaftlichen mobilen und stationären Verbrennungen) bis 2030 auf 58 Mio. t CO<sub>2</sub> Äquivalente reduziert werden müssen. Entsprechend ist es unumgänglich nach Optimierungsmöglichkeiten zu suchen. Da vor allem die Produktion von Kraftfutter (Getreide) die THG-Bilanzen belastet, haben sich verschiedene Wissenschaftler mit der Bewertung der Effekte der Bewirtschaftungsintensität auf die Treibhausgasbildung beschäftigt. Dabei müssen gleichzeitig die Effekte von Extensivierungen auf die Rentabilität der Systeme im Auge behalten werden. Nach Arbeiten von ELDESOUKY et al. (2018) liegt der Anteil der während des Verdauungsprozesses der Wiederkäuer (enterische Fermentation) gebildeten THGs an der Gesamtemission beim Schaf zwischen 44 und 64 %. Sie steht in engem Zusammenhang mit der Intensität des Produktionssystems und vor allem mit dem Weidegang. Die Fütterung (Einsatz von Kraftfutter) hat nach den Ergebnissen den höchsten Anteil an den außerbetrieblichen Emissionen. Sie macht bis zu 45 % der Gesamtemissionen in der Milchschaft- und 21 % in Lämmererzeugung aus. ESCRIBANO et al. (2020) untersuchten z.B. den Kohlenstoff-Fußabdruck in spanischen Milchschafthaltungen. Diese variierten zwischen halbintensiven Betrieben mit kleinen Weideflächen und extensiven Betrieben mit großen Naturweideflächen erheblich. Die berechneten THG-Emissionen schwankten zwischen 1,77 und 4,09 kg CO<sub>2</sub> äq/kg erzeugter Milch, wobei die niedrigsten Werte in den intensivsten Betrieben und die höchsten Werte in den extensivsten und am wenigsten „produktiven“ Betrieben gemessen wurden. Gleichzeitig zeigt aber auch diese Studie sehr deutlich die positiven Effekte der Weidenutzung durch die Kohlenstoffbindung der Böden. Diese lagen zwischen 0,09 und 2,04 kg CO<sub>2</sub> äq/kg Milch und entsprechen den von SABIA et al. (2020) ermittelten Größenordnungen. Diese Werte, die die Berechnung des Kohlenstoff-Fußabdrucks erheblich reduzieren, müssen also wie erwähnt in die Ökobilanz einbezogen werden. Berücksichtigt werden muss auch, dass der Kohlenstoff-Fußabdruck auf regionaler Ebene erheblich schwankt. PERI et al. (2020) schätzte diesen für die Lamm- und Wollerzeugung (unter Einbeziehung von Transport und Endverarbeitung) auf zwischen 10,64 und 41,32 kg CO<sub>2</sub> äq/kg Lammfleisch (Schlachtkörper) und 7,83 und 18,70 kg CO<sub>2</sub> äq/kg feiner Wolle. In beiden Fällen entfiel der Hauptanteil auf die Primärproduktion im landwirtschaftlichen Betrieb (75 - 90 %), gefolgt von der industriellen Verarbeitung (2 - 15 %) und dem Transport. Auch nach SINTORI et al. (2020) hängt die Umwelteffizienz von Milchschaftbetrieben wesentlich von der Fütterungspraxis (Verhältnis von Kraftfutter zu Grundfuttermitteln), daneben aber auch von deren Betriebsgröße, der Spezialisierung und der Produktionsorientierung ab.

Nach SAVIAN et al. (2018) liegt im Management des Grünlands die Schlüsselstrategie zur Verringerung der Umweltauswirkungen von Wiederkäuern. Ein „rotierender“ Besatz der Schafe zeigte sich dabei als die effizientere Weidemanagementstrategie zur Minderung der CH<sub>4</sub>-Emissionen und -Intensität, mit 64 % weniger CH<sub>4</sub>-Emissionen pro Fläche und 170 % weniger CH<sub>4</sub>-Emissionen pro erzeugter Produkteinheit im Vergleich zu traditionellen Beweidungsmethoden, wie z.B. Standweiden (SAVIAN et al. 2018).

Auch O'BRIEN et al. (2016) untersuchten Schafbetriebe verschiedener Intensitätsstufen in Irland. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Art der Grünlandnutzung. Eine Steigerung der Leistungen durch die Verfütterung von mehr Kraftfutter war dagegen weniger effizient und verursachte mehr Emissionen. Die Schafhaltung in Hochlagen hatte die ungünstigsten produktbezogenen Umweltauswirkungen. Wurden allerdings die positiven Effekte der Grünlandnutzung (Sequestrierung) eingebunden war das Gegenteil der Fall. Auch diese Autoren schlagen deshalb vor, dass die Bewertung der Landnutzungseffizienz nicht auf das Produkt beschränkt werden darf. Stattdessen muss ein Index oder ein Punktesystem verwendet werden, das auch Ökosystemdienstleistungen (z.B. Landschaftspflege) von Schafbetrieben berücksichtigt. Letzteres kann mit Daten aus Agrarumweltprogrammen oder Betriebserhebungen quantifiziert werden und würde zusätzliche wichtige Informationen über den Umweltnutzen der Schafhaltung liefern und dessen besondere Stellung in der Nutztierhaltung unterstreichen (O'BRIEN et al. 2016). Auch in der genetischen Selektion, d.h. der Ausnutzung der genetischen Variation der THG-Bildung im Pansen, wird ein erhebliches Potenzial gesehen, Emissionen zu reduzieren. Die Entwicklung eines Zuchtziels für reduzierte Methanemissionen erfordert Informationen über die Heritabilität, die genetischen Beziehungen, den Zeitpunkt, an dem das Merkmal am besten gemessen werden kann, und Kenntnisse über die jährliche Methanproduktion (ODDY et al. 2019). Nach ODDY et al. (2019) ist die größte Determinante der Methanproduktion die Futteraufnahme. Nach diesen Untersuchungen kann Methan für die Nutzung der genetischen Selektion zu jedem Zeitpunkt im Produktionszyklus gemessen werden. Beim Milchvieh werden bereits Zuchtwerte bestimmt.

## 6. Literatur

ALVES, L.A., L.G. de DENARDIN, A.P. MARTINS, C. BAYER, M.G. VELOSO, C. BREMM, P.C. de CARVALHO, D.R. MACHADO und T. TIECHER, 2020: The effect of crop rotation and sheep grazing management on plant production and soil C and N stocks in a long-term integrated crop-livestock system in Southern Brazil. SOIL & TILLAGE RESEARCH, 203, DOI: 10.1016/j.still.2020.104678

ELDESOUKY, A., F.J. MESIAS, A. ELGHANNAM und M. ESCRIBANO, 2018: Can extensification compensate livestock greenhouse gas emissions? A study of the carbon footprint in Spanish agroforestry systems. J. Cleaner Prod. 200, 28-38, DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.279

ESCRIBANO, M., A. ELGHANNAM und F.J. MESIAS, 2020: Dairy sheep farms in semi-arid rangelands: A carbon footprint dilemma between intensification and land-based grazing. *LAND USE POLICY*, 95, DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104600

GERBER, P.J., H. STEINFELD, B. HENDERSON, A. MOTTET, C. OPIO, J. DIJKMAN, A. FALCUCCI und G. TEMPIO, 2013: Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

HERRERO, M., P. GERBER, T. VELLINGA, T. GARNETT, A. LEIP, C. OPIO, H.J. WESTHOEK, P.K. THORNTON, J. OLESEN, N. HUTCHINGS, H. MONTGOMERY, J.-F. SOUSSANA, H. STEINFELD und T.A. McALLISTER, 2011: Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167:779-782.

IPCC, 2014 a: Annex II: J. AGARD, E.L.F. SCHIPPER, J. BIRKMANN, M. CAMPOS, C. DUBEUX, Y. NOJIRI, L. OLSSON, B. OSMAN-ELASHA, M. PELLING, M.J. PRATHER, M.G. RIVERA-FERRE, O.C. RUPPEL, A. SALLENGER, K.R. SMITH, A.L. St. CLAIR, K.J. MACH, M.D. MASTRANDREA, T.E. BILIR (Hrsg.). In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* V.R. BARROS, C.B. FIELD, D.J. DOKKEN, M.D. MASTRANDREA, K.J. MACH, T.E. BILIR, M. CHATTERJEE, K.L. EBI, Y.O. ESTRADA, R.C. GENOVA, B. GIRMA, E.S. KISSEL, A.N. LEVY, S. MacCRACKEN, P.R. MASTRANDREA, L.L. WHITE (Hrsg.). Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA, 1757-1776.

IPCC, 2014 b: Annex I: Acronyms and Chemical Symbols. J.M. ALLWOOD, V. BOSETTI, N.K. DUBASH, L. GÓMEZ-ECHEVERRI, C. von STECHOW (Hrsg.). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* O. EDENHOFER, R. PICHES-MADRUGA, Y. SOKONA, E. FARAHANI, S. KADNER, K. SEYBOTH, A. ADLER, I. BAUM, S. BRUNNER, P. EICKEMEIER, B. KRIEMANN, J. SAVOLAINEN, S. SCHLÖMER, C. von STECHOW, T. ZWICKEL, J.C. MINX (Hrsg.). Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA, 1251-1274.

JI, L., Y. QIN, S.O. JIMOH, X.Y. HOU, N. ZHANG, Y.M. GAN und Y.J. LUO, 2020: Impacts of livestock grazing on vegetation characteristics and soil chemical properties of alpine meadows in the eastern Qinghai-Tibetan Plate. *ECOSCIENCE*, 27, 2, 107-118, DOI: 10.1080/11956860.2019.1710908

LAI, L.M. und S. KUMAR, 2020: A global meta-analysis of livestock grazing impacts on soil properties. *PLOS ONE*, 15, 8, DOI: 10.1371/journal.pone.0236638

O'BRIEN, D., A. BOHAN, N. McHUGH und L. SHALLOO, 2016: A life cycle assessment of the effect of intensification on the environmental impacts and resource use of grass-based sheep farming. *Agricultural Systems*, 148, 95-104, DOI: 10.1016/j.agsy.2016.07.004

ODDY, V.H., A.J. DONALDSON, M. CAMERON, J. BOND, S. DOMINIK und D.L. ROBINSON, 2019: Variation in methane production over time and physiological state in sheep. *Anim. Prod. Sci.* 59, 3, 441-448, DOI: 10.1071/AN17447

PERI, P.L., Y.M. ROSAS, B. LADD, R. DIAZ-DELGADO und G. MARTINEZ PASTUR, 2020: Carbon Footprint of Lamb and Wool Production at Farm Gate and the Regional Scale in Southern Patagonia, *Sustainability*, 12, 8, DOI: 10.3390/su12083077

SABIA, E., M. GAULY, F. NAPOLITANO, F. SERRAPICA, G.F. CIFUNI und S. CLAPS, 2020: Dairy sheep carbon footprint and ReCiPe end-point study. *Small Ruminant Research* 185, DOI: 10.1016/j.smallrumres.2020.106085

SAVIAN, J.V., R.M.T. SCHONS, D.E. MARCHI, T.S. de FREITAS, G.F. da NETO, J.C. MEZZALIRA, A. BERNDT, C. BAYER und P.C. de CARVALHO, 2018: Rotatinuous stocking: A grazing management innovation that has high potential to mitigate methane emissions by sheep. *J. Cleaner Prod.* 186, 602-608, DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.162

SINTORI, A., A. LIONTAKIS und I. TZOURAMANI, 2020: Assessing the Environmental Efficiency of Greek Dairy Sheep Farms: GHG Emissions and Mitigation Potential. *AGRICULTURE-BASEL*, 9, 2, 28, DOI: 10.3390/agriculture9020028

Umweltbundesamt, 2020: <https://www.umweltbundesamt.de/print/13775>