

AGRAR BERICHT 2019



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Bundesamt für Landwirtschaft BLW

UMWELT > KLIMA



Klimafreundliche Produktion

Der Klimaaspekt soll in der Schweizer Agrarpolitik künftig stärker verankert werden. Ein möglicher Anknüpfungspunkt sind die Produktionssystembeiträge basierend auf Artikel 75 des Landwirtschaftsgesetzes. Beim Versuch Kriterien zu definieren, die von einem klimafreundlichen Produktionssystem erfüllt werden müssen, wird schnell klar, dass es mehr braucht als den Ausschluss gewisser Betriebsmittel oder das Vorhandensein bestimmter Technologien. Auch auf internationaler Ebene tut man sich eher schwer mit der Definition eines klimafreundlichen Produktionssystems (oft «Climate Smart Agriculture (CSA)» genannt). Whitfield et al. (2018) führen auf, dass die Auslegungen der *Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO)* und der *Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR)* sehr weit gefasst sind und sich weitgehend an den grundsätzlichen Nachhaltigkeitskriterien orientieren, die bereits lange vor Beginn der Klimadebatte diskutiert wurden. Einig ist man sich meist über die drei Grundpfeiler: 1.) Ernährungssicherheit, 2.) Anpassung an den Klimawandel und 3.) Reduktion von Treibhausgasemissionen. Im schweizerischen Kontext dürfte der Klimaschutz im Zentrum stehen, wobei das Produktionsniveau mindestens gehalten werden soll. In diesem Beitrag wird versucht, die wichtigsten Eckpunkte einer klimafreundlichen Produktion darzulegen.

Feed no Food: Tierbesatz dem lokal verfügbaren Futterangebot anpassen

In der Schweiz können gut 80 % der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen (*THG-Emissionen*) auf die Tierproduktion zurückgeführt werden, ein Grossteil davon auf die Haltung von Wiederkäuern (Bretscher et al. 2018). Der Milch- und Rindfleischproduktion fällt dementsprechend eine besonders hohe Bedeutung zu. Dabei spielt die genaue Ausgestaltung des Haltungssystems eine eher untergeordnete Rolle. Praxisdaten zeigen eher kleine Unterschiede in der Treibhausgasintensität (kg CO₂-Äquivalent pro kg Milch) zwischen extensiver Weidehaltung und intensiverer Stallhaltung (Zollitsch et al. 2010, Zumwald et al. 2018). Weidebasierte Systeme sind allenfalls trotz relativ geringer Einzeltierleistung als günstig zu beurteilen, da nur wenig Kraftfutter verfüttert wird und die Emissionen bei der Lagerung der Ausscheidungen geringer sind als bei Stallhaltung. Weiterhin zeigt sich, dass für eine umfassende Abschätzung der Treibhausgasintensität eine situationsspezifische Analyse des Gesamtsystems notwendig ist (Milchproduktion, Fleischproduktion, Futterbau, Landnutzung sowie Landnutzungsänderung (Zehetmeier et al. 2012)). Das Optimierungspotenzial fällt trotzdem häufig relativ bescheiden aus, was zumindest teilweise auf das hohe Produktionsniveau zurückgeführt werden kann. Allenfalls können noch Fortschritte im Bereich der **Lebenstagleistung** erzielt werden, insbesondere durch eine Erhöhung der Anzahl Laktationen bei den Milchkühen, oder im Bereich des **Herdenmanagements** und der **Züchtung** (Meier et al. 2017, Zehetmeier et al. 2012 und de Haas et al. 2017).

Meist wichtiger als Herdenmanagement und Haltungssystem ist die **Optimierung der Futtermittel-Konvertierungseffizienz** (kg Produkt pro kg Futter). Das Geflügel weist in der Regel die höchste Effizienz auf, gefolgt von der Schweinehaltung und der Milchproduktion. Die Produktion von Rindfleisch hat eine vergleichsweise tiefe Futtermittel-Konvertierungseffizienz und weist sowohl pro kg Fleisch als auch pro kg Protein die höchsten THG-Emissionen auf (Herrero et al. 2013). Allerdings muss beachtet werden, dass Wiederkäuer Futtermittel verwerten können, die nicht vom Mensch verzehrbar sind. Um diesen Aspekt in einem Effizienzkriterium zu berücksichtigen, muss der Indikator der **«Nahrungsmittelkonkurrenz»** miteinbezogen werden. Er setzt bei den verwendeten Futtermitteln an und beschreibt deren Anteil an für den Menschen potenziell verdaubarem Protein bzw. Energie im Verhältnis zur tatsächlichen Produktion von Protein bzw. Energie in Form von Milch und Fleisch (Zumwald et al. 2019). Hier zeigt sich, dass graslandbasierte Wiederkäuerhaltung wesentlich besser abschneidet als Systeme mit einem hohen Kraftfutteranteil (Steinwider et al. 2016).

UMWELT > KLIMA



Um zusätzlich den Aspekt der Landnutzung miteinzubeziehen, muss das Konzept auf die **«Flächenkonkurrenz»** ausgeweitet werden (van Zanten et al. 2016 und Zumwald et al. 2019). Für eine bestimmte Fläche erfasst dieser Indikator das Potenzial, Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr zu produzieren und stellt diesem die Menge der tatsächlich produzierten tierischen Nahrungsmittel gegenüber. Aufgrund dieser Betrachtung werden Flächen für die Tierproduktion favorisiert, die nicht ackerbaulich genutzt werden können, wie zum Beispiel Graslandflächen an steilen Hanglagen. Letztendlich sollte der **Tierbesatz dem lokal verfügbaren Futterangebot** dieser Flächen angepasst werden (Mosimann et al. 2017). Lokale Nährstoffkreisläufe sollten dadurch möglichst geschlossen werden. Weiterhin sollten Futtermittel aus Reststoffen und Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie bevorzugt werden und Kraftfutter sollten nur in sehr beschränkter Masse eingesetzt werden. Auf dieser Basis könnte ein Anreiz geschaffen werden, Ackerflächen vermehrt direkt für die menschliche Ernährung zu nutzen – ohne den Umweg über die weit weniger effiziente Tierproduktion. In Kombination mit einer entsprechenden **Umstellung des Konsumverhaltens**, hin zu einer vermehrt pflanzenbasierten Ernährung, ergäbe sich eine signifikante Reduktion der THG-Emissionen.

Stickstoffeffizienz: Sorgfältige Planung der Fruchtfolge und Stickstoffdüngung

Weitere Effizienzfortschritte sind insbesondere auch im Bereich des Stickstoffdüngemanagements notwendig. Für die Schweiz fanden Bosshard et al. (2012) bei einer Überprüfung der Methode Suisse-Bilanz ein erhebliches Einsparpotenzial. Mit einer verlustarmen Bewirtschaftung der Hofdünger und einer sorgfältigen, parzellenspezifischen **Planung der Stickstoffdüngung** gilt es vor allem die bedeutsamen N-Verluste über Ammoniak und Nitrat einzuschränken. Dabei ist es wichtig, den entsprechend höheren Düngewert der Hofdünger bei der Planung zu berücksichtigen und das Total der ausgebrachten Stickstoffmengen entsprechend zu reduzieren (Bergfeld et al. 2017 und Flessa et al. 2014). Dazu wäre ein benutzerfreundliches und umfassendes Planungstool von grossem Nutzen. Dieses sollte möglichst viele Faktoren wie zum Beispiel den Nährstoffbedarf der Pflanzen, den Vorkultureffekt, den Versorgungszustand des Bodens und die Eigenschaften der verwendeten Dünger und ihrer Ausbringtechniken berücksichtigen. Daten dazu sind in den «Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz» zusammengestellt (Richner et al. 2017). Die zeitliche und räumliche Stickstoffversorgung sollte möglichst nahe am Pflanzenbedarf liegen, da zu hohe Ausbringmengen zu einem Überschuss an frei verfügbarem mineralischem Stickstoff im Boden führen und damit zu überproportional hohen Lachgasemissionen (Kim et al. 2013 und van Groeningen et al. 2010). Snyder et al. (2009) geben eine hervorragende Übersicht über die entsprechenden Reduktionspotenziale der N₂O-Emissionen und verweisen auf konkrete Empfehlungen für die Praxis.

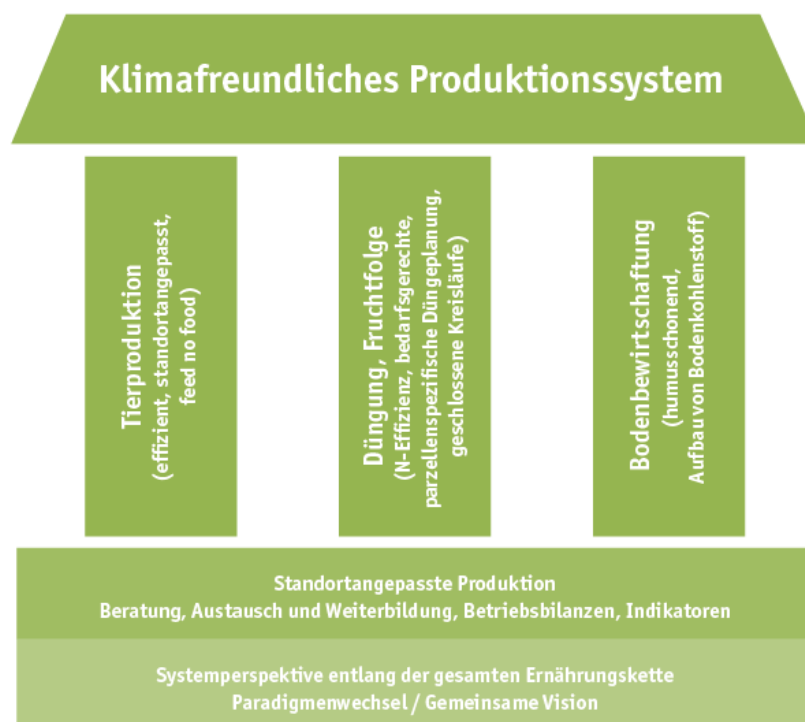
Stickstoffeffizienz ist kein neues Thema in der Landwirtschaftspolitik. Hartmann et al. stellten bereits 2009 fest, dass es zu wenige Anreize für die Betriebswirte gibt, ihren Stickstoffüberschuss zu reduzieren und dass die existierenden Politikinstrumente ungenügend sind, um der Komplexität des Stickstoffzyklus Rechnung zu tragen. Sie schlagen vor, in Zukunft Stickstoff-Input und Landnutzung gemeinsam zu betrachten. Demgemäss sollte die Produktion vor allem auf N-effiziente Kulturen und Sorten gelegt werden. Leip et al. (2014) verweisen zum Beispiel auf die unterschiedlichen **N-Footprints verschiedener Landwirtschaftsprodukte**. Aufgrund ihrer Fähigkeit Luftstickstoff zu fixieren sind Leguminosen dabei besonders interessant und die vermehrte Einbindung von Leguminosen in die Fruchtfolge bringt verschiedene ökologische Vorteile (Nemecek et al. 2008). Die **Fruchtfolgen** sollten in diesem Sinne den natürlichen Produktionsbedingungen (Klima, Topografie, Bodeneigenschaften) des jeweiligen **Standorts angepasst** werden und hinsichtlich Nährstoff- und Ressourceneffizienz optimiert werden. Dazu gehören auch Überlegungen zu Zwischenkulturen, Untersaaten, Bodenbedeckung und Bodenbearbeitung.

UMWELT > KLIMA



Kohlenstoffspeicherung: Humusschonende Bodenbewirtschaftung

Eine nachhaltige Bodennutzung ist ein weiterer Grundpfeiler eines klimafreundlichen Produktionssystems. Der in der Biomasse verfügbare Kohlenstoff, der nicht über die Ernte abgeführt wird, sollte in eine möglichst stabile Form gebracht werden und über möglichst lange Zeit im Boden gespeichert werden. Die bloße Verlagerung von Kohlenstoff zum Beispiel in Form von Hofdüngern und Kompost bringt für sich alleine keinen Klimanutzen. Auch zwischen den verschiedenen Formen der mechanischen Bodenbearbeitung (Pflug, reduzierte Bodenbearbeitung, Direktsaat) konnte man bisher keinen Unterschied in Bezug auf den Gesamtkohlenstoffgehalt und dessen Veränderung finden (Luo et al. 2010 und Angers and Eriksen-Hamel 2008). Die Anwendung von Pflanzenkohle und das Tiefpflügen führen nach bisheriger Erkenntnis zu einer Anreicherung des Bodenkohlenstoffs. Allerdings müssen diese Techniken noch vertieft erforscht und in ihrer breiten Anwendbarkeit untersucht werden. Gleichzeitig zu den potenziell humusfördernden Aktivitäten müssen die bereits vorhandenen Kohlenstoffreserven im Boden geschützt und erhalten bleiben. Hier stellen sich besonders grosse Herausforderungen bei der **Bewirtschaftung von Moorböden**. Wenn überhaupt, wäre nach derzeitigem Kenntnisstand höchstens eine extensive Bewirtschaftung in Form einer Paludikultur auf (wieder-) vernässten Moorböden mit einem klimafreundlichen Produktionssystem vereinbar. Die Auswirkungen von Überschüttungen oder von Nassreisanbau auf solchen Böden sind bisher noch zu wenig untersucht.



Beratung, Bilanzen und Beobachtung

Treibhausgasemissionen auf Landwirtschaftsbetrieben entstehen meist durch biochemische Prozesse in den Tieren, Pflanzen und Böden. Diese Prozesse sind miteinander vernetzt, so dass ein Eingriff an einer spezifischen Stelle oft zu Emissionsverlagerungen führt. Die Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen auf den Praxisbetrieben ist somit eine vielschichtige Herausforderung. Bergfeld et al. (2017) empfehlen daher, dass Fragen des Klimaschutzes zunehmend Eingang in die landwirtschaftliche Beratung finden

UMWELT > KLIMA



sollten. Erste Erfahrungen aus dem Projekt AgroCO2ncept Flaachtal bestätigen, dass eine fachspezifische Beratung für einen effizienten Klimaschutz unerlässlich ist. Sehr hilfreich sind auch gezielte Weiterbildungsangebote für Landwirte und die Verbreitung von Erkenntnissen aus der Praxis mittels gegenseitigem Erfahrungsaustausch. Ein vertieftes Systemverständnis kann die Akzeptanz und Wirkung einer Massnahme bei den Landwirten erhöhen.

Sollen THG-Reduktionsstrategien in der Landwirtschaft erfolgreich umgesetzt werden, ist es weiterhin unabdingbar, Zugang zu haben zu zuverlässigen und leicht zugänglichen Folgeabschätzungen verschiedener Landnutzungs- und Anbausysteme. Ausgehend von den zum Teil sehr unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten und Sachzwängen (Boden, Klima, Betriebsstruktur, soziopolitisches Umfeld) können so die vielversprechendsten Potenziale identifiziert und umgesetzt werden. Modelle zur Erstellung einer betriebsspezifischen Treibhausgasbilanz sind dabei sehr hilfreich. Zahlreiche Bilanzierungs- und Planungsinstrumente sind meist kostenlos im Internet verfügbar (Crosson et al. 2011, del Prado et al. 2013, Denef et al. 2012, Kätsch und Osterburg 2016, Sanjo et al. 2016 und Whittaker et al. 2013). Die Palette reicht von wenig aufwändigen Tools wie dem Energie und Klimacheck von AgroCleanTech für erste grobe Potenzialanalyse bis hin zu detaillierten Modellen wie zum Beispiel ACCT, wo der Effekt von konkreten Massnahmen simuliert werden kann. Herausforderungen sind dabei die Erfassung der zahlreichen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Emissionsprozessen sowie die korrekte Abschätzung der Treibhausgasflüsse der Böden (van Lingen et al. 2018, Goglio et al. 2017 und Peter et al. 2016). Auch Modelle zur Abschätzung der Stickstoffflüsse wie zum Beispiel AGRAMMON sind nützliche Hilfsmittel, da es meist einen engen Zusammenhang zwischen dem Stickstoff-Überschuss und den Treibhausgasemissionen gibt (Clark and Tilman 2017 und Schils et al. 2007). Schliesslich kann die ungefähre Entwicklung des Kohlenstoffgehalts der Oberböden mit einer Humusbilanz abgeschätzt werden. Um Produktionsverlagerungen aufgrund von tieferen Erträgen zu berücksichtigen, sollten Indikatoren und Monitoring-Systeme jeweils auf die Emissionsintensität, das heisst auf die Emissionen pro produzierte Energie- und/oder Proteineinheit ausgelegt sein (Hillier et al. 2011 und McAllister et al. 2011). In der nachfolgenden Tabelle sind einige mögliche Indikatoren aufgelistet, die dazu dienen können die Klimafreundlichkeit eines Systems zu bewerten.

Notwendigkeit einer Systemperspektive und einer umfassenden Vision

Die technologische Entwicklung in der Landwirtschaft ist kaum ausreichend um die notwendige Reduktion der Treibhausgase zur Einhaltung des 2°-Ziels des Übereinkommens von Paris zu erreichen. Modellanalysen gehen von einem technologischen Potenzial von 20–40 % auf globaler Ebene aus (Wollenberg et al. 2016). Ein Grossteil dieses Potenzials lässt sich auf Effizienzgewinne in Afrika, Asien und Südamerika zurückführen. In der meist weitaus intensivierten Landwirtschaft in Europa konnte in einem breit angelegten Programm nur eine durchschnittliche Einsparung von 10 % erreicht werden (Fundación Global Nature 2014). Pretty (2018) folgert dementsprechend, dass ein komplettes «redesign» der Agrarökosysteme nötig ist. Andere Studien kommen zum Schluss, dass nur mit einem integralen Ansatz über die gesamte Ernährungskette, der alle Akteure von den Produzentinnen und Produzenten zu den Konsumentinnen und Konsumenten miteinbezieht, die Treibhausgasemissionen in bedeutendem Umfang gesenkt werden können (Bryngelsson et al. 2016, EEA 2017, Garnett 2011, Meybeck and Gitz 2012).

Der Erfolg eines Produktionssystems und die tatsächlich erreichte Reduktion von THG-Emissionen basiert auf einem Paradigmenwechsel. Eine der wichtigsten Grundlagen ist also, dass die Landwirtinnen und Landwirte überhaupt erst ein angemessenes Bewusstsein für die Klimathematik entwickeln, dass sie wissen, wo sie stehen und wo sie einen positiven Beitrag leisten können und müssen. Zusammen mit den Verarbeitenden, Verteilenden und Verbrauchenden sollte die Nahrungsmittelversorgung sodann entlang einer langfristigen und umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie ausgerichtet werden. Nicht zuletzt leisten

UMWELT > KLIMA



auch die Konsumentinnen und Konsumenten einen entscheidenden Beitrag, indem sie beim Konsumentenscheid Produkte mit geringerer Umweltbelastung bevorzugen (z.B. eher pflanzenbasierte, saisonale und regionale, wenig verarbeitete und unverpackte Produkte).

Dementsprechend erarbeitet das BLW mit der Forschung laufend Grundlagen wie die Modellierung der Kohlenstoffsenken und -quellen landwirtschaftlich genutzter Böden. Es beteiligte sich am Aufbau von AgroCleanTech, einer Plattform für den Informationsaustausch und Wissenstransfer zur Thematik Klimaschutz in der Landwirtschaft. Im Rahmen des Ressourcenprogramms oder gestützt auf die Qualitäts- und Nachhaltigkeitsverordnung werden Pilotprojekte in der Umsetzung finanziert und begleitet. Des Weiteren ist die Lancierung eines Akteursdialogs zur ressourcenschonenderen Ernährung in Vorbereitung. Schliesslich sollen die Erkenntnisse in die Weiterentwicklung der Agrarpolitik einfließen, konkret beispielsweise in die Ausgestaltung von Produktionssystembeiträgen.

Literatur

- Angers D.A., Eriksen-Hamel N.S., 2008: Full-inversion tillage and organic carbon distribution in soil profiles: A meta-analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 72 (5): 1370 – 1374. Bergfeld U., Böcker H., Büscher W., Flessa H., Lasar A., Reinsch T., Schmid H., Südekum K.-H., Wulf S., 2017: Klimaschutz in der Landwirtschaft: Empfehlungen in der Praxis. KTBL-Heft, 119. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt, Deutschland. Bryngelsson D., Wirsén S., Hedenus F., Sonesson U. 2016: How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture. *Food Policy*, 59: 152 – 164. BLW, 2018: Vernehmlassung zur Agrarpolitik ab 2022 (AP22+): Erläuternder Bericht. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW. Bern, Schweiz. Bosshard C., Spiess E., Richner W., 2012: Überprüfung der Methode Suisse-Bilanz: Schlussbericht. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Zürich, Schweiz. Bretscher D., Ammann C., Wüst C., Nyfeler A., Felder D., 2018: Reduktionspotenziale von Treibhausgasemissionen aus der Schweizer Nutztierhaltung. *AGRARForschung*, 9 (11+12): 376 – 383. Clark M., Tilman D., 2017: Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, 12 (6). Crosson P., Shalloo L., O'Brien D., Lanigan G.J., Foley P.A., Boland T.M., Kenny D.A., 2011: A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology*, 166 – 167 (0): 29 – 45. de Haas Y., Pszczola M., Soyeurt H., Wall E., Lassen J., 2017: Invited review: Phenotypes to genetically reduce greenhouse gas emissions in dairying. *Journal of Dairy Science*, 100 (2): 855 – 870. Del Prado A., Crosson P., Olesen J.E., Rotz C.A., 2013: Whole-farm models to quantify greenhouse gas emissions and their potential use for linking climate change mitigation and adaptation in temperate grassland ruminant-based farming systems. *Animal*, 7 (Supplements 2): 373 – 385. Denef K., Paustian K., Archibeque S., Biggar S., Pape D., 2012: Report of Greenhouse Gas Accounting Tools for Agriculture and Forestry Sector. Interim report to USDA under Contract No. GS-23F-8182H., ICF International, Colorado State University. EEA, 2017: Food in a green light: A systems approach to sustainable food. EEA Report, No 16/2017. European Environment Agency (EEA). Copenhagen, Denmark. Flessa H., Greef J.M., Hofmeier M., Dittert K., Ruser R., Osterburg B., Poddey E., Wulf S., Pacholski A., 2014: Minderung von Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft: Empfehlungen für die Praxis und aktuelle Fragen an die Wissenschaft. *Forschung Themenheft, Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft*. Berlin, Deutschland. Fundación Global Nature, 2014: Life+ AgriClimateChange: combating climate change through farming. Layman report. Fundación Global Nature, Bodensee Stiftung, Comunità Montana, Región de Murcia, Solagro. <https://agriadapt.eu/wp-content/uploads/download-manager-files/Layman%20report%20English.pdf> [22.05.2019]. Garnett T., 2011: Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*, Volume 36 (Supplement 1): 23 – 32. Goglio P., Smith W.N., Grant B.B., Desjardins R.L., Gao X., Hanis K., Tenuta M., Campbell C.A., McConkey B.G., Nemecek T., Burgess P.J., Williams A.G., 2017: A comparison of methods to quantify greenhouse gas emissions of cropping systems in LCA. *Journal of Cleaner Production*, 172: 4010 – 4017. Herrero M., Havlík P., Valin H., Notenbaert A., Rufino M.C., Thornton P.K., Blümmel M., Weiss F., Grace D., Obersteiner M., 2013: Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (52): 20888–20893. Hillier J., Walter C., Malin D., Garcia-Suarez T., Mila-i-Canals L., Smith P., 2011: A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environmental Modelling & Software*, 26 (9): 1070 – 1078. Kätsch S., Osterburg B., 2016: Treibhausgasrechner in der Landwirtschaft - Erfahrungen und Perspektiven. *Landbauforschung – Appl. Agric. Forestry Res.*, 1 (66): 29 – 44. Kim D.-G., Hernandez-Ramirez G., Giltrap D., 2013: Linear and nonlinear dependency of direct nitrous oxide emissions on fertilizer nitrogen input: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 168 (0): 53 – 65. Leip A., Weiss F., Leschen J.P., Westhoek H., 2014: The nitrogen footprint of food products in the European Union. *The Journal of Agricultural Science*, 152 (SupplementS1): 20 – 33. Luo Z., Wang E., Sun O.J., 2010: Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139 (1–2): 224 – 231. McAllister T.A., Beauchemin K.A., McGinn S.M., Hao X., Robinson P.H., 2011: Greenhouse gases in animal agriculture-Finding a balance between food production and emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 166 – 167: 1 – 6. Meier M., Moakes S., Mäschli A., Spengler A., Steiner F., Böhler D., Leiber F., 2017: *Lebensstagesleistung und Klimabilanz der Schweizer*

UMWELT > KLIMA



Milchproduktion. Schlussbericht. FiBL, Frick, Schweiz. Meybeck A., Gitz V., 2012: Greening the economy with climate smart agriculture. Second Global conference on Agriculture, Food Security and Climate Change: 3 – 7 September 2012. Hanoi, Vietnam. <http://www.fao.org/3/ap403e/ap403e.pdf> [22.05.2019] Mosimann E., Bossuyt N., Frund D., 2017: Préparation de la production fourragère au changement climatique. Agroscope Science Nr. 49. Agroscope, Changins, Suisse. Nemecek T., von Richthofen J.-S., Dubois G., Casta P., Charles R., Pahl H., 2008: Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy*, 28 (3): 380 – 393. Peter C., Fiore A., Hagemann U., Nendel C., Xiloyannis C., 2016: Improving the accounting of field emissions in the carbon footprint of agricultural products: a comparison of default IPCC methods with readily available medium-effort modeling approaches. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21 (6): 791 – 805. Pretty J., 2018: Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science*, 362 (6417). Richner W., Sinaj S., Carlen C., Flisch R., Gilli C., Huguenin-Elie O., Kuster T., Latsch A., Mayer J., Neuweiler R., Spring J.-L., 2017: Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Agrarforschung Schweiz; Agroscope. Liebefeld, Schweiz. Sanjo J., V., Veerasamy S., Madijagan B., Ratnakaran A.P., Lees A.M., Al-Hosni Y.A.S., Sullivan M., Raghavendra B., Gaughan J.B., 2016: Modeling of greenhouse gas emission from livestock. *Frontiers in Environmental Science*, 4 (27). Schils R.L.M., Olesen J.E., del Prado A., Soussana J.F., 2007: A review of farm level modeling approaches for mitigating greenhouse gas emissions from ruminant livestock systems. *Livestock Science*, 112 (3): 240 – 251. Snyder C.S., Bruulsema T.W., Jensen T.L., Fixen P.E., 2009: Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133 (3 – 4): 247 – 266. Steinwider A., Hofstetter P., Frey H., Gazzarin C., 2016: Lebensmittel-Konversionseffizienz von stall- und weidebasierten Milchproduktionssystemen. *AGRARForschung*, 7 (10): 448 – 455. Van Groenigen J., Velthof G., Oenema O., Van Groenigen K., Van Kessel C., 2010: Towards an agronomic assessment of N₂O emissions: a case study for arable crops. *European Journal of Soil Science*, 61 (6): 903 – 913. Van Lingen H.J., Fadel J.G., Bannink A., Dijkstra J., Tricarico J.M., Pacheco D., Casper D.P., Kebreab E., 2018: Multi-criteria evaluation of dairy cattle feed resources and animal characteristics for nutritive and environmental impacts. *Animal*, 12 (s2): 310 – 320. Van Zanten H.H.E., Mollenhorst H., Klootwijk C.W., van Middelaar C.E., de Boer I.J.M., 2016: Global food supply: land use efficiency of livestock systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21 (5): 747 – 758. Whitfield S., Challinor A.J., Rees R.M., 2018: Frontiers in Climate Smart Food Systems: Outlining the Research Space. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2 (2). Whittaker C., McManus M.C., Smith P., 2013: A comparison of carbon accounting tools for arable crops in the United Kingdom. *Environmental Modelling & Software*, 46: 228 – 239. Wollenberg E., Richards M., Smith P., Havlík P., Obersteiner M., Tubiello F.N., Herold M., Gerber P., Carter S., Reisinger A., van Vuuren D.P., Dickie A., Neufeldt H., Sander B.O., Wassmann R., Sommer R., Amonette J.E., Falucci A., Herrero M., Opio C., Roman-Cuesta R.M., Stehfest E., Westhoek H., Ortiz-Monasterio I., Sapkota T., Rufino M.C., Thornton P.K., Verchot L., West P.C., Soussana J.-F., Baedeker T., Sadler M., Vermeulen S., Campbell B.M., 2016: Reducing emissions from agriculture to meet the 2 °C target. *Global Change Biology*, 22 (12): 3859 – 3864. Zehetmeier M., Baudracco J., Hoffmann H., Heissenhuber A., 2012: Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal*, 6 (1): 154 – 166. Zollitsch W., Hörtenhuber S., Lindenthal T., 2010: Treibhausgase aus Milchviehhaltung: Eine Systembewertung ist nötig. *Ökologie & Landbau*, 156 (4). Zumwald J., Braunschweig M., Nemecek T., 2015: Ökobilanz von drei Milchproduktionssystemen unterschiedlicher Intensität auf Basis von Eingrasen und Vollweide. *Agroscope Science; Umwelt*, Nr. 61. Agroscope. Zürich, Schweiz. Zumwald J., Nemecek T., Ineichen S., Reidy B., 2019: Indikatoren für die Flächen- und Nahrungsmittelkonkurrenz in der Schweizer Milchproduktion: Entwicklung und Test zweier Methoden. *Agroscope Science Nr. 85*. Agroscope, HAFI. Zürich, Schweiz.

Daniel Bretscher, Agroscope, und Daniel Felder, BLW, Fachbereich Agrarumweltsysteme und Nährstoffe, daniel.felder@blw.admin.ch

Mögliche Bewertungsgrößen für ein klimafreundliches Produktionssystem

Bereich	Grundsätze	Tools / Indikatoren	Einheit
Tierhaltung	Tierbesatz angepasst an das Futterangebot (Wiederkäuer /	Flächenintensität der Tierhaltung	Grossvieheinheit pro Hektare
	Hohe Futterqualität	Futtermittelkonvertierungseffizienz	Futterinput pro Produktoutput (Fleisch, Milch, Eier)
	Futtermittel die nicht in direkter Konkurrenz zur menschlichen Ernährung stehen (Grass, Nebenprodukte)	Nahrungsmittelkonkurrenz	potentiell für den Menschen verwertbare Lebensmittel im Input (Futtermittel) pro tatsächlich produzierte Lebensmittel (Fleisch, Milch, Eier)
	Tierhaltung vor allem auf Flächen, die nicht Ackerbaulich genutzt werden können (sollten)	Flächenkonkurrenz	kg potentiell auf der Fläche produzierbares Protein pro tatsächlich auf der Fläche produziertes (tierisches) Protein
	Gesunde, robuste und langlebige Tiere	Lebensdagleistung	Produktion von tierischen Lebensmittel pro Lebenstag
Düngung	In Wert-Setzung der Hofdünger	Stickstoffausnutzungseffizienz (NUE)	kg N-Output pro kg von den Tieren ausgeschiedenem Hofdünger-N
	Parzellenspezifische Düngeplanung / Precision Farming	Stickstoffausnutzungseffizienz (NUE)	kg N-Output pro kg N-Input im Pflanzenbau
	N-Effiziente Pflanzen und Pflanzensorten	Stickstoffausnutzungseffizienz (NUE), Hoftorbilanz	kg N-Output pro kg N-Input, N-Überschuss
Boden	Humuserhaltende und –Aufbauende Bodenbewirtschaftung	Humusbilanzrechner	kg Humus pro Hektare, Bodenkohlenstoff pro Hektare
	Permanente Bodenbedeckung	Grad der Bodenbedeckung	% Bodenbedeckung, Anteil Brachzeiten
	Keine oder nur sehr extensive Bewirtschaftung von Moorböden	Bodenkartierung, Bodenanalysen	Hektaren kultivierter Moorböden
Kulturen	Standortangepasste Kulturen	Hohe Produktionseffizienz	Input pro Output
	Möglichst tiefer CO ₂ -Footprint	LCA-Daten	kg CO ₂ , äq. pro MJ Energie und/oder Protein
	Fruchtfolge / Zwischenkulturen	Anteil Leguminosen in Fruchtfolge	% Leguminosen in Fruchtfolge
	Kohlenstoffsequestrierung in Biomasse	Agroforstsysteme	C-Bindung in Biomasse in Tonnen
Allgemein	Beratung und Weiterbildung	Beratungs- und Weiterbildungsaktivitäten	Absolvierte Beratungs- und Weiterbildungsaktivitäten
	Standortangepasste Bewirtschaftung	Hohe Produktionseffizienz	Input pro Output
	Stabile und resiliente Agrarsysteme	Biodiversitätsindex, Ertragsstabilität, Schädlingsbefall	Biodiversitätsindex, Variabilität der Erträge in t pro ha, Ertragsausfälle in t pro ha
	Nutzung der Ökosystemleistungen	Biodiversitätsindex, Ertragsstabilität, Schädlingsbefall	Biodiversitätsindex, Variabilität der Erträge in t pro ha, Ertragsausfälle in t pro ha
	Resilienz, Anpassung an den Klimawandel	Ertragsstabilität, Schädlingsbefall	Variabilität der Erträge in t pro ha, Ertragsausfälle in t pro ha
	Betriebs-THG-Modelle, Indikatoren, Planungstools		Analysenaktivitäten und Detaillierungsgrad
	Langfristige Strategie entlang der gesamten Nahrungsmittelkette	Interaktion mit Partnern entlang der Wertschöpfungskette, etablierte Partnerschaften	Anzahl Interaktionen und Partnerschaften

Herausgeber

Bundesamt für Landwirtschaft BLW
CH-3003 Bern
Telefon: 058 462 25 11
Internet: www.agrarbericht.ch
Copyright: BLW, Bern 2019

Gestaltung

Panache AG, Bern

Vertrieb

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch