Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

**Agroscope**

# Wie hängen Produktionsintensität und Umweltperformance zusammen?

## Eine empirische Untersuchung am Beispiel der Bergmilchviehhaltung

**Pierrick Jan**

© Agroscope, Gabriela Brändle

Agrarökonomie-Tagung Agroscope, 8. Oktober 2019



Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion
Nationales Forschungsprogramm NFP 69

# Einführung

- Die Versorgung einer wachsenden und immer wohlhabenderen Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln stellt eine grosse zukünftige Herausforderung dar.
  - ➢ Die landwirtschaftliche Produktionsintensität hat im Bereich der landwirtschaftlichen Nachhaltigkeit eine erhöhte Aufmerksamkeit erfahren. (siehe zum Beispiel: Matson et al., 1997, Tilman et al., 2011 oder Godfray and Garnett, 2014)
- Landwirtschaftliche Produktionsintensität
  - Sie drückt die "*Produktion von landwirtschaftlichen Erzeugnissen pro Inputeinheit*" aus. (Salou et al., 2017)
  - Hauptsächlich definiert als die "*landwirtschaftliche Produktion pro Flächeneinheit*" da der Produktionsfaktor Land limitierend ist. (Salou et al., 2017)

# Einführung

- Mehrere Ökobilanzstudien haben auf Betriebsebene den Effekt der landwirtschaftlichen Produktionsintensität auf die Umwelt-wirkungen in der Milchviehhaltung untersucht (siehe: Haas et al., 2000; Casey and Holden, 2005; Basset-Mens et al., 2009, Kristensen et al., 2011; Guerci et al., 2013; Bava et al., 2014; Chobtang et al., 2017; Salou et al., 2017)

- Der Effekt der Intensivierung variiert je nach Studie in Abhängigkeit von…

  ➢ … der betrachteten Umweltwirkungskategorie (Treibhauspotenzial, Eutrophierungspotenzial…)

  ➢ … der funktionellen Einheit, die für die Definition des Indikators zur Umweltperformance verwendet worden ist (Umweltwirkungen von der Wiege bis zum Hoftor pro Flächen- bzw. Produkteinheit)

  ➢ … des untersuchten Produktionssystems / Lands

# Einführung

- Inkonsistenz der räumlichen Systemgrenzen: ein wiederkehrendes Problem für den Produktionsintensitäts-indikator und den flächenbasierten Umweltperformance-Indikator

- Produktionsintensität = $\frac{landwirtschaftlicher\ Output}{betriebliche\ Fläche}$

Der landwirtschaftliche Output resultiert nicht nur aus der Nutzung der betrieblichen Fläche, sondern auch aus Flächen, die der vorgelagerte Bereich nutzt. («ausserbetriebliche Fläche»)

Zwecks Konsistenz der räumlichen Systemgrenzen zwischen dem Zähler und dem Nenner sollte sowohl die betriebliche Fläche als auch die ausserbetriebliche Fläche berücksichtigt werden.

- Flächenbasierter Umweltperformance-Indikator = $\frac{Umweltwirkungen\ von\ der\ Wiege\ bis\ zum\ Hoftor}{betriebliche\ Fläche}$

Zwecks Konsistenz der räumlichen Systemgrenzen zwischen dem Zähler und dem Nenner sollte sowohl die betriebliche als auch die ausserbetriebliche Fläche berücksichtigt werden.


Pierrick Jan | © Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen

# Ziel

- Den Zusammenhang zwischen Produktionsintensität und Umweltperformance am Beispiel der Bergmilchviehhaltung besser verstehen

- Mit besonderem Augenmerk auf die Definition der Produktionsintensität und die Verwendung von theoretisch fundierten und konsistenten Umweltperformance-Indikatoren

# Forschungsfragen

(1) Ist es bei der Definition und Messung der landwirtschaftlichen Produktionsintensität empirisch wichtig, neben der betrieblichen Fläche auch die ausserbetriebliche Fläche, die im vorgelagerten Bereich indirekt (z.B. für Soja- oder Getreideanbau) beansprucht wird, mit zu berücksichtigen?

(2) Wie hängen Produktionsintensität und Umweltperformance, definiert und gemessen nach dem Ansatz von Repar et al. (2017), zusammen?

(3) Welchen Effekt hat die Definition/Spezifikation der Produktionsintensität auf ihren Zusammenhang mit der Umweltperformance?

# Daten

- Unbalancierte gepoolte Stichprobe bestehend aus 56 Betriebs-beobachtungen der Jahre 2006, 2007 und 2008
- Umfangreiche und detaillierte Ökobilanzen (von der Wiege bis zum Hoftor) & ökonomische Daten (Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten) sind für jeden Betrieb verfügbar.
- Die Daten stammen aus dem ZA-ÖB Projekt (Zentrale Auswertung von Ökobilanzen landwirtschaftlicher Betriebe) (Hersener et al., 2011)

# Berechnung der Umweltwirkungen mit der SALCA-Methodik

- Die Umweltwirkungen “von der Wiege bis zum Hoftor” wurden mit der SALCA-Methodik (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment, SALCAfarm V3.5, Alig et al., 2015) auf der Basis von sehr detaillierten Produktionsinventaren, die auf Betriebsebene erhoben worden sind, berechnet (Hersener et al., 2011).
- Betrachtete Umweltwirkungskategorien:

| **Ressourcenbezogene Umweltwirkungen** |
|---|
| Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieressourcen in MJ-Äq. |
| Ozonabbau in kg CFC11-Äq. |
| P-Ressourcenbedarf in kg P |
| K-Ressourcenbedarf in kg K |
| Treibhauspotenzial in kg $CO_2$-Äq. |

| **Schadstoffbezogene Umweltwirkungen** |
|---|
| Humantoxizität in kg 1.4-DB-Äq. |
| Terrestrische Ökotoxizität in kg 1.4-DB-Äq. |
| Aquatische Ökotoxizität in kg 1.4-DB-Äq. |
| Ozonbildung in m2.ppm.h |

| **Nährstoffbezogene Umweltwirkungen** |
|---|
| Versauerungspotenzial in $m^2$ |
| Terrestrisches Eutrophierungspotenzial in kg N |
| Aquatisches N-Eutrophierungspotenzial in kg N |
| Aquatisches P-Eutrophierungspotenzial in kg P |

# Produktionsintensität eines Betriebes

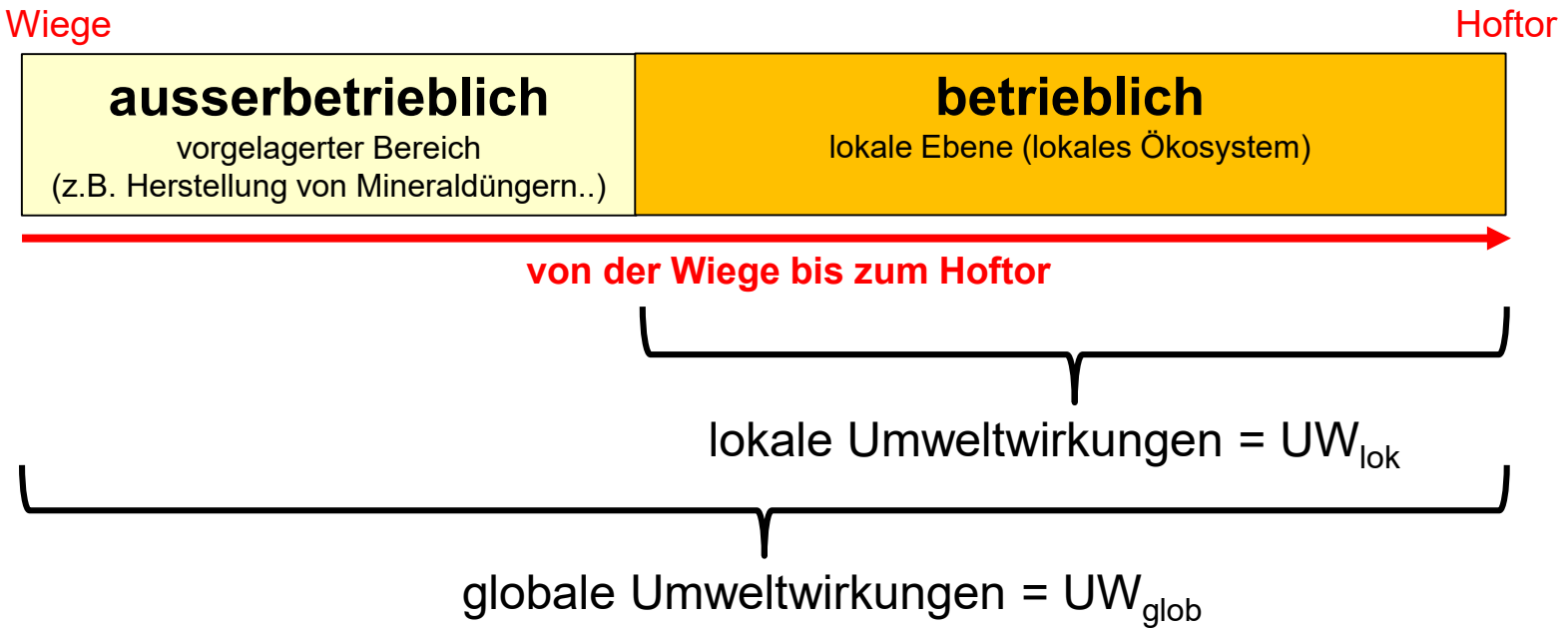
- Grundsätzlich definiert als die landwirtschaftliche Produktion (biophysisch ausgedrückt) pro Flächeneinheit
- Unterscheidung zwischen der betrieblichen Produktionsintensität und der Produktionsintensität “von der Wiege bis zum Hoftor”
- **betriebliche Produktionsintensität** =

$$\frac{betrieblicher\ Output\ an\ verdaulicher\ Energie\ für\ den\ Menschen\ [in\ MJ]}{betriebliche\ Fläche\ [in\ ha]}$$

- **Produktionsintensität von der Wiege bis zum Hoftor =**

$$\frac{betrieblicher\ Output\ an\ verdaulicher\ Energie\ für\ den\ Menschen\ [in\ MJ]}{betriebliche\ Fläche + indirekt\ genutzte\ Fläche\ im\ vorgelagerten\ Bereich\ [in\ ha]}$$

# Umweltperformance eines Betriebes




$$Globale\ Umweltperformance = \frac{betrieblicher\ Output\ an\ verdaulicher\ Energie\ (in\ MJ)}{UW_{glob}}$$

$$Lokale\ Umweltperformance = \frac{betriebliche\ Fläche}{UW_{lok}}$$

Quelle: Repar et al., 2017



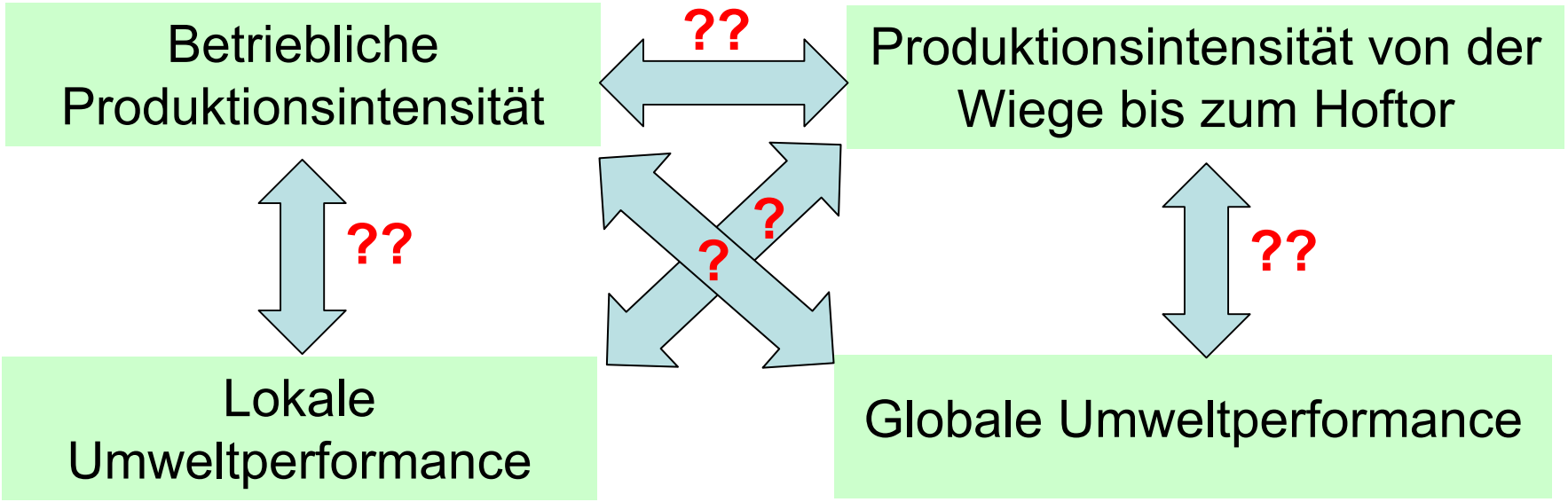
Pierrick Jan | © Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen

# Umweltperformance eines Betriebes

| | Umweltwirkungskategorie | Globale Betrachtung | Lokale Betrachtung |
|---|---|---|---|
| **Ressourcenbezogene Umweltwirkungen** | Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieressourcen in MJ-Äq. | X | |
| | Ozonabbau in kg CFC11-Äq. | X | |
| | P-Ressourcenbedarf in kg P | X | |
| | K-Ressourcenbedarf in kg K | X | |
| | Treibhauspotenzial in kg $CO_2$-Äq. | X | |
| **Schadstoffbezogene Umweltwirkungen** | Humantoxizität in kg 1.4-DB-Äq. | X | X |
| | Terrestrische Ökotoxizität in kg 1.4-DB-Äq. | X | X |
| | Aquatische Ökotoxizität in kg 1.4-DB-Äq. | X | X |
| | Ozonbildung in m2.ppm.h | X | X |
| **Nährstoffbezogene Umweltwirkungen** | Versauerungspotenzial in $m^2$ | X | X |
| | Terrestrische Eutrophierungspotenzial in kg N | X | X |
| | Aquatische N-Eutrophierungspotenzial in kg N | X | X |
| | Aquatische P-Eutrophierungspotenzial in kg P | X | X |

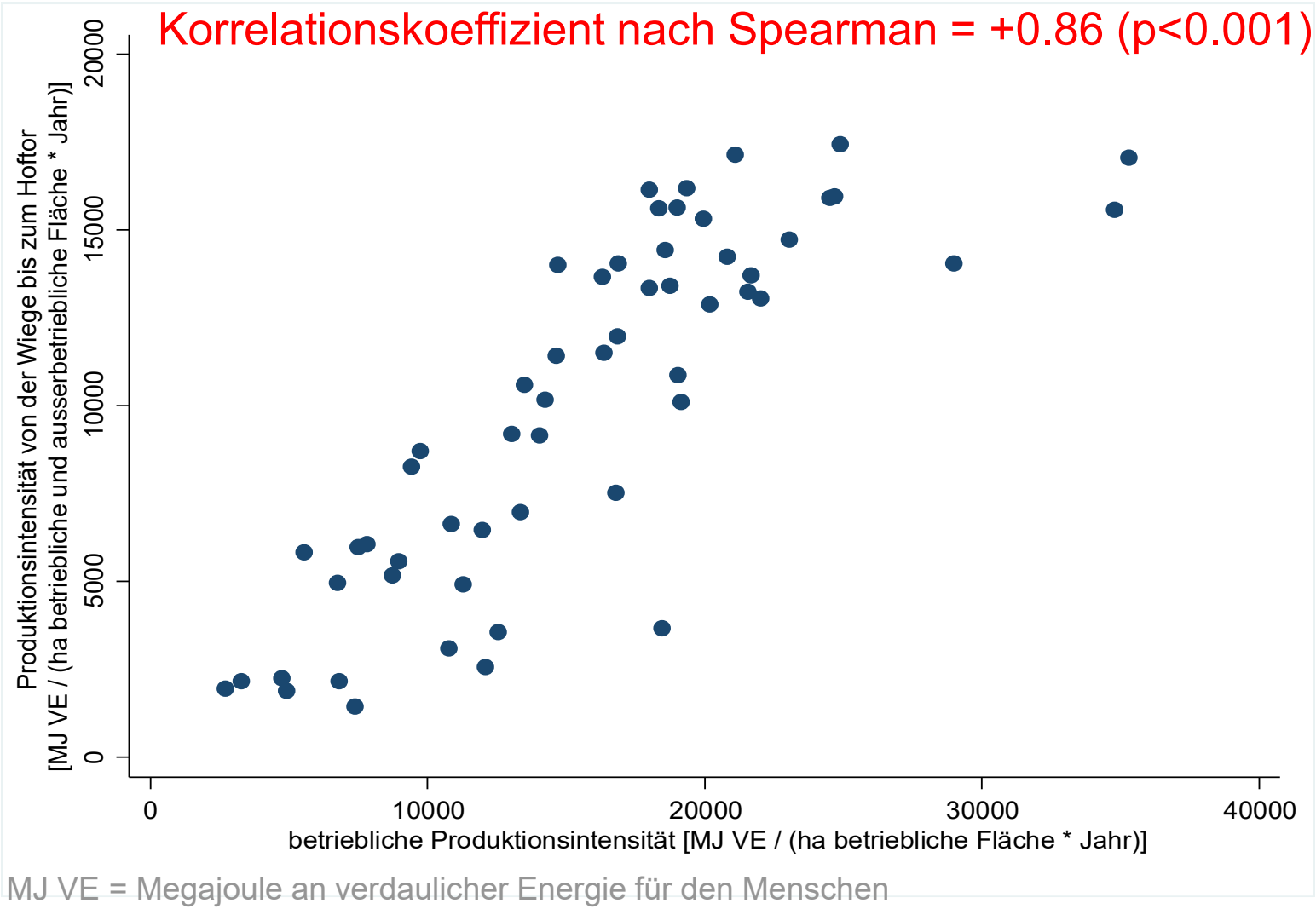

Pierrick Jan | © Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen

# Statistische Analyse




- Die Zusammenhänge wurden mittels Rangkorrelationsanalyse nach Spearman analysiert.
- Der Korrelationskoeffizient nach Spearman misst den Grad der Monotonie des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen.
- Besser geeignet als die Korrelationsanalyse nach Pearson bei einer kleinen Stichprobe

# Ergebnisse




MJ VE = Megajoule an verdaulicher Energie für den Menschen


Pierrick Jan | © Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen

# Ergebnisse

| | | betriebliche Produktionsintensität | Produktionsintensität von der Wiege bis zum Hoftor |
|---|---|---|---|
| Lokale Umweltperformance | Humantoxizität | n.s. | n.s. |
| | Aquatische Ökotoxizität | −0.48 *** | −0.40 ** |
| | Terrestrische Ökotoxizität | −0.56 *** | −0.42 ** |
| | Ozonbildung | −0.53 *** | −0.40 ** |
| | Versauerung | −0.43 *** | −0.25 * |
| | Terrestrische Eutrophierung | −0.44 *** | −0.25 * |
| | Aquatische N-Eutrophierung | −0.48 *** | −0.36 ** |
| | Aquatische P-Eutrophierung | n.s. | n.s. |

Statistische Signifikanz: * p < 0.1; ** p < 0.01; *** p < 0.001; n.s. = nicht signifikant

# Ergebnisse

| | | betriebliche Produktionsintensität | Produktionsintensität von der Wiege bis zum Hoftor |
|---|---|---|---|
| Globale Umweltperformance | Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieressourcen | +0.65 *** | +0.83 *** |
| | Ozonabbau | +0.67 *** | +0.85 *** |
| | P-Ressourcenbedarf | +0.39 ** | +0.63 *** |
| | K-Ressourcenbedarf | +0.27 * | +0.50 *** |
| | Treibhauspotenzial | +0.83 *** | +0.92 *** |
| | Humantoxizität | +0.61 *** | +0.80 *** |
| | Aquatische Ökotoxizität | +0.27 * | +0.40 ** |
| | Terrestrische Ökotoxizität | n.s. | +0.28 * |
| | Ozonbildung | +0.86 *** | +0.91 *** |
| | Versauerung | +0.74 *** | +0.83 *** |
| | Terrestrische Eutrophierung | +0.74 *** | +0.82 *** |
| | Aquatische N-Eutrophierung | +0.52 *** | +0.70 *** |
| | Aquatische P-Eutrophierung | +0.68 *** | +0.87 *** |

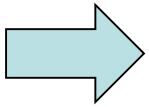
Statistische Signifikanz: * p < 0.1; ** p < 0.01; *** p < 0.001; n.s. = nicht signifikant

# Erkenntnisse und ihre Implikationen

- Trotz inkonsistenter Definition hinsichtlich räumlicher Systemgrenzen ist die betriebliche Produktionsintensität – zumindest für Schweizer Bergmilchviehbetriebe – eine gute Proxy-Variable des konsistent definierten Indikators der Produktionsintensität von der Wiege bis zum Hoftor.

- Die Richtung des Zusammenhangs zwischen Produktionsintensität und Umweltperformance ist gleich, unabhängig davon, ob die betriebliche Produktionsintensität oder die Produktionsintensität von der Wiege bis zum Hoftor verwendet wird.

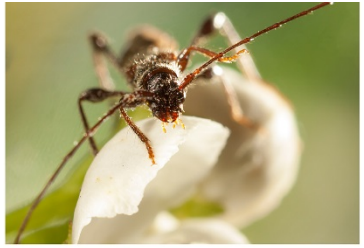
- Die Stärke und Signifikanz des Zusammenhangs fällt aber für einige Umweltwirkungskategorien unterschiedlich hoch aus, je nachdem welcher der beiden Produktionsintensitäts-Indikatoren verwendet wird.



Eine vorsichtige Verwendung des inkonsistent definierten Indikators der betrieblichen Produktionsintensität ist notwendig.

# Erkenntnisse und ihre Implikationen

- Die Produktionsintensität korreliert negativ mit der lokalen Umweltperformance aber stark positiv mit der globalen Umweltperformance
  - Ökologischer Zielkonflikt zwischen der globalen und lokalen Umweltperformance
  - Eine Intensivierung, die sowohl auf lokaler als auch auf globaler Ebene ökologisch nachhaltig ist, ist eine Herausforderung.
  - Wir plädieren dafür, die Definition des Konzeptes der nachhaltigen Intensivierung, das sehr oft ausschliesslich auf die globale Umweltperformance fokussiert, zu erweitern und die lokale Umweltperformance darin explizit aufzunehmen.



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

**Pierrick Jan**
**pierrick.jan@agroscope.admin.ch**

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt
www.agroscope.admin.ch

Mehr Informationen über diese Arbeit sind in dem folgenden Artikel verfügbar:

JAN P., REPAR N., NEMECEK T. & DUX D., 2019. Production intensity in dairy farming and its relationship with farm environmental performance: Empirical evidence from the Swiss alpine area. *Livestock Science*, 224, 10-19.

https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.019

# Referenzen (1/2)


- Alig, M., U. Preschl, K. Schwitter, T. Waldvogel, V. Wolff, A. Wunderlich, A. Zorn, and G. Gaillard. 2015. Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. Agroscope Science Nr. 29.
- Basset-Mens, C., S. Ledgard, and M. Boyes. 2009. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. Ecol. Econ. 68:1615–1625. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.11.017.
- Battini, F., A. Agostini, V. Tabaglio, and S. Amaducci. 2016. Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley. J. Clean. Prod. 112:91–102. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.062.
- Bava, L., A. Sandrucci, M. Zucali, M. Guerci, and A. Tamburini. 2014. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? J. Dairy Sci. 97:4579–4593. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7530.
- Casey, J.W., and N.M. Holden. 2005. The relationship between greenhouse gas emissions and the intensity of milk production in Ireland. J. Environ. Qual. 34:429–436. http://dx.doi.org/10.2134/jeq2005.0429.
- Chobtang, J., S.F. Ledgard, S.J. McLaren, and D.J. Donaghy. 2017. Life cycle environmental impacts of high and low intensification pasture-based milk production systems: a case study of the Waikato region, New Zealand. J. Clean. Prod. 140:664–674. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.079.
- Godfray, H.C.J., and T. Garnett. 2014. Food security and sustainable intensification. Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci. 369:20120273. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0273.




Pierrick Jan | © Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen

# Referenzen (2/2)


- Guerci, M., L. Bava, M. Zucali, A. Sandrucci, C. Penati, and A. Tamburini. 2013. Effect of farming strategies on environmental impact of intensive dairy farms in Italy. J. Dairy Res. 80:300–308. http://dx.doi.org/10.1017/S0022029913000277.
- Haas, G., F. Wetterich, and U. Köpke. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. Agric. Ecosyst. Environ. 83:43–53. http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00160-2.
- Hersener, J.L., D.U. Baumgartner, and D. Dux (eds.). 2011. Zentrale Auswertung von Ökobilanzen landwirtschaftlicher Betriebe (ZA-ÖB) – Schlussbericht. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zurich.
- Kristensen, T., L. Mogensen, M. Trydeman Knudsen, and J.E. Hermansen. 2011. Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. Livest. Sci. 140:136–148. http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.002.
- Matson, P.A., W.J. Parton, A. Power, and M. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science. 277:504–509. http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.504.
- Repar, N., P. Jan, D. Dux, T. Nemecek, and R. Doluschitz, 2017. Implementing farm-level environmental sustainability in environmental performance indicators: a combined global–local approach. J. Clean. Prod. 140:692–704. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.022.
- Salou, T., C. Le Mouël, and H.M.G. van der Werf. 2017. Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters. J. Clean. Prod. 140:445–454. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.019.
- Tilman, D., C. Balzer, J. Hill, and B.L. Befort. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 108:20260–20264. http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1116437108.




Pierrick Jan | © Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen



Agroscope