

Vereinfachte Berechnung der Grauen Energie in Gebäuden

Koesling, M.^{1,2}, Ruge, G.³, Fystro, G⁴. und Hansen, S.¹

Keywords: Milchvieh, Energieeffektivität, ecoinvent, Bauteile, Stall

Abstract

A simple building component framework for agricultural buildings has been adapted to estimate their embodied energy. Based on the results from a case study of 20 dairy farms in Norway we conclude that the amount of embodied energy in buildings is a variable but notable component and highlight the important factors for this variation. This research advances knowledge and practice of embodied energy calculations for existing farm buildings. The findings advance overall energy consumption and future planning of farming buildings and businesses.

Einleitung und Zielsetzung

Die effiziente und nachhaltige Nutzung von Ressourcen ist für die weitere Entwicklung der Landwirtschaft von Bedeutung. Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts veränderte sich der Fokus in den industrialisierten Ländern von der Produktionssteigerung auf eine Produktion mit weniger negativen Auswirkungen auf die Umwelt (Dogliotti *et al.* 2014). Weltweit wird 40 % des Energiekonsums Gebäuden zugeordnet und sie tragen während ihres gesamten Lebenszyklus mit einem Drittel zur Klimagasproduktion bei (Huovila *et al.* 2009). Der Energiebedarf für die Gebäudeerstellung und für die laufende Produktion im Stall ist ein bedeutender Faktor für den gesamten Energiebedarf in der Milchviehhaltung. Für Milchviehhaltung in Dänemark wurde berechnet, dass etwa 10 % des gesamten Energiebedarfes in der Milchviehproduktion und Rinderhaltung den Gebäuden zugordnet werden (Dalgaard *et al.* 2000). Auf Grundlage von 50 Milchviehbetrieben in der Schweiz wurde der Werte auf 32 % geschätzt (Rossier and Gaillard 2004).

Ziel in diesem Beitrag ist es, den Wert der Grauen Energie (embodied energy) in der Gebäudehülle in landwirtschaftlichen Gebäuden zu berechnen. Unsere Hypothese ist, dass die graue Energie pro Stallplatz in der Milchkuhhaltung von der Baukonstruktion und Gebäudenutzung abhängt und variabel ist. Daher sollte nicht ein konstanter oder allgemeiner Wert verwendet, sondern die graue Energie Gebäude- und Betriebs-spezifisch ermittelt werden.

Material und Methoden

Es wurden 20 Milchviehbetriebe in der Provinz Møre og Romsdal in Norwegen ausgewählt. Die eine Hälfte wirtschaftete ökologisch, die andere konventionell. Die Betriebe liegen auf der Höhe des 63. Breitengrades. Im Schnitt der Jahre 2010 bis

¹ Bioforsk – Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Organic Food and Farming Division, Gunnars veg 6, 6630, Tingvoll, Norwegen, www.bioforsk.no/organic.

² TI Institut für ökologischen Landbau, Deutschland. matthias.koesling@bioforsk.no.

³ University of Canberra, School of Management, Australien.

⁴ Bioforsk – Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Norwegen.

2012 hatten die Betriebe 29 Milchkühe, die ökologischen eine Milchleistung von 5800, die konventionellen von 8200 kg energiekorrigierter Milch.

Die Ställe waren unterschiedlich alt und wurden bei Bedarf erweitert, um neuen Bedürfnissen oder Verordnungen zu entsprechen. Die ältesten Gebäudeteile waren über hundert Jahre alt. Durch die Um- oder Anbauten hat sich auch die Gestaltung der Ställe verändert. Typische Gebäudeteile sind schematisch in Abbildung 1 zu sehen.

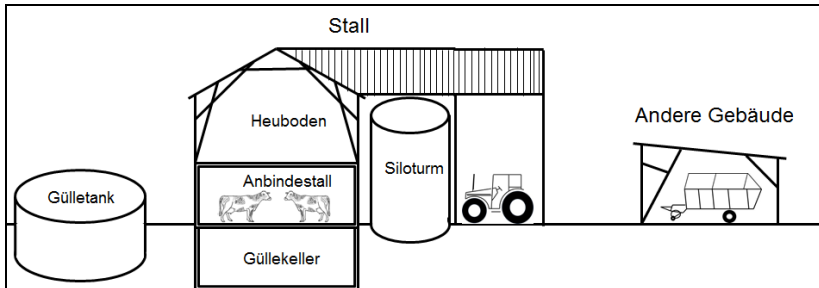


Abbildung 1: Gebäudeteile auf Milchviehbetrieben

Die ältesten Ställe haben einen Güllekeller, die Tiere stehen im Erdgeschoss und auf dem Boden ist Lagerplatz für Heu. Später wurde der Stall durch einen überdachten Siloturm ergänzt. Ab 1970 wurde keine Ställe mehr mit Heuboden gebaut. Ställe, die nach dem Jahr 2000 gebaut wurden sind als Laufstall ohne Heuboden und Siloturm gebaut. Die Gülle wird in einem extra Gülletank und Silage als Rundballen außerhalb des Stalls gelagert.

Die Größe der Ställe und anderer landwirtschaftlicher Gebäude wurde vermessen und die verwendeten Materialien, deren Schichtdicke und Aufbau in den verschiedenen Bauteilen registriert. Trotz großer Unterschiede in der äußeren Gestaltung der Gebäude, konnten die Gebäudehüllen der verschiedenen Gebäude mit wenigen unterschiedlichen Bauteilen abgebildet werden. Auf Grundlage der verschiedenen Materialien wurde die Masse pro Quadratmeter (Boden, Wand, Decke oder Dach) und mit Hilfe der ecoinvent Datenbank (Frischknecht und Rebitzer 2005) für jedes Bauteil die Graue Energie in MJ pro Quadratmeter berechnet. Wenn möglich, wurden nationale Daten verwendet (Fossdal 1995; Norwegian EPD 2014).

Da die Betriebe mit Blick auf die Anzahl der Milchkühe unterschiedlich groß waren, wurde die Summe der Grauen Energie durch die Anzahl der Kuhplätze (Milchkühe) geteilt. Als zu erwartende Nutzungszeit wurden 50 Jahre angenommen. Der Wert der Grauen Energie wurde also durch 50 und die Zahl der Kuhplätze geteilt, um den Energiebedarf pro Kuhplatz und Jahr zu erhalten. Gebäudeteile, die älter als 50 Jahre waren, wurden nicht durch 50, sondern durch ihr Alter im Jahr 2012 geteilt. Um Milch- und Fleischproduktion gemeinsam darstellen zu können, wurde die Summe der produzierten Ernährungsenergie aus Milch und Fleisch verwendet.

Ergebnisse

Der Durchschnittswert der Grauen Energie pro Jahr und Kuhstallplatz betrug 2.700 MJ. Wurde nicht nur der Stall, sondern auch die anderen landwirtschaftlichen Gebäude mit berücksichtigt, war der Wert um 12 % höher. Das andere Gebäude

wenig zur Grauen Energie beitragen liegt an ihrer einfacheren Bauart, in der Regel ganz ohne Isolierung.

Sowohl bei den konventionellen als auch bei den ökologischen Betrieben gibt es große Unterschiede bei Menge der Grauen Energie pro Stallplatz pro Milchkuh (Abb. 2). Die wichtigsten Faktoren ($R^2 = 0,897$), die bei einem Kuhstall zu größeren Werten führen sind (mit abnehmender Wichtigkeit): 1) Quadratmeter Grundfläche pro Milchkuh, 2) Quadratmeter Stallwände pro Milchkuh und 3) Quadratmeter Wände aus Beton mit Isolierung pro Milchkuh.

Das Verhältnis der jährlichen Grauen Energie pro Kuh zur verkauften Menge verdaulicher Energie in Milch und Fleisch pro Jahr zeigt bei den ökologischen Betrieben eine größere Variation als für die konventionellen Betriebe (Abb. 2).

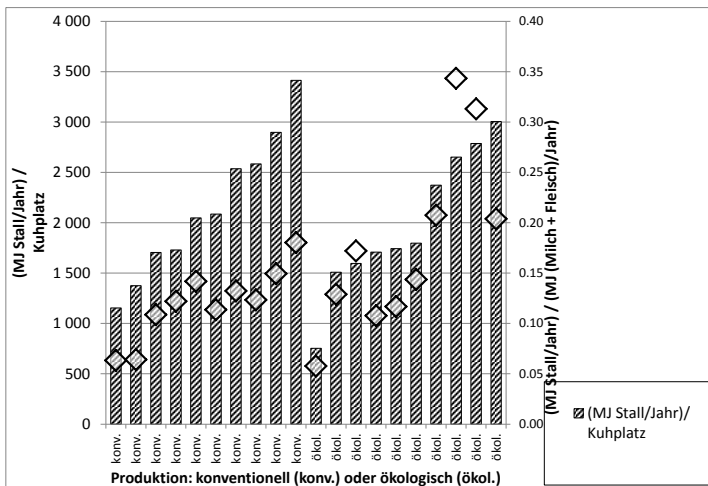


Abbildung 2: Der jährliche Wert der Grauen Energie pro Stallplatz pro Milchkuh in der Gebäudehülle und der Anteil der Grauen Energie im Stall im Verhältnis zur verkauften Ernährungsenergie in Milch und Fleisch

Diskussion

Es wurden große Unterschiede für die Graue Energie pro Milchkuh gefunden. Dabei waren die Werte mit denen von Dalgaard und Dux (Dalgaard *et al.* 2001; Dux *et al.* 2009) vergleichbar. Neben der Grundfläche sind die verwendeten Materialien von großer Bedeutung für den Wert der Grauen Energie. Holz führt zu geringeren Werten, wie auch von Buchanan und Honey (1994) bestätigt.

In Bezug auf die Stallhaltung in der Milchproduktion sind zwei Punkte für die Menge der Grauen Energie pro Produkt bei der Unterscheidung konventioneller und ökologischer Produktion wichtig. Erstens möchte man in der ökologischen Produktion

den Tieren mehr Platz zur Verfügung stellen (auch in den Richtlinien vorgeschrieben). Zweitens haben die ökologischen Betriebe im Schnitt eine geringere Milchleistung pro Kuh. Beide Faktoren führen zu größeren Werten Grauer Energie im Verhältnis der produzierten Menge Milch und Fleisch.

Schlussfolgerungen

Mit Hilfe von Bauteilen lassen sich die Gebäudehüllen von landwirtschaftlichen Gebäuden relativ gut abbilden, um den Wert der Grauen Energie zu berechnen. Diese Methode kann für existierende und geplante Gebäude angewendet werden und helfen Lösungen zu finden, die den Gesamtenergiebedarf in der landwirtschaftlichen Produktion reduzieren. Da Tieren auf ökologischen Betrieben mehr Platz angeboten wird, sowie die Milch- und Fleischleistung im Schnitt geringer als auf konventionellen Betrieben ist, ist es für ökologisch wirtschaftende Betriebe besonders wichtig, bei der Bauplanung die Graue Energie zu berücksichtigen.

Danksagung

Wir danken dem Research Council of Norway (RCN) und der Landwirtschaftsverwaltung der Provinz Møre og Romsdal für die Finanzierung, allen ProjektmitarbeiterInnen und den LandwirtInnen, die mit uns zusammenarbeiten, um notwendige Daten zu erheben und zu diskutieren.

Literatur

- Buchanan, A.H., Honey, B.G. 1994. Energy and carbon dioxide implications of building construction. *Energy and Buildings*, 20, (3) 205-217.
- Dalgaard, T., Halberg, N., Fenger, J. 2000. Simulering af fossilt energiforbrug og emission af drivhusgasser; Tre scenarier for omlægning til 100% økologisk jordbrug i Danmark. Fossil-based energy use and emission of greenhouse gasses in three scenarios for conversion to 100% organic farming in Denmark, Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO), Tjele, Dk, 5/2000.
- Dalgaard, T., Halberg, N., Porter, J.R. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87, 51-65.
- Dogliotti, S., Rodríguez, D., López-Ridaura, S., Tittonell, P., Rossing, W.A.H. 2014. Designing sustainable agricultural production systems for a changing world: Methods and applications. *Agricultural Systems*, 126, 1-2.
- Dux, D., Alig, M., Herzog, D. Umweltwirkungen von landwirtschaftlichen Gebäuden (Environmental impact of agricultural buildings). *AgrarForschung* 16[8], 284-289. 2009. Ettenhausen, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.
- Fossdal, S. 1995. Energi- og miljøregnskap for bygg. Fremstilling av byggematerialer, ergnskap for boliger og kontorbygg (Energy and environmental accounts of building. Production of building materials, calculation for houses and office buildings), 173 ed. Oslo, The Norwegian Institute of Building Research.
- Frischknecht, R., Rebitzer, G. 2005. The ecoinvent database system: a comprehensive web-based LCA database. *Journal of Cleaner Production*, 13, (13-14) 1337-1343.
- Huovila, P., Ala-Juusela, M., Melchert, L., Pouffary, S., Cheng, C.-C., Urge-Vorsatz, D., Koepfel, S., Svenningsen, N., Graham, P. 2009. Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers Paris, United Nations Environment Programme.
- Norwegian EPD 2014, The Norwegian EPD programme, The Norwegian EPD Foundation, Oslo, 2.
- Rossier, D., Gaillard, G. 2004. Ökobilanzierung des Landwirtschaftsbetriebs - Methode und Anwendung in 50 Landwirtschaftsbetrieben, Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich, 53.