

Ökobilanzierung in der österreichischen Landwirtschaft - Einflussfaktor Stallbau

Thomas Guggenberger,^{1*} Markus Herndl¹, Elisabeth Finotti¹ und Elfriede Ofner-Schröck¹

Zusammenfassung

Landwirtschaftliche Gebäude werden zum Zweck des Schutzes unterschiedlichster Betriebsmittel und zur Haltung von Tieren errichtet. Wie bei fast allen Herstellungsprozessen entstehen dabei auch schädliche Nebenwirkungen in vorerst unbestimmtem Ausmaß. Mit den Methoden der Ökobilanzierung können diese als Umweltwirkungen bezeichneten Verluste bewertet werden. Dieser Beitrag zeigt den methodischen Ansatz für deren Bewertung im Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und prüft den Handlungsbedarf bei der Errichtung von Gebäuden auf Milchviehbetrieben. Die Ergebnisse zeigen, dass die bei der Errichtung der Gebäude entstehenden Umweltwirkungen in vielen Bereichen gering bleiben. Bestätigt wird aber die hohe Abhängigkeit von fossiler Energie und der damit verbundene Effekt auf das Treibhauspotenzial. Die Erzeugung von Baustoffen ist zudem mit der Entstehung von toxisch wirkenden Stoffen belastet. Der exemplarisch gezeigte Handlungsspielraum durch die Auswahl unterschiedlicher Materialien bleibt gering. Erst eine deutliche Änderung der Baukonzepte in Form und Material wird eine stärkere Wirkung zeigen.

Schlagwörter: Umweltwirkung, Stallbau, Baustoffe, Ökobilanz

Summary

Agricultural buildings are constructed in order to protect a lot of different equipment and for animal husbandry. Hereby – alike to nearly all production processes – detrimental secondary effects accrue to an undefined extent, as well. By means of life cycle assessment these losses, which are described as environmental effects, can be evaluated. This article communicates the methodical approach to their evaluation in the tool FarmLife of the AREC Raumberg-Gumpenstein and controls the need for action in terms of buildings on dairy farms. The results show that the environmental effects originating from buildings stay low in many aspects. The high dependence of fossil energy, however, and the combined greenhouse effect are verified. Moreover, the production of building material is charged by the accrument of toxic operative substances. The radius of operation, which has exemplarily been shown by the choice of different materials, stays meagre. Only a clear change of building concepts in terms of structure and material will show a larger impact.

Keywords: environmental effects, construction of housing systems, building material, life cycle assessment

„Nichts geht verloren. Es befindet sich nur irgendwo, wo es nicht hingehört“ (Theodor FONTANE 1819-1898). In der erlebten Zeitspanne Fontanes mag der Schriftsteller das Zitat praktisch gemeint haben, vielleicht hat er damit aber auch die neue (Un)ordnung gemeint, die im 19. Jahrhundert mit der Industrialisierung Europas verbunden war. Rasend schnell verbreiten sich neue Technologien, und das Angebot von Produkten explodiert geradezu. Zwischen 1850 und 1880 verzehnfacht sich etwa die Länge des weltweiten Eisenbahnnetzes von 38.000 auf 367.000 km (MEYER, 1888). Zugleich werden erste Auswirkungen spürbar, die mit der raschen wirtschaftlichen Expansion und der Umwandlung von Ressourcen in Güter verbunden waren. Kohlenrauch liegt in vielen Städten und Landschaften. Die Menschen erkranken ernsthaft (WINIWARTER und BORK, 2015). Alle Schadwirkungen, die von der Produktion ausgehend auf lebende Organismen wirken, bezeichnen wir als Umweltwirkungen. Es liegt schon immer in der Verantwortung des wirtschaftenden Menschen, die Erfolge des Wirtschaftens mit den verbundenen Wirkungen in Einklang zu bringen.

Der Homo Oeconomicus kann jedenfalls nicht im Falle des Scheiterns zur Verantwortung gezogen werden. Er handelt per definitionem immer rational und würde seine Grundlagen, das ist die Natur und Umwelt, nicht selbst zerstören (GILLENKIRCH, 2017). Der Homo Avarus, der gierige Mensch (BERGNER, 2016), ist der Auslöser der Probleme. Ungebildet und unfähig, die Tragweite seines Handelns zu erkennen, optimiert der Homo Avarus seinen persönlichen Gewinn. Die Rechtfertigung dafür wird oft aus der gesellschaftlichen Grundhaltung entnommen. Deren Schwäche zur Exekution wirkungsvoller Regeln fällt gerechterweise als Schadwirkung wieder auf diese Gruppe zurück. Das bedeutet ganz allgemein, dass eine Gesellschaft, die sich der Wirkung ihres Raubbaues nicht rechtzeitig bewusst wird, in Folge mit den Umweltwirkungen zurechtkommen muss. Bevor im nächsten Kapitel auf eigentliche Umweltwirkungen in der Landwirtschaft, im Besonderen jene, die auch mit dem Bauwesen verbunden werden können, eingegangen wird, dürfen hier noch kurz zwei im thematischen Zusammenhang bedenkliche Konzepte der Landwirtschaft auf-

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Forschungsgruppe Ökoeffizienz, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

* Ansprechperson: Dr. Thomas GUGGENBERGER, E-Mail: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at



geführt werden. Diese stehen sehr zentral für die Zunahme von Umweltwirkungen in der Landwirtschaft und fördern zugleich die Irritation lokaler Märkte.

- Wachse oder weiche: Dieser Ratschlag empfiehlt dem einzelnen Bauernhof als Reaktion auf fallende Erlöse eine Ausweitung der Produktionskapazitäten. Dies kann im Umfang und/oder in der Leistung erfolgen. Gemäß der allgemeinen Wirtschaftstheorie zu den Stückkosten kann eine Einheit in größeren Strukturen günstiger erzeugt werden als in kleineren. Das stimmt, soweit das Wachstum nicht degressiv verläuft. Dies ist in der Landwirtschaft gemäß des „Gesetzes des abnehmenden Ertragszuwachses“ aber fast immer der Fall (TURGOT, 1768). Aus der Sicht der Umweltwirkungen bedeutet dies, dass mit höheren Leistungen die Umweltwirkungen gezwungenermaßen zunehmen. Zur Erinnerung: Alle Stoffe, die nicht in das Produkt eingehen, werden anderweitig umgewandelt und gehen verloren. Zugleich übersieht die Empfehlung, dass die eigentliche Ursache für ihre Existenz, das marktwirtschaftliche Scheitern, eng mit den Überkapazitäten der Produktion verbunden ist. Intensivere/größere/effizientere Systeme werden unter gleichen Voraussetzungen aber zu mehr Produktion führen. Die Empfehlung führt zu keiner allgemeinen Lösung, sondern erzeugt nur Verdrängungswettbewerb zwischen den Erzeugern zugunsten eines niedrigen Marktpreises. Ökonomische Sicherheit wird nie durch Intensivierung sondern immer nur durch faire, regulierte Marktteilnahme in Abstimmung mit der Konsumentenschaft erzeugt werden.
- Gemeinsam den Welthunger besiegen: Eine empathische Empfehlung, die voll inhaltlich zu unterstützen ist. Ausgesprochen wird diese Empfehlung fast immer als zusätzliches Argument für Wachstum, und sie verfehlt damit den eigentlichen Sinn zynischerweise vollständig. Mehr Ertrag am Acker, ausgelöst durch Handelsdünger und Pflanzenschutz, soll mehr Getreide bringen, mehr Milch und Fleisch sollen die Fehlernährung in Schwellenländern ausgleichen. Tatsächlich frisst der Leistungshunger unserer landwirtschaftlichen Nutztiere enorme Mengen an Futtergetreide und Soja von den Weltmärkten und entlässt nur geringe Mengen an Nahrung auf die Zielmärkte. Zugleich entstehen unterschiedlichste Formen von Umweltwirkungen in den Quellländern (z.B. Abholzung von Urwald, ...) und bei uns (z.B. Anreicherung von Nährstoffen über Wirtschaftsdünger, ...).

Was ist Ökobilanzierung?

Die Ökobilanzierung ist eine über Normen definierte Methode um Umweltaspekte und -wirkungen von Produktionssystemen zu analysieren. Die wesentlichen Arbeitsschritte betreffen die Abgrenzung des zu untersuchenden Systems. In diesem Schritt muss eindeutig festgelegt werden wo die Grenze der Untersuchung gezogen wird. Bei der Untersuchung der landwirtschaftlichen Urproduktion spielt etwa das Konzept „Urlaub am Bauernhof“ keine Rolle. Der nächste große Schritt befasst sich mit der Erstellung einer Sachbilanz. Akribisch sind hier alle Betriebsmittel aufzulisten die mit der definierten Produktionseinheit in Verbindung gebracht werden. Die Sachbilanz wird in eine Wirkungsabschätzung weitergeleitet. Diese greift auf umfangreiches

und interdisziplinäres Wissen zurück das Auskunft über die Wirkung des Einsatzes von Betriebsmitteln auf die Umwelt gibt. Diese Wirkungen sind abschließend in eine fachlich verständlichen Kontext zu stellen und mit Empfehlungen für das Produktionssystem zu versehen (KLÖPFER und GRAHL, 2007).

Bewertung von Umweltwirkungen

Die allgemeinen Aspekte und Anregungen, die aus dem ersten Kapitel hervorgehen, müssen in Bezug auf das landwirtschaftliche Bauwesen etwas eingengt werden. Gebäude haben nicht jenen kontinuierlichen Stoffdurchsatz, den wir etwa aus der Kreislaufwirtschaft kennen, sondern sind aus der Sicht der Betriebe sprunghafte Ereignisse. Gebäude werden in der bei uns üblichen festen Bauweise nach einer Planungsphase für eine längere Nutzungsdauer ausgelegt. Diesem Aspekt wird die Ökobilanzierung in der Form gerecht, als die bei der Errichtung anfallenden Umweltwirkungen auf die Nutzungsdauer umgelegt werden. Dieses Verfahren entspricht der ökonomischen Abschreibung. Allerdings gilt hier, dass die Gebäude über ihre kalkulatorische Nutzungsdauer hinaus weiter abgeschrieben werden. Die jährlichen Umweltwirkungen erlangen also zum Ende der Bewertungszeit (z.B. 40 Jahre) nicht sprunghaft einen Erinnerungswert, sondern werden kontinuierlich durch die sich ergebende längere Zeit weiter verdünnt. Formal gilt für die jährliche Bewertung der Umweltwirkungen aus *Formel 1*:

Formel 1: Bewertung der jährlichen Umweltwirkung

$$UW_j = \begin{cases} \frac{UW_t}{ND_k} & \text{wenn } ND_a < ND_k \\ \frac{UW_t}{ND_a} & \text{wenn } ND_a \geq ND_k \end{cases}$$

UW_j = jährliche Umweltwirkung

UW_t = Gesamte Wirkung bei der Errichtung

ND_k = kalkulatorische Nutzungsdauer

ND_a = aktuelle Nutzungsdauer

Bei der Bewertung der Gesamtwirkung (UW_t) unterscheidet die Ökobilanz zwei verschiedene Ansätze. Der Ansatz „From Cradle to Gate“ bewertet die Wirkungen nach ihrem Entstehen bis zur Einsatzgrenze. Sich verzehrende Güter werden mit dieser Methode vollständig beschrieben. Langfristige Güter, die sich nicht vollständig aufbrauchen, können mit der Methode „From Cradle to Grave“ besser beschrieben werden, da ihr stofflicher Restwert am Ende der Nutzung in Abzug gebracht werden kann. Gebäude gehören prinzipiell zu diesen Gütern. In der Recycling-Praxis von Gebäuden ist allerdings festzustellen, dass mit Ausnahme von massiven Eisenträgern derzeit nur eine sehr schlechte Reststoffverwertung umgesetzt wird. Häufiger ist eine thermische Verwertung oder eine Deponierung. Die im weiteren Verlauf gezeigten Ergebnisse wurden dem Datenetz der Projektstruktur FarmLife der HBLFA Raumberg-Gumpenstein entnommen (HERNDL et al., 2016). Dieses Betriebsmanagement-Werkzeug bewertet die Umweltwirkungen aller landwirtschaftlichen Ströme gemeinsam. Da die sich verbrauchenden Materialströme viel intensiver sind als jene, die über eine mögliche Restverwertung verfügen,

wurde für alle Betriebsmittel der Ansatz „From Cradle to Gate“ umgesetzt.

Zu klären ist nur noch die Relevanz einzelner Umweltwirkungen für die Bewertung von Gebäuden. Der Fortschritt der Messtechnik und die Möglichkeiten der Systemanalyse haben im Laufe der Zeit zu einer langen Liste von bewertbaren Umweltwirkungen geführt. Diese Ausweitung ist möglich, in der Anwendung aber wegen der hohen Korrelation zwischen den Parametern oft nicht sinnvoll. Aus einer überbestimmten Liste von Umweltwirkungen sind jene zu bevorzugen, die möglichst viele andere Wirkungen miterklären. Dieser Beitrag lehnt sich in der Auswahl an eine bestehende Veröffentlichung an (HERNDL et al., 2016).

Managementbereiche und Umweltwirkungen

Umweltwirkungen zu bewerten ist die eine Sache, ihre Verursacher zu finden und diese - wenn überhaupt möglich - zu eliminieren eine andere. In der Landwirtschaft führt dieser Prozess sehr häufig zu immer gleichen Verursachern, die sich in Managementgruppen (NEMECEK et al., 2005, *Abbildung 1*) zusammenfassen lassen. Folgende Bereiche lassen sich definieren:

- **Ressourcenmanagement:** Für die Herstellung von Baumaterialien und den Errichtungsprozess werden große Mengen an unterschiedlichsten Ressourcen benötigt. Viele Massstoffe sind in ihrer Verfügbarkeit begrenzt oder/und benötigen bis zur Fertigstellung hohe Mengen an Umwandlungs- oder Verarbeitungsenergie. Die Abhängigkeit von fossiler Energie ist eine allgemeine Herausforderung im Bauwesen. Ihr folgt mit engem Bezug der Anfall von Treibhausgasen. Der Abbau natürlicher Lagerstätten oder die Holznutzung werden mit dem Landverbrauch oder der Entwaldung bewertet.
- **Schadstoffmanagement:** Die Nutzung von chemischen Substanzen oder Schwermetallen führt zu Schäden in unterschiedlichen Eintragszielen. Die Schadwirkung, die wir als Toxizität bezeichnen, kann sich in festen, flüssigen oder gasförmigen Medien niederschlagen. Praktische Zielmedien sind der Boden, das Grundwasser und der Mensch, der mit den Stoffen kontaminiert wird. Im landwirtschaftlichen Bauwesen wird die Toxizität durch die Verwendung von Hilfsstoffen bei der Herstellung der Baustoffe (Al im Zement, ...) oder die Verwendung von Pestiziden für pflanzliche Materialien ausgelöst. Die verwendete Methodik CML (GUINÉE et al., 2002) wird für die Präsentation der Ergebnisse über die Schädlichkeit eines Referenzstoffes (z. B. 1,4 Dichlorbenzol) normiert.
- **Nährstoffmanagement:** Schäden in diesem Bereich entstehen durch die Verfrachtungen von mobilen Nährstoffen (bevorzugt N und P) aus der Land- bzw. Bauwirtschaft in angrenzende, empfindliche Ökosysteme (diverse Landschaften, Wasser, Luft). Dort

lösen diese Stoffe eine Entartung der bestehenden Systeme oder eine Versauerung aus.

Zwei elementare Baustoffe im Vergleich

Bei der Bewertung von Umweltwirkungen ist von der Wirkung elementarer Baustoffe auszugehen. Die Liste der benötigten Grundmaterialien im Bauwesen ist lang. Eine elementare Entscheidung für alle Bauwerber im landwirtschaftlichen Zweckbau betrifft die Verwendung von Holz oder Beton als Grundstoff. *Tabelle 1* stellt zwei gängige Ausgangsmaterialien einander gegenüber und vergleicht für einen m³ die entstehenden Umweltwirkungen. Beide Datensätze wurden der Ecoinvent-Datenbank der ETH-Zürich entnommen (ECOINVENT, 2011).

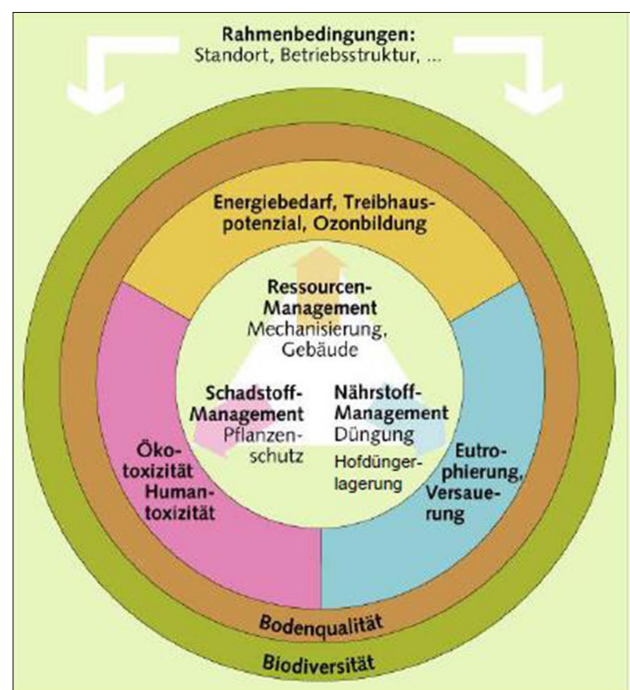


Abbildung 1: Das Managementdreieck in der Landwirtschaft (NEMECEK et al., 2005). Das innere Dreieck zeigt die Beziehung der verschiedenen Managementbereiche landwirtschaftlicher Betriebe und jene Betriebsmittel, die die dargestellten Umweltwirkungen bevorzugt auslösen. Um die Produktionsfunktionen im Kern können weitere thematische Kreise angeordnet werden.

Tabelle 1: Umweltwirkungen von einem m³ Baumaterial (ECOINVENT, 2011)

Umweltwirkung	Einheit	Bauholz, luftgetrocknet geschnitten, an Baustelle	Stahlbeton 80 kg Eisen/m ³ an Baustelle	Verrhältnis Holz : Stahlbeton
Nicht erneuerbare Energie	MJ eq	1536	5071	0,30
Treibhausgas	kg CO ₂ eq	85	480	0,18
Versauerung	m ²	5,8	16,1	0,36
Eutrophierung aquatisch N	kg N	0,035	0,092	0,39
Eutrophierung aquatisch P	kg P	0,005	0,010	0,50
Kalium-Verbrauch	kg	0,003	0,000	18,65
Phosphor-Verbrauch	kg	0,002	0,002	0,99
Landverbrauch	m ² a	2659	11	236,72
Abholzung	m ²	0,23	-0,08	-2,98
Wasserverbrauch	m ³	0,71	5,74	0,12

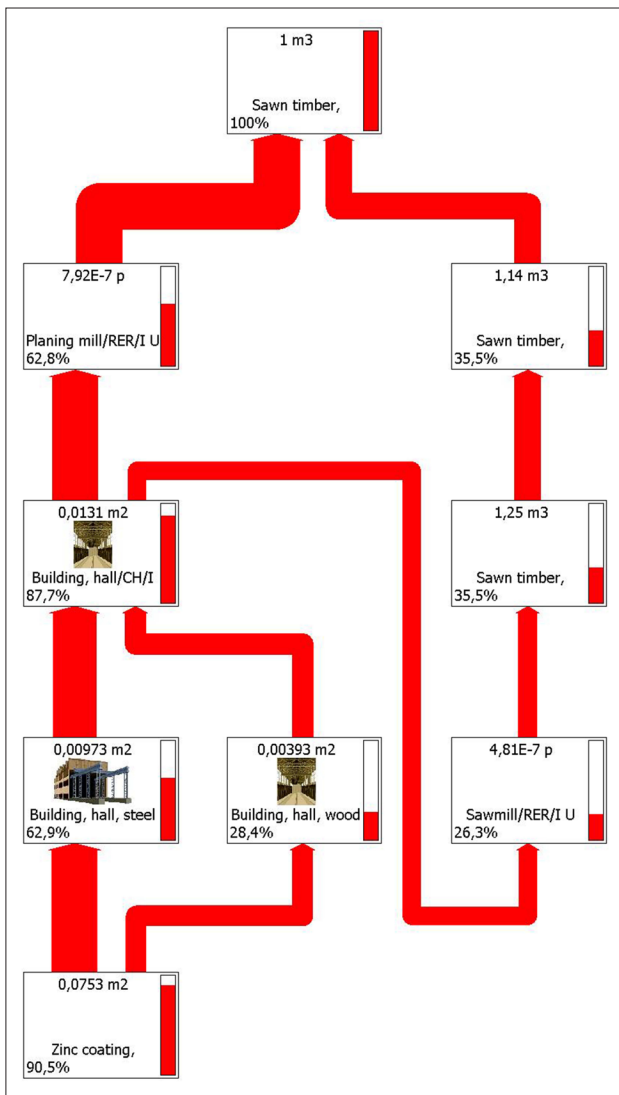


Abbildung 2: Stoffliche Zusammensetzung der Entstehung von Bauholz. Die Abbildung zeigt zum einen die Verlustquellen in der Verarbeitung von Holz. Für einen m^3 an Bauholz müssen $1,25 m^3$ Qualitätsholz bereitgestellt werden. Die tatsächlichen Umweltwirkungen, angezeigt durch die Breite der Pfeile, entstehen aber durch die Infrastruktur der Holzverarbeitung.

Das Bauholz wird in seiner Baumart von Fichten/Tannen dominiert, wurde motormanuell geschlägert und mit einer Seilbahn zur Forststraße gebracht. Von dort wurde das nicht geschälte Holz mit einem Lastwagen zur nächsten Säge gebracht. Nach der Entrindung wurde das Holz in übliche Segmentgrößen geschnitten, luftgetrocknet und später an die ortsnahe Baustelle geliefert.

Der Stahlbeton wurde in einem ortsnahen Betonwerk aus lokalem Sand und Schotter mit den üblichen Anteilen an Zement hergestellt. Der Zement wurde aus dem europäischen Mischprodukt eingekauft. Dies gilt auch für den Stahlbeton, der gemeinsam mit dem Zement an die ortsnahe Baustelle geliefert wird.

Die Ergebnisse in *Tabelle 1* zeigen mit Ausnahme des Schadstoffmanagements einige der bisher besprochenen Umweltwirkungen. Der Anfall einzelner Wirkungen für Stahlbeton kann rasch nachvollzogen werden. Die Zement-

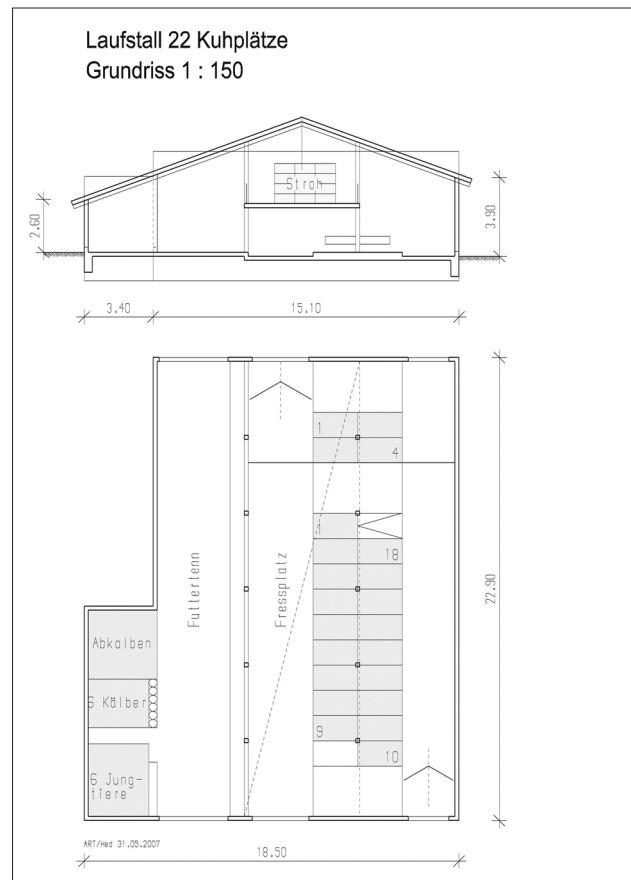


Abbildung 3: Grundriss und Querschnitt durch die Bauhülle für das Modell Boxenlaufstall (DUX et al., 2009). Die Abbildung zeigt die konzeptionelle Vorstellung einer Gebäudehülle für einen Boxenlaufstall mit 22 Liegeplätzen. Alle Bewegungs- und Managementbereiche sowie der für die Remontierung notwendige Abkalbungs-, Kälber- und Aufzuchtbereich sind integriert.

herstellung ist ein äußerst energieraubender Prozess, der auf der Nutzung von fossiler Energie oder der Verbrennung von Müll beruht. Dass dabei Treibhausgase frei werden und sauer wirkende Stoffe entstehen, ist verständlich. Die Erzeugung von Stahlbeton benötigt dafür kaum Platz. Einige Bergwerke und Kiesgruben reichen für ein Land aus. Im Verhältnis schneidet Bauholz über viele Parameter hinweg viel günstiger ab als Stahlbeton. Nur ein Drittel bis die Hälfte fallen je m^3 in vielen Bereichen an. Dass der Wald viel Platz verbraucht, empfinden wir nicht wirklich als negative Wirkung.

Überraschend ist, dass die Umweltwirkungen überhaupt so hoch sind. *Abbildung 2* zeigt, warum das so ist. Der größere Anteil der Umweltwirkungen entsteht über die Infrastruktur des Sägewerkes und die angebundene Holzindustrie. Eine denkbare Erweiterung des Wirkungskonzeptes auf den Forststraßenbau würde das Baumaterial Holz etwas näher an den Beton heranführen. Umgekehrt kann eine lokale Verarbeitung von Rundholz aus den eigenen hofnahen Wäldern mit geringem Aufschließungsgrad die Umweltwirkungen fast gegen null senken. Dies gilt vor allem dann, wenn der Bewertungsansatz „From Cradle to Grave“ gewählt wird. Es ist anzunehmen, dass die Verbrennung von Altholz noch mehr Energie freisetzt, als für die Schlägerung und Bringung benötigt wird.

Die AutorInnen des Beitrages sind keine Statiker und vermögen deshalb nicht den Vergleich in eine bautechnische Anwendung weiter zu führen. Logisch ist, dass die hohe Tragfähigkeit von Stahlbeton für einige Bauelemente durch den geringeren Verbrauch vielleicht sogar zu einem Vorteil für diesen Baustoff führen wird, während andere, flächige Elemente mit geringer Belastung günstigere Effekte im Baustoff Holz zeigen werden.

Baugruppen im landwirtschaftlichen Bauen

Die in *Abbildung 2* ersichtliche Methodik zeigt, dass für die Bewertung von komplexen Strukturen zuerst die Wirkung der Einzelteile bekannt sein muss. So müssen im Bauwesen erst die primären Wirkungen von Bauholz, Stahlbeton, Glas, Ziegeln, statischen Metallbauteilen, chemischen Hilfsstoffen des Bauwesens, Bewertungen für die Ver- und Entsorgung der Gebäude usw. bekannt sein. Diese Arbeit wird von ecoinvent und allen angeschlossenen Institutionen und Forschungsstellen streng nach gültigen Normen (FINKBEINER et al., 2006) erledigt. Erst dann können mit dem Bauwesen vertraute Experten ein Mengengerüst für ein modellhaftes landwirtschaftliches Gebäude aufstellen. Dieses wird in der Sprache der Ökobilanzierung als Produktinventar bezeichnet. Aus der gemeinsamen Bewertung von Produktinventar und dessen Umweltwirkung entsteht die in Formel 1 als UW_t bezeichnete Gesamtsumme. Diese Summe wird in der Regel durch eine praktische Referenzgröße geteilt, um eine Übertragung auf andere Situationen zu ermöglichen.

Die mit dieser Technik verbundenen Unsicherheiten sollen am Beispiel eines Boxenlaufstalles (*Abbildung 3*) dargestellt werden: Der Einheitsprozess (DUX et al., 2009), das ist der Fachbegriff für den modellhaften Musterstall, wurde für die Größe von 22 Liegeboxen definiert. Der Stall wird in Hallenform konzipiert, über dem Boxenbereich findet sich eine Strohbühne. Alle weiteren Funktionen, die mit einem Bestand von 22 Muttertieren verbunden sind (Abkalben, Kälber, Nachzucht) sind im Gebäudevolumen von rund 2.400 m³ integriert. Ebenso eine Futterachse. Das Fundament und der Unterbau sind immer in Beton ausgeführt. Für den Hallenaufbau wurden Varianten in Holz bzw. Stahl berechnet. Die jeweiligen Summen werden durch die 22 Plätze dividiert und der Wirkungswert pro Stallplatz in die Datenbank aufgenommen.

Die gewählte Methode entspricht vollständig der methodischen An-

leitung der Ökobilanzierung, stößt aber in der Praxis auf zumindest zwei bedeutende Probleme. Zum einen weichen die tatsächlichen Baustrukturen vom gedanklichen Modell mehr oder weniger deutlich ab. Zum anderen können Effekte der Ausführungsgröße nicht berücksichtigt werden.

Damit die Gesamtstruktur eines landwirtschaftlichen Betriebes - trotz der Schwierigkeiten - möglichst realistisch abgebildet werden kann, wurde für jede bedeutende Funktion eine Auswahl an gängigen Modellen entwickelt. Diese bilden gemeinsam einen Baukasten, aus dem die benötigten Elemente ausgewählt und über eine einfache Größe (Stallplätze, Fläche, Volumen, Stück, ...) an den Betrieb angepasst werden können. Alle Elemente in diesem Baukasten wurden von der Belegschaft des Agroscope | Schweiz, Forschungsgruppe Ökobilanzen erstellt und im Rahmen der Forschungs Kooperation FarmLife (Dafne 100799| 100800) ohne Veränderung für Österreich übernommen. Den Kollegen und Kolleginnen in Zürich darf an dieser Stelle noch einmal für ihre herausragende Arbeit gedankt werden!

Tabelle 2: Baugruppen im Baukasten Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Gebäude der Forschungsgruppe Ökobilanzen, Agroscope.

Rinderstallungen und deren direkte Stalleinrichtung		
Baugruppe	Einheit	Variante
Vollspaltenboden	Stallplatz	Holzkonstruktion nicht isoliert, Metallkonstruktion
Vollspaltenboden	Stallplatz	Metallkonstruktion
Anbindestall	Stallplatz	Mauer-Beton-Konstruktion
Boxenlaufstall	Stallplatz	Mauer-Beton-Konstruktion, Holzkonstruktion nicht isoliert, Metallkonstruktion, Minimalstall
Tiefstreustall	m ²	Holzkonstruktion nicht isoliert, Mauer-Beton-Konstruktion, Metallkonstruktion
Iglu	Stück	Einzeltier, Gruppenhaltung
Laufhof	m ²	befestigt, perforiert, planbefestigt, Schnitzelplatz, unbefestigt
Melktechnik	Melkplatz	Eimermelkanlage, Rohrmelkanlage, Melkstand
Tank	m ³	Milchkühltank
Schweinehaltung		
Schweinemast	Mastplatz	Teilspaltenboden, Vollspaltenboden
Schweinezucht, Abferkeln	Stallplatz	ohne Fixierung, Flatdeck, Teilspaltenboden
Schweinezucht, nicht säugende Schweine	Stallplatz	Teilspalten
Legehennen und Mastgeflügel		
Legehennen, Bodenhaltung	Stallplatz	Metallkonstruktion isoliert, mit Wintergarten; Holzkonstruktion isoliert, ohne Wintergarten; Metallkonstruktion isoliert, ohne Wintergarten
Legehennen, Bodenhaltung	Stallplatz	Metallkonstruktion isoliert, mit Wintergarten; Holzkonstruktion isoliert, ohne Wintergarten; Metallkonstruktion isoliert, ohne Wintergarten
Mastgeflügel, Bodenhaltung	Mastplatz	Metallkonstruktion isoliert, mit Wintergarten; Holzkonstruktion isoliert, ohne Wintergarten; Metallkonstruktion isoliert, ohne Wintergarten
Futter- und Güllelager, Lagerhallen und Wirtschaftsgebäude		
Raufutterlager	m ³	Kaltbelüftung (Holz n. isoliert), Solarbelüftung (Holz n. isoliert), Holz nicht isoliert
Silage-Lager, Flachsilo	m ³	Beton
Silage-Lager, Hochsilo	m ³	Kunststoff, Holz, Beton, Stahl
Kraftfutterlager	m ³	Kunststoff, Metall
Güllelager, Beton	m ³	mit / ohne Abdeckung
Lagerhallen	m ³	Holz nicht isoliert, Mauer-Beton-Konstruktion
Wirtschaftsgebäude	m ³	Holzkonstruktion

Im Rahmen der Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in FarmLife können die einzelnen Baugruppen von den teilnehmenden landwirtschaftlichen Betrieben gebucht werden. Dafür wurde – wie für alle anderen Bereiche eines Betriebes – ein eigenes Software-Modul in den Erfassungskatalog integriert. *Abbildung 4* zeigt einige exemplarische Buchungen von Baugruppen. Diesen werden nach der Auswahl und einer umfangreichen numerischen Bewertung die hinterlegten Umweltwirkungen zugeordnet. Die eigentliche Herausforderung für den Benutzer – das hat die praktische Anwendung gezeigt – besteht nicht in der Benutzung der Software sondern in der Komplexität der Gebäudehüllen und der damit verbundenen Funktionen. Diese sind oft nicht einfach aus den Gebäuden zu extrahieren.

Dazu ein Beispiel: In einer sehr großen Gebäudehülle aus dem Jahr 1920 befindet sich nach einem Umbau im Jahr 2011 ein Teil eines Boxenlaufstalles. Das Gebäude ist zum Teil mit alten Güllegruben unterkellert. Neue Güllegruben und ein Teil der Liegeboxen sowie ein Futtergang wurden an das Gebäude angefügt. Der Zubau wurde mit einem Pultdach an den Altbestand angefügt. Ebenso wurde ein Melkstand neu errichtet. Ähnliches gilt für die Aufzuchttrinder auf der gegenüberliegenden Seite des Stalles. Diese befinden sich in einem Tiefstreustall, welcher ebenfalls zur Hälfte in alter bzw. neuer Baustruktur vorliegt. Vor dem Stall stehen Gruppeniglus für die Kälber. Der Gesamtbereich wird von einer tragfähigen Decke vom Raufutterlager getrennt. In diesem Bereich sind auch noch ein Kraftfutterlager und am Rande eine große Garage für landwirtschaftliche Maschinen eingebaut. Von außen entspricht das Gesamtkonzept einem Gebäude. Die Trennung der einzelnen Baugruppen nach Alter und Funktion ist hier keine leichte Aufgabe.

Umweltwirkungen von Gebäuden auf Milchviehbetrieben im Betriebsnetz FarmLife

Beginnend mit dem Jahr 2013 erfasste die Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein unterschiedlichste landwirtschaftliche Betriebe in Österreich. 57 Milchviehbetriebe wurden für eine Analyse der Umweltwirkungen von Gebäuden aus unterschiedlichen Projektdaten entnommen.

An diese Grundgesamtheit werden folgende Fragen gestellt:

- Welchen Anteil hat das landwirtschaftliche Bauwesen in der Summe der Umweltwirkungen?
- Ist der Anteil in einzelnen Bereichen so relevant, dass alternative Techniken entwickelt werden müssen?

Die untersuchten Betriebe haben eine gute Verteilung im Milchviehgebiet der Bundesländer Steiermark, Kärnten sowie dem südlichen Bereich von Nieder- und Oberösterreich. Strukturen aus Tirol bzw. Vorarlberg sind kaum enthalten. Die Dichte nimmt zur Nähe der HBLFA tendenziell zu. Für die Strukturanalyse wurden zwei beschreibende Parameter entnommen (*Tabelle 3*). In ihrem Gesamtvolumen wurde die Hälfte der Gebäude mit einer Größe zwischen 2.500 und 5.000 m³ bewertet. Das größte Bauvolumen ist 25-mal größer als das kleinste Bauvolumen. Im Median nutzt ein Betrieb rund 3.750 m³ an umbautem Raum. Ein bedeutender Anteil der Streuung in den dargestellten Bauvolumina resultiert aus der unterschiedlichen Flächenausstattung der Betriebe. Wird der umbaute Raum auf die Betriebsfläche normiert, steht im Median einem ha an Betriebsfläche auf Milchviehbetrieben ein Bauvolumen von 129 m³ gegenüber.

Tabelle 3: Eckdaten der gesamten Gebäudestruktur auf 57 Milchviehbetrieben

Parameter	Einheit	Minimum	Unteres Viertel	Median	Oberes Viertel	Maximum
Umbauter Raum	m ³	604	2465	3754	4934	15376
Umbauter Raum/ha	m ³	59	99	129	150	317
Gewichtetes Alter	Jahre	11	20	33	47	266

Verwenden Sie die Schaltflächen um ihre Gebäudeliste zu füllen!

Rindviehstall

Schweinemaststall

Schweinezuchtstall

Tiefstreustall

Legehennen

Raufutterlager

Silagelager

Kraftfutterlager

Kälberiglus

Futterumschlag Fix

Mekkanlagen

Güllebehälter

Laufhof

Wirtschaftsgebäude

Obstanlagen

Lagerhallen

Garagen

Weinanlagen

Bewässerungssysteme

Alle anzeigen ▼ Alle Anzeigen Letzten 10 Offene

Gebäudeliste

Datum	Beschreibung
31-12-2013 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Rinderstallungen</div> <div>→ Boxenlaufstall → Holzkonstruktion nicht isoliert</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>Info</div> <div>→ 2009 → 6 → Großvieheinheiten</div> </div>
31-12-2013 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Raufutterlager</div> <div>→ ohne Belüftung → Holz nicht isoliert</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>Info</div> <div>→ 1970 → 630 → m³</div> </div>
31-12-2013 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Güllebehälter</div> <div>→ Beton → mit Abdeckung</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>Info</div> <div>→ 2009 → 180 → m³</div> </div>

Abbildung 4: Buchungsmodul für Baugruppen in FarmLife. Die Anwender wählen aus dem Angebot der farbigen Elemente die geeignete Baugruppe aus und ergänzen die Auswahl durch die Anzahl von Einheiten und das Baujahr

Trotz der Korrektur variiert dieser Wert weiterhin sehr stark. Das größere Viertel benötigt pro ha Betriebsfläche 66 % mehr an Bauvolumen als das untere Viertel. Die Gebäude sind rund 33 Jahre alt. Drei Viertel des Gebäudevolumens sind jünger als 50 Jahre. Dies bedeutet, dass der Großteil der genutzten Bauhüllen ab 1970 entstanden ist. Damit befinden sich viele Gebäude noch innerhalb der buchhalterischen Grenze und spielen auch in der Vollkostenrechnung eine anteilige Rolle. Die in den Grunddaten vorhandene Streuung setzt sich, und das war auch so zu erwarten, in der Analyse der Umweltwirkungen fort. Methodisch wurde für die erste Frage die Umweltwirkung der Bewertungsgruppe Gebäude prozentual mit der Gesamtlast normiert. *Abbildung 5* zeigt mit Ausnahme des Ressourcenverbrauches an Kalium ein engeres Gefüge. Das Treibhauspotenzial, der Ressourcenverbrauch an Phosphor, der Flächenbedarf und die globale Abholzung sind ganz eng an das betriebliche Gefüge gebunden. Die Schwankungen sind gering, der Anteil bleibt im Mittel unter 6 %. Eine größere Schwankungsbreite gibt es bei der Bewertung des Einsatzes fossiler Energie (Energiebedarf). Im Median liegt hier der Anteil der Gebäude bei 25,7 %. Das untere Viertel errichtet seine Gebäude mit einem Anteil von 19,1 %, das obere Viertel mit 34,5 %. Dass sich dieser höhere Anteil nicht direkt im Anteil des Treibhauspotenzials niederschlägt, liegt an der hohen THG-Last der Tierhaltung. Unter der Annahme, dass diese Last systembedingt ist und nicht direkt durch Managemententscheidungen im Bereich der Betriebsmittel beeinflusst wird, kann eine Bewertung auch ohne diesen Anteil durchgeführt werden. Nun zeigt sich die enge Bindung zum Energiebedarf. Die Anteile und Verteilungen sind fast deckungsgleich.

Das Baugewerbe ist grundsätzlich im geringen Ausmaß bei der Umsetzung jener Nährstoffe beteiligt, die in der landwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft eine große Rolle spielen. Trotzdem entstehen im geringen Ausmaß (1,7 % der Gesamtlast im Median) chemische Verbindungen, die auf die Umwelt versauernd reagieren. Die aquatische Eutrophierung N (0,6 % im Median) spielt im Gegensatz zur aquatischen Eutrophierung P (7,9 % im Median) keine Rolle (*Abbildung 6*). Der Phosphor wird entweder im Zuge der Bauphase frei oder entsteht bei der Gewinnung (Kies- und Schottergruben) der Rohmaterialien.

Es ist eine Besonderheit der untersuchten Stichprobe, dass die zurechenbare Schädwirkung durch toxische Stoffe in Summe nicht sehr hoch ist. Der direkte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf den Betriebsflächen ist gering. Bedeutende Mengen an Schädwirkungen in den variablen Betriebsmitteln entstehen bei konventionellen Betrieben eventuell durch den Zukauf von Kraftfutter. Die deutlich größere Last entsteht bei der Erzeugung bzw. Errichtung der fixen Betriebsgüter. *Abbildung 7* zeigt den Anteil der Gebäude an der Summe von toxisch wirkenden Stoffen. Die Wirkungen auf Lebewesen im Boden (terrestrisch) und Wasser (aquatisch) kommen im Median zu einem Fünftel bzw. einem Viertel aus den Gebäuden, die Schädwirkung auf den Menschen zu einem Drittel.

Handlungsspielraum in der Gebäudestruktur von Milchviehbetrieben

Ausgehend von den Unterschieden bei der Bewertung von Holz und Stahlbeton scheint die Umsetzung eines umwelt-

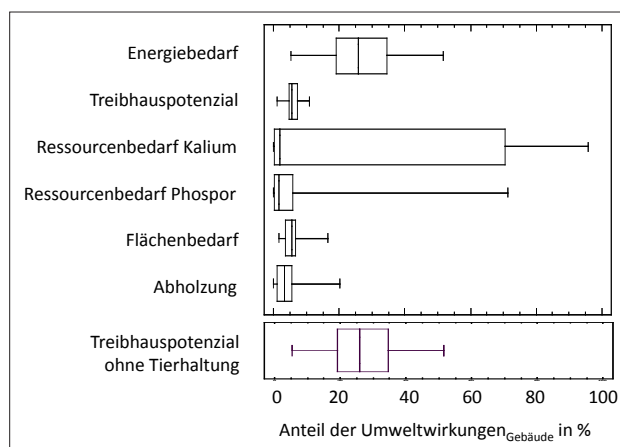


Abbildung 5: Anteilige Wirkung von Gebäuden im Ressourcenmanagement. Mit Ausnahme des fossilen Energiebedarfes (26 %) bleibt der Median der anteiligen Umweltwirkungen für alle Parameter unter 6 %. Bei der alternativen Bewertung des Anteils an Treibhausgasen unter Ausschluss der tierischen Emissionen entsteht eine enge Bindung an die fossile Energie.

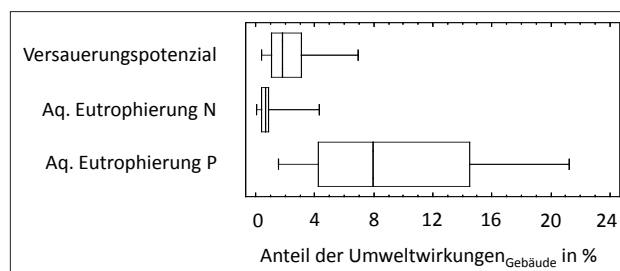


Abbildung 6: Anteilige Wirkung von Gebäuden im Nährstoffmanagement. Das Versauerungspotenzial und der N-Umsatz im Bauwesen sind gering. Das Eutrophierungspotenzial von Phosphor ist über den lokalen Austrag bei der Errichtung und durch Ausschwemmung in den Vorleistungsketten zu erklären.

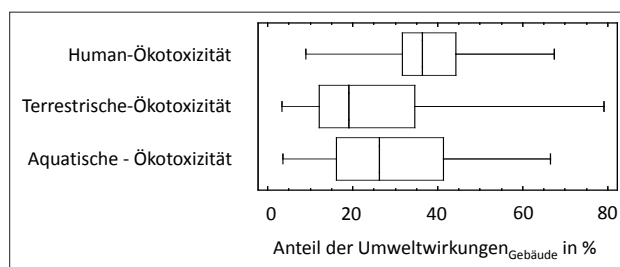


Abbildung 7: Anteilige Wirkung von Gebäuden im Schadstoffmanagement. Auf Milchviehbetrieben mit hohem Grünlandanteil entstehen toxische Wirkungen durch den Futtermittelzukauf (konventionell) und die Ausstattungen mit Maschinen und Gebäuden. Diese Belastung ist beträchtlich.

verträglicheren Baukonzeptes auf landwirtschaftlichen Betrieben möglich. Zur exemplarischen Prüfung des Handlungsspielraumes wurde auf einem tatsächlich existierenden Betrieb eine Modifikation gängiger Bauverfahren geprüft. Das Basiskonzept besteht aus einer Gebäudestruktur, die vorwiegend aus Beton und Stahl errichtet wurde. Im alternativen Konzept bestehen alle Gebäudeteile ab dem Fundament aus Holz. Auf einen betonierten Fahrstilo wurde verzichtet, dafür wurde der Heubergerraum vergrößert. In *Tabelle 4* werden die Effekte im Umstieg auf das alternative

Konzept dargestellt. In den kritischen Bereichen wird durch die Maßnahmen eine Reduktion der Umweltwirkungen im Bereich zwischen -7 und -3 % entstehen. Zunahmen entstehen im P-Bedarf und beim Flächenbedarf. Die Veränderungen sind deshalb nicht deutlicher, weil viele Baugruppen ohne grundlegende Systemveränderung nicht alternativ ausgeführt werden können. Die Fundamente und Güllegruben bleiben bei beiden Varianten in Stahlbeton. Auch Inneneinrichtung und Melktechnik wurden nicht verändert. Ein deutlicher Unterschied wird erst entstehen, wenn ein alternativer Stall mit regionalem, wenig bearbeiteten Rundholz auf Punktfundamenten errichtet wird. Der Stallboden wäre in dichtem Lehm zu gestalten. Das Wirtschaftsdüngersystem wäre auf Stapelmist umzustellen. Der Handlungsspielraum wird also erst dann groß, wenn eine deutliche Änderung in der Gesamtstruktur durch ein geändertes Verfahren möglich wird.

Zusammenfassung und Empfehlungen

Ausgehend vom Einleitungszitat des Theodor Fontane bestätigt dieser Beitrag stringent, dass auch das landwirtschaftliche Bauwesen in noch unbestimmtem Ausmaß die Umwelt beeinträchtigt. Die normierte Ökobilanzierung geht diesen negativen Beziehungen in unterschiedlichsten Bereichen nach und bezeichnet das Ergebnis als Umweltwirkung. Der Ansatz der Ökobilanzierung beruht darauf die Wirkung von kleinen Einzelteilen und Prozessen zu erkunden und über deren Einsatzmengen auf ein produktives Gesamtsystem zu übertragen. Auch wenn in diesem Beitrag die Umweltwirkungen von Gebäuden im Vordergrund stehen, so muss doch festgehalten werden, dass die Komplexität landwirtschaftlicher Betriebe weit über diesen Teilbereich hinausgeht. Gemeinsam ist allen Bereichen, dass viele Wirkungen in unterschiedlichen Anteilen über mehrere Betriebsbereiche hinweg gefunden werden können. Was die Analyse in Gebäuden findet, das findet sich auch in anderen Mengenverhältnissen in Maschinen usw. Da die Fracht an Umweltwirkungen bei der Erzeugung von Baumaterialien und der Errichtung der Gebäude entsteht, hat die Methode der jährlichen Bewertung für die Dringlichkeit des Handlungsbedarfes große Bedeutung. Wir müssen uns methodisch mit der Bewertung der Nutzungsdauer und mit der Verwertung beim Abriss des Gebäudes auseinandersetzen. Beide Aspekte werden im Beitrag beschrieben. Eine erste bedeutende Kernbotschaft lautet in diesem Zusammenhang: Gebäude müssen so errichtet werden, dass sie ihrer Funktion möglichst lange gerecht werden können. Die primäre Fracht bei der Errichtung wird wiederum von den gewählten Materialien und Baugruppen bestimmt. Je weiter wir uns hier vom Ursprung einfacher Materialien entfernen, umso „teurer“ werden die Baustoffe im Hinblick auf ihre Umweltwirkung. Die Forderung nach langer Nutzung wird umso dringlicher, je komplexer die verwendeten Materialien werden. Diese Erkenntnis führt zur zweiten Forderung: Die Verwendung möglichst gering verarbeiteter Baumaterialien senkt das Risiko von Umweltwirkungen. Der letzte Aspekt betrifft den Umfang landwirtschaftlicher Bauten der stark mit Funktion verbunden ist. Ausschlaggebend für das notwendige Bauvolumen landwirtschaftlicher Betriebe ist der Betriebstyp und die Betriebsfläche. Hier besteht ein großer Unterschied zwischen viehlosen und viehhaltenden Betrieben. Im Betriebszweig der Milchproduktion etwa, muss das

Tabelle 4: Veränderungspotenzial durch ein alternatives Baukonzept

Umweltwirkung	Veränderung in %
Energiebedarf	-5,95
Treibhauspotenzial ohne Tierhaltung	-5,67
Versauerungspotenzial	-3,79
aq. Eutrophierung N	-0,39
aq. Eutrophierung P	+1,66
Human Ökotoxizität	-5,38
Boden Ökotoxizität	-7,07
Wasser Ökotoxizität	-3,55
Ressourcenverbrauch Kalium	-0,15
Ressourcenverbrauch Phosphor	+0,04
Flächenbedarf	+2,05
Abholzung	+0,78
Wasserverbrauch	8,69

Gebäudevolumen in enger Beziehung zur nutzbaren Fläche stehen. Die scheinbar günstigeren Baukosten je Stallplatz im Neubau verleiten fast alle Betriebsleiter Stallungen über die Verhältnisse hinaus zu errichten. Damit setzten sie den in der Einleitung kritisierten Zusammenhang von „Wachse oder Weiche“ in Gang. Die dritte Forderung lautet deshalb: Das Gebäudevolumen ist realistisch an die eigenen Möglichkeiten und den eigenen Bedarf anzupassen. Baustrukturen die ein modulartiges, langsames Wachsen ermöglichen sind hier von Vorteil. Ob und wie die drei Forderungen in den hier untersuchten 57 Milchviehbetrieben umgesetzt wurden ist nicht wirklich bekannt. Deutlich zeigt sich aber in *Tabelle 3*, dass der umbaute Raum pro ha deutlichen Schwankungen unterworfen ist. Dies gilt auch für das Gebäudealter, wobei ein bedeutender Anteil der derzeit benutzten Strukturen schon ein akzeptables Nutzungsalter erreicht hat. Die verwendeten Baustoffe in Österreich sind nicht außergewöhnlich. Es dominieren Gebäude mit massiven Fundamenten, die oft in Holzkonstruktionen nach oben geführt werden.

Für die Analyse von Umweltwirkungen wurden zwischen 2013 und 2016 viele Milchviehbetriebe erfasst und nach den beschriebenen Technik der Forschungsgruppe Ökobilanzen | Agroscope | Schweiz bewertet. Es zeigt sich, dass die Umweltwirkung Energiebedarf, dieser ist eng mit dem Anfall des Treibhauspotenzials verbunden, eine große Bedeutung bei der Errichtung von Gebäuden hat. Bedeutend ist auch der Anteil jener Umweltwirkungen die die Toxizität beschreiben. Alle anderen dargestellten Umweltwirkungen sind gering. Weil sowohl die Treibhausproblematik als auch die Toxizität in direkter Wirkung zu unserer Gesellschaft stehen, sollten die drei aufgestellten Forderung bei jedem Bauprojekt bedacht und weitgehend umgesetzt werden.

Literatur

- BERGNER, T. (2016): Die gierige Gesellschaft: Wie ein Gefühl eine soziale Revolution auslösen kann, Schattauer, Stuttgart, 325 S.
- DUX, D.; ALIG, M. und HERZOG, D. (2009): Umweltwirkungen von landwirtschaftlichen Gebäuden. *AgrarForschung* 16 (8), 284-289.
- ECOINVENT (2011): Ecoinvent LCA-Database, Ecoinvent, Zürich.
- FINKBEINER, M.; INABA, A.; TAN, R.B.H.; CHRISTIANSEN, K. und KLÜPPEL, H.J. (2006): The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *International Journal of Life Cycle Assessment* 11, 80-85.
- GILLENKIRCH, R. (2017): Gablers Wirtschaftlexikon. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/8004/homo-oeconomicus-v12.html>.

- GUINÉE, J.; GORREE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; UDO DE HAES, H.; VAN DER VOET, E. und WRISBERG, M. (2002): Life Cycle Assessment. An operational guide to ISO standards. Volume 1, 2, 3. Centre of Environmental Science, Leiden University (CML), The Netherlands.
- HERNDL, M.; BAUMGARTNER, D.U.; GUGGENBERGER, T.; BYSTRICKY, M.; GAILLARD, G.; LANSCHKE, J.; FASCHING, C.; STEINWIDDER, A. und NEMECEK, T. (2016): Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding-Donnersbachtal, 93 S.
- KLÖPFER, W. und GRAHL, B. (2007): Ökobilanz (LCA), Wiley-VCH, Weinheim, 426 S.
- MEYER (1888): Eisenbahn. Meyers Konversationslexikon 4. Auflage, Band 5, 428–447.
- NEMECEK, T.; HUGUENIN-ELIE, D.; DUBOIS, D. und GAILLARD, G. (2005): Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau, Agroscope, FAL Reckenholz, Zürich, 156 S.
- WINIWARTER, V. und BORK, H.-R. (2015): Geschichte unserer Umwelt. Sechzig Reisen durch die Zeit, Theiss, Konrad, Stuttgart, 192 S.