

Holz beim Stallbau - beständig, nachhaltig und wirtschaftlich?

Stable Construction with Wood – resistant, sustainable and economical?

Jochen Simon¹, Ferdinand Oberhardt¹, Yuan Jiang², Stefan Winter², Sabine Helm³, Klaus Richter³, Gabriele Weber-Blaschke³ und Philipp Dietsch⁴



Zusammenfassung

Holz ist ein universell einsetzbarer Baustoff im landwirtschaftlichen Bauwesen. Als organisches Material muss es vor Schadorganismen geschützt werden, um die Tragsicherheit und Dauerhaftigkeit zu gewährleisten. Bei Beachtung der spezifischen Gebrauchsbedingungen kann es aber bei allen Gebäuden für die üblichen landwirtschaftlichen Verfahren der Tier- und Lagerhaltung eingesetzt werden. Bezüglich der Umweltauswirkungen ist bei Gebäuden die Art des Baumaterials der maßgebende Faktor. Beim exakten Vergleich einer bau- und funktionsgleichen Modellstallanlage in Holz und Stahl mittels einer Ökobilanz konnte gezeigt werden, dass die baugleiche Holz- gegenüber der Stahlkonstruktion zu einer Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 36 % und des Treibhauspotenzials um 62 % führt. Im Rahmen desselben Vergleichs hat sich bei gleicher Funktion ein Kostenvorteil für die Holzkonstruktion von ca. 12 % ergeben. Hinzu kommen sehr gute bauphysikalische Eigenschaften.

Schlüsselwörter: Landwirtschaftliches Bauen, Material, Holz, CO₂-Bilanz, Holzschutz, Kosten

Summary

Wood is a versatile construction material in agricultural construction. As an organic material, timber must be protected from harmful organisms, in order to ensure structural safety and durability. However, if the specific conditions of use are taken into account, it can be used for all buildings for common agricultural uses of animal husbandry and storage. With regards to the environmental impact of buildings, the type of building material is the decisive factor. A precise comparison of an identical model stable in timber and steel for the application of life cycle assessment, showed that the timber construction reduces primary energy consumption by 36 %, and global warming potential by 62 % compared to the steel construction. The comparison also showed a cost advantage of approximately 12 % for the timber construction. Other advantages are the very good structural-physical properties.

Keywords: agricultural construction, material, wood, global warming potential, wood protection, costs

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, D 85586 Poing-Grub;

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Arcisstraße 21, D 80333 München

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzwissenschaft, Holzforschung München, Winzererstraße 45, D 80797 München sowie Standort Freising, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, D 85354 Freising

⁴ Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Technikerstraße 13, A 6020 Innsbruck

* Ansprechperson: Jochen Simon

E-mail: Jochen.Simon@flf.bayern.de

Einleitung

Bei der Errichtung von landwirtschaftlichen Nutzgebäuden spielte Holz früher in allen Regionen Deutschlands und Österreichs als regionaler Baustoff eine wesentliche Rolle. An sich kann Holz, als einzig verfügbarer nachwachsender Rohstoff, für Tragwerke, Wand-, Decken- und Dachbekleidungen sowie für den Innenausbau und Stalleinrichtungen verwendet werden. Allerdings führen pauschale Aussagen wie „Bauen mit Stahl ist billig, stark und beständig“ dazu, dass selbst bei Betrieben, die aus dem eigenen Wald Holz zur Verfügung hätten, Gebäude aus Stahl und Blech errichtet werden.

Hinsichtlich der Beständigkeit muss beachtet werden, dass Holz als organisches Material vor Schadorganismen geschützt werden muss, um die Tragsicherheit und Dauerhaftigkeit zu gewährleisten. Hinzu kommt, dass die Fichte, eine der im landwirtschaftlichen Bauen hauptsächlich verwendeten Holzarten, für den Einsatz in der Gebrauchsklasse (GK) 1 (oder höher) gem. der in Deutschland bauaufsichtlich eingeführten DIN 68800 „Holzschutz“, Teil 1 „Allgemeines“ bisher nicht ohne zusätzliche chemische Holzschutzmaßnahmen eingesetzt werden konnte. Einerseits lag die Vermutung nahe, dass durch die Bauweise von Stallanlagen (insb. Außenklimaställen) sowie die typischen Feuchtequellen (z. B. aus dem Tierbetrieb, wiederkehrenden Reinigungsvorgängen) und bauphysikalischen Randbedingungen in der Lagerhaltung (z. B. hohe Luftfeuchten bei niedrigen Temperaturen in der Kartoffellagerung), diese Gebäude der GK 2 – 3 zuzuordnen sind. Andererseits entfällt der vorbeugende chemische Holzschutz in Deutschland im Umfeld der Tierhaltung bzw. Nahrungsmittelerzeugung. Durch diesen Widerspruch, einerseits keinen vorbeugenden chemischen Holzschutz im Umfeld der Tierhaltung und der Nahrungsmittelkette einsetzen zu wollen, andererseits aber keine klaren normativen Regeln für landwirtschaftliche Nutzgebäude zur Verfügung zu haben, wurden viele Projekte bislang in einer rechtlichen Grauzone errichtet. Weiters fehlten bisher valide Aussagen zum Potenzial der Treibhausgas- und Energieeinsparung sowie zum jeweiligen Investitionsbedarf beim direkten Vergleich landwirtschaftlicher Nutzgebäude in Holz- oder Stahlbauweise.

Material und Methode

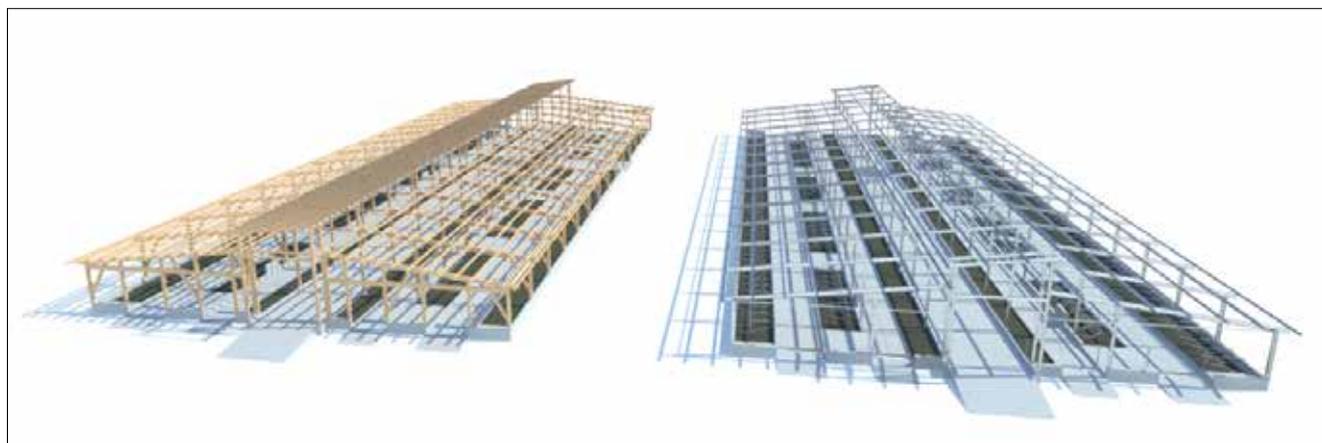
Um die genannten Argumente gegen den Baustoff Holz zu entkräften bzw. die notwendige Planungssicherheit zu erreichen, wurden zwei Kooperationsprojekte zwischen der Technischen Universität München (TUM), Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion sowie mit dem Lehrstuhl für Holzwissenschaft, Holzforschung München und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) durchgeführt. Im Rahmen des Projekts „Landwirtschaftliche Gebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden Holzschutz gemäß DIN 68800“, wurde zunächst ein zweijähriges Klima- und Holzfeuchte-Monitoring durch den Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM gestartet, um die Gebrauchsbedingungen für Holzkonstruktionen typischer landwirtschaftlicher Nutzgebäude und die daraus resultierenden Holzfeuchten zu messen.

Dabei wurden für 13 charakteristische Gebäude mit landwirtschaftlicher Nutzung (Rinder-, Schweine und Geflügelställe sowie Mineraldünger-, Kartoffel-, Hackschnitzel-, Heutrocknungs- und Heulagerhallen), die Außen- und Innenklimadaten sowie die Holzfeuchten erfasst. Die Messstellen für die Holzfeuchten befanden sich in allen Objekten in tragenden Holzbauteilen (Stützen, Bindern) in zwei bis vier verschiedenen Tiefen (15, 25, 40 und 70 mm). Die so erfassten Daten wurden mit den in der Norm vorgegebenen Bedingungen und zusätzlich mit dem Holzzerstörungsmodell nach Viitanen und Ritschkoff (1991) und dem vereinfachten, ingenieurmäßigen Ansatz nach Kehl (2013) abgeglichen (Jiang et al. 2018).

Darauf aufbauend, wurde ein Leitfaden erarbeitet, in dem typische Feuchtequellen z. B. aus dem Einfluss des Außenklimas, der Tier- bzw. Lagerhaltung oder der eingesetzten Technik erfasst und in Gebäudegrundrissen und -schnitten dargestellt werden. Diese werden durch konstruktive Details zur Erreichung der GK 0 für Fichte ergänzt (Simon et al. 2021).

Im Rahmen des Interreg IV Projektes „Bauen in regionalen Kreisläufen“ wurde, zusammen mit einem Ingenieurbüro für Tragwerksplanung, jeweils eine dreischiffige Liegehalle für 170 Milchviehplätze nach den gleichen statischen Grundprinzipien (durch Verbände ausgesteiftes Tragwerk, Flächengründung) für eine Ausführung als Holz- bzw. Stahlkonstruktion geplant und vordimensioniert (Abbildung 1). Das Tragwerkskonzept ist so ausgelegt, dass der Futtertisch den Kern der Halle bildet, an den auf beiden Seiten unabhängig voneinander bzw. nach Bedarf die Dachkonstruktionen für den jeweiligen Liege- und Fressbereich angebaut werden können. Im Gegensatz zu herkömmlichen Hallentragwerken mit Zwei- oder Dreigelenkrahen, ist mit dieser Konstruktion z. B. bei Mischnutzungen (Milch- und Jungvieh unter einem Dach) ein bedarfsgerechter, in einzelne Bauabschnitte untergliederter Ausbau, sowohl auf einer als auch auf beiden Seiten des Futtertisches, möglich. Die zugehörigen Material-Listen bildeten die Grundlage für die Ermittlung des Treibhauspotentials und des Primärenergiebedarfs durch den Lehrstuhl für Holzwissenschaft an der TUM. Die angewendete Ökobilanz-Methodik gemäß DIN EN ISO 14040 und 14044 (Nagus, 2006a, b) ermöglicht die Erfassung der Umweltauswirkungen eines Gebäudes entlang seines Lebenszyklus. Betrachtet wurden die Herstellung der verschiedenen Bauprodukte inklusive der Vorketten, die damit verbundenen Transportaufwendungen und die stoffliche und energetische Verwertung bzw. Entsorgung der Gebrauchtaustoffe (Helm, 2013, Helm et al., 2013). Die bau- und funktionsgleichen Stallmodelle in Holz und Stahl dienten gleichzeitig als Grundlage für die Kostenermittlung auf Bauelementebene gem. DIN 276 (Simon et al. 2013).

Abbildung 1: Stallmodell in Holz- (links) bzw. Stahlbauweise (rechts)
Figure 1: Model of the stable in timber (left) and steel framing (right)

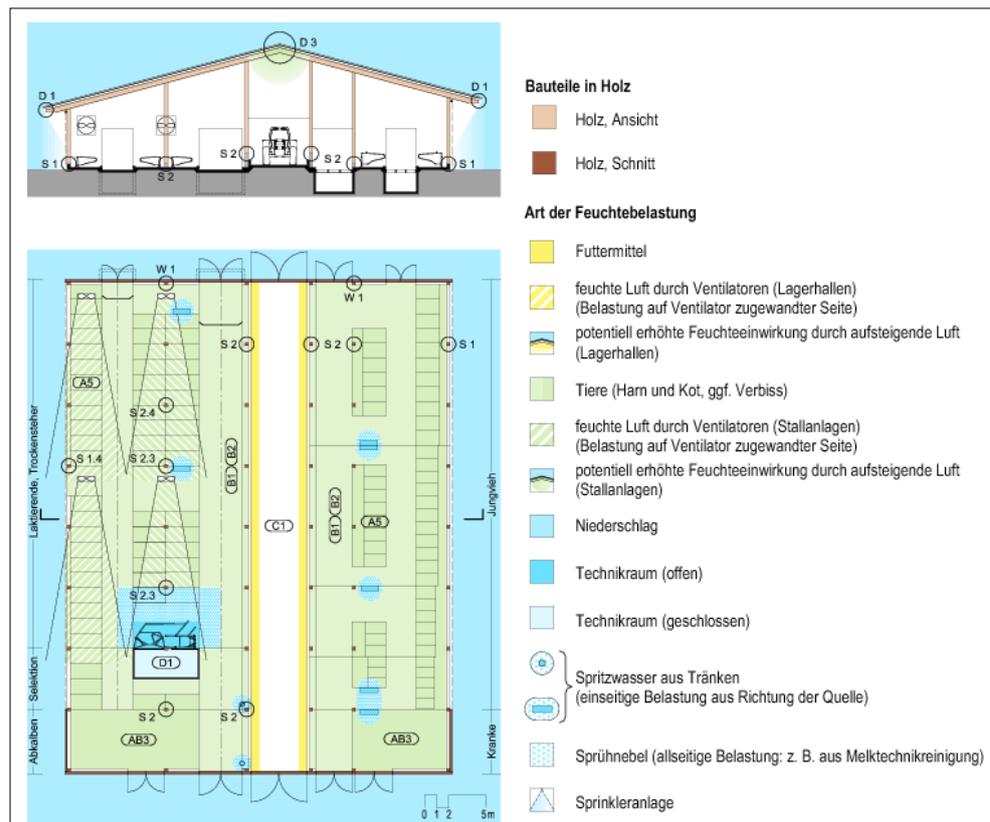


Ergebnisse

Hinsichtlich der Holzfeuchte, wesentlicher Indikator der angestrebten Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen, konnte für die 13 evaluierten Projekte der Nachweis erbracht werden, dass bei Beachtung der Regeln des konstruktiven Holzschutzes gemäß DIN 68800-2 zumeist eine Einordnung der Bauteile in GK 0 möglich ist. Bei nutzungsspezifischen, lokalen Besonderheiten kann durch sog. „besondere bauliche Maßnahmen“ (z. B. Vordächer, Einsatz von Brettschichtholz oder technisch getrocknetem Bauholz), bei extremen globalen Randbedingungen wie z. B. in der Kartoffellagerung mit einer verfahrensspezifischen Luftfeuchtigkeit $\geq 85\%$ durch den Einsatz von Holzarten mit höherer natürlicher Dauerhaftigkeit (Douglasie, Kiefer, Lärche, Eiche) auf die Verwendung von vorbeugendem chemischen Holzschutz verzichtet werden.

Auf den Untersuchungen und Erkenntnissen des Holzfeuchtemonitorings aufbauend, werden im Leitfaden „Landwirtschaftliches Bauen mit Holz – Leitfaden für Beispielkonstruktionen in Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2“ zunächst die Grundlagen des Holzbaus gemäß DIN 68800 zusammengefasst. Die äußeren und inneren Feuchtequellen für typische landwirtschaftliche Verfahren in der Tier- und Lagerhaltung (Rinder, Schweine, Geflügel, Kleinwiederkäuer, Pferde, und Lagerhallen), sind anhand von Musterplanungen (Grundrisse/Schnitte) dargestellt (Abbildung 2).

Abbildung 2: Beispiel Grundriss und -schnitt für einen Milchviehstall, inkl. Legende
Figure 2: Example ground plan and section for dairy barn, incl. legend



Mit dem sogenannten Maßnahmenkatalog, einer tabellarischen Handlungsanweisung, die in Abhängigkeit von der Art des Bauteils und der Feuchtebelastungen ggf. mehrere konkrete Maßnahmen vorschlägt, können die exemplarisch dargestellte Ausführung des jeweiligen Bauteils nachvollzogen sowie eigene Schlussfolgerungen für andere Projekte abgeleitet werden. Für die genannten nutzungsspezifischen, lokalen Besonderheiten bzw. globalen Randbedingungen, werden im Leitfaden konstruktive Hinweise gegeben, wie durch besondere bauliche Maßnahmen oder den Einsatz von Holzarten mit erhöhter Dauerhaftigkeit auf die Verwendung von vorbeugendem chemischen Holzschutz verzichtet werden kann. Durch die Darstellung der Grundlagen sowie der grundsätzlichen und besonderen baulichen Maßnahmen können die Anforderungen auf Varianten der dargestellten Verfahren oder andere, im Rahmen des Leitfadens nicht dargestellte Haltungs- und Lagerverfahren, übertragen werden.

Hinsichtlich der CO₂-Bilanz speichert die verbaute Menge von 106 t Holz rund 47 t Kohlenstoff. Das entspricht einer Entnahme von ca. 174 t CO₂ aus der Luft. Das Treibhauspotenzial wird durch die Holzbauweise gegenüber der Stahlbauweise mit einem Bedarf von 77 t Stahlprofilen um gut 200 t CO₂-Äquivalent und der Primärenergiebedarf um knapp 1,5 Mio. MJ reduziert (Abbildung 3). Unter den verschiedenen Bauelementen trägt das Tragwerk in Holzbauweise mit rund 75 % am meisten zur Reduzierung der Umweltauswirkungen bei (Abbildung 4). Es reduziert den Primärenergiebedarf um mehr als eine Mio. MJ. Durch Berücksichtigung der Substitution von fossilen Energieträgern bei der thermischen Verwertung des Holzes, werden bei der Holz-Variante rechnerisch gut 33 t CO₂-Emissionen vermieden. Das Tragwerk in Stahlbauweise verursacht dagegen 118 t CO₂-Emissionen.

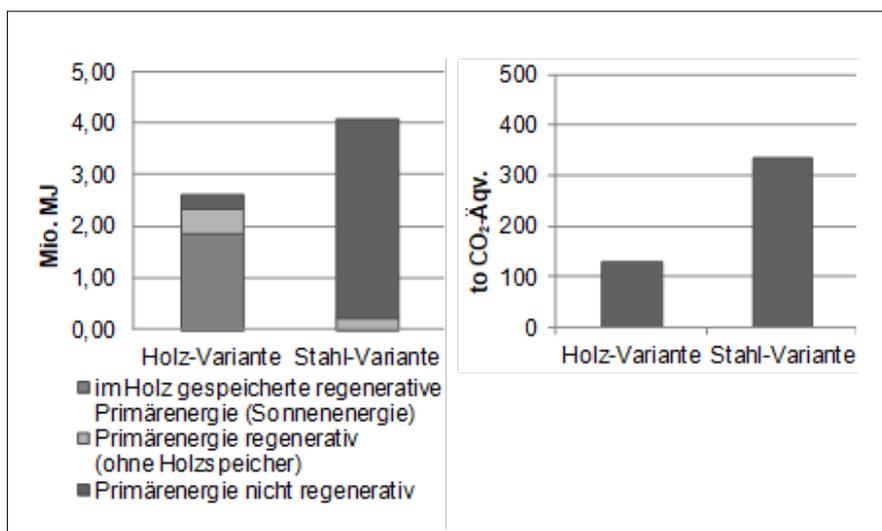


Abbildung 3: Primärenergiebedarf [MJ] (links) und Treibhauspotenzial [CO₂-Äquivalente] des Modellstalls (rechts) Figure 3 (left side): Primary energy consumption [MJ] (left) and global warming potential [CO₂ equivalents] of the model stable (right)

Die Investition für die Gebäudehülle in Stahl (inkl. Konstruktion und Verkleidung der Wände mit Profilblechen sowie Dacheindeckung mit Sandwichpaneelen ohne Bodenplatte und Stalleinrichtung), liegt bei ca. 315.000 € bzw. ca. 1.850 €/TP (netto, Stand 2012). Bei einer Preissteigerung von ca. 26 % (DeStatis), wären dies aktuell 397.000 € bzw. 2.335 €/ TP (netto, Stand 2021). Der Investitionsbedarf für das gleiche Tragwerk in Holz beläuft sich auf ca. 276.000 € bzw. ca. 1.620 €/TP (netto, Stand 2012). Aktuell wären dies 348.000 € bzw. 2.047 €/TP (netto, Stand 2021). Für die beiden Material-Varianten werden zum einen ca. 77 t Stahlprofile und zum anderen ca. 106 t Holz (= ca. 217 m³) benötigt. Die Holzmenge verteilt sich auf ca. 118 m³ Kantholz und ca. 99 m³ Schalung/Latten.

Schlussfolgerung

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit kann Holz bei Beachtung der Vorgaben des konstruktiven Holzschutzes gem. DIN 68800-2 für alle landwirtschaftlichen Nutzgebäude für die Tier- und Lagerhaltung verwendet werden. Durch vertiefte Erkenntnisse aus dem Holzfeuchte-Monitoring landwirtschaftlicher Nutzgebäude können in Teilbereichen über den Leitfaden Handlungsanweisungen gegeben werden, die über die bisherigen Angaben der DIN 68800 hinausgehen. Damit kann dieser interessierten Landwirten als Bauherren sowie Beratern, Planern und ausführenden Firmen als Grundlage für die Planung und Realisierung ihrer landwirtschaftlichen Projekte in Holzbauweise dienen. Mit den Messdaten der TUM als wissenschaftliche Grundlage und der Übersetzung der Ergebnisse in konkrete Handlungsanweisungen im Sinne besonderer baulicher Maßnahmen nach DIN 68800-2, steht dieser Leitfaden im Rang eines sonstigen Nachweises. Hinsichtlich der Umweltauswirkungen Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial, ist Holz gegenüber Stahl der zu bevorzugende Baustoff. Je höher die eingesetzte Menge an Holz, desto größer sind die Einsparungen an Primärenergie und Treibhausgasen. Beim Vergleich der Tragwerke aus Holz und Stahl ergibt sich ein Kostenvorteil für die Holzkonstruktion von ca. 12 %.

Hinzu kommen weitere Vorteile beim Einsatz von Holz als Baustoff für landwirtschaftliche Nutzgebäude. So bekommt der sommerliche Hitzeschutz durch die Gebäudehülle (insb. Dachflächen) in der Tierhaltung im Zuge des Klimawandels eine immer größere Bedeutung. Hier zeigt Holz vorteilhafte bauphysikalische Eigenschaften, um den Energieeintrag durch die Sonneneinstrahlung zu reduzieren. Bei der Verwertung von Rundholzquerschnitten fällt die Seitenware an. Diese kann als Dachschalung verwendet werden, die hinsichtlich des Wärmedurchgangs die gleichen Eigenschaften wie z. B. im landwirtschaftlichen Bauen übliche Sandwichpaneele mit Polyurethanschaumkern (PUR) aufweist. Durch die Erhöhung der Materialstärke (z. B. durch Brettstapelelemente) kann diese Wirkung erheblich gesteigert werden (Stötzel et al., 2019).

Durch den jährlichen Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Gebäude besteht für den Baustoff Holz ein großes Potenzial, um zur Sicherung einer zukunftsfähigen Landbewirtschaftung beizutragen. Die Verwendung von Holz sollte daher weiter gefördert und öffentlich befürwortet werden.

Literatur

DIN 68800-1 (2011): Holzschutz – Teil 1: Allgemeines. Beuth Verlag, Berlin

DIN 68800-2 (2019): Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. Beuth Verlag, Berlin

HELM, S., (2013): Vergleich eines landwirtschaftlichen Gebäudes in Holz- versus Stahlbauweise hinsichtlich Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial – Entwicklung eines Software-Tools zur vereinfachten Abschätzung von Umweltauswirkungen landwirtschaftlicher Gebäude. Masterarbeit am Lehrstuhl für Holzwissenschaft/Holzforschung München der Technischen Universität München.

HELM, S., LUBENAU, C., WEBER-BLASCHK, G., RICHTER, K., (2013)b: Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial bei landwirtschaftlichen Nutzgebäuden. In: INTERREG IV Bayern-Österreich. Landwirtschaft - Bauen in regionalen Kreisläufen. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB), Freising, Broschüre, 1-21.

JIANG, Y., DIETSCH P., OBERHARDT F., SIMON J., (2018): Landwirtschaftliche Nutzgebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz (Gebrauchsklasse 0 (GK 0)) – Besondere bauliche Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München (TUM) und Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). www.hb.bgu.tum.de/fileadmin/w00bpc/www/04_Forschung/02_Abgeschlossene_Forschungsprojekte/2018/18_SB_Landwirtschaftliche_Nutzgebäude.pdf, Zugriff am 01.04.2019

NORMENAUSSCHUSS GRUNDLAGEN DES UMWELTSCHUTZES (NAGUS, 2006a): Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen DIN EN ISO 14040:2006.

NORMENAUSSCHUSS GRUNDLAGEN DES UMWELTSCHUTZES (NAGUS, 2006b): Umweltmanagement- Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen DIN EN ISO 14044:2006.

VIITANEN, H., RITSCHKOFF A.C., (1991): Brown rot decay in wooden constructions. Effect of temperature, humidity and moisture. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report no. 222

SIMON, J., BLENK, M., DIETL, H., GEISCHEDER, S., GOBLIRSCH, G., HELM, S., HUENE, A., RICHTER, K., SCHULZE, A., WEBER-BLASCHKE, G., (2013): Landwirtschaftliche Nutzgebäude in Holzbauweise. In: INTERREG IV Bayern-Österreich. Landwirtschaft - Bauen in regionalen Kreisläufen. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB), Freising.

SIMON, J.; DIETSCH, P., WINTER, S., (2021): Landwirtschaftliches Bauen mit Holz - Leitfaden für Beispielkonstruktionen in Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.

STÖTZEL, P., SIMON, J., (2019): Bauliche Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Rinderställen. In: Tagungsband der Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2019. Hrsg. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (HBLFA), Irnding-Donnersbachtal