

PLANUNGSLEITFADEN

Entwicklung zukunftsweisender Konzepte zum landwirtschaftlichen Bauen mit Holz – von der Planung bis zum Rückbau (ZukunftLaWiBau)

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	3
TEIL A: WIRTSCHAFTLICHE TRAGKONSTRUKTIONEN	4
TEIL B: DAUERHAFTE KONSTRUKTIONEN	12
TEIL C: DESIGN FOR REUSE	16
TEIL D: LCA GEBÄUDE	20
TEIL E: HYGIENE	22
TEIL F: HOLZPRODUKTE	29
TEIL G: RESSOURCENPOTENZIAL	31

EINLEITUNG

Die Verwendung von Holz im landwirtschaftlichen Bauen steht in einer sehr langen Tradition. In den letzten Jahrzehnten hat die Bedeutung von Holz in diesem Bereich gegenüber anderen Baumaterialien abgenommen. Mit dem Projekt „Entwicklung zukunftsweisender Konzepte zum landwirtschaftlichen Bauen mit Holz – von der Planung bis zum Rückbau (ZukunftLaWiBau)“ wird daher das Ziel verfolgt, technische und wirtschaftliche Informationen und Erfolgsfaktoren für das landwirtschaftliche Bauen in Holzbauweise zur Verfügung zu stellen.

Hierzu wurden Planungsgrundlagen für landwirtschaftliche Gebäude in Form eines umfassenden Typenkatalogs für landwirtschaftliche Nutzgebäude zur Tier- und Lagerhaltung erarbeitet. Darüber hinaus wurden die Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit von landwirtschaftlichen Gebäuden betrachtet, die Datenbasis zu Klima- und Ressourcenschutz der landwirtschaftlichen Bauten aus Holz dargestellt sowie Fragestellungen der Rückbaubarkeit adressiert. Zudem wurden aktuelle Fragestellungen der Hygiene und Holzprodukte berücksichtigt, Möglichkeiten zur Nutzung des Potenzials des vorhandenen Holzes vorgeschlagen und regionale Wertschöpfungsketten in ländlichen Räumen angesprochen.

Dieser Leitfaden fasst die Ergebnisse zusammen.

Eine ausführliche Beschreibung und Erläuterung der einzelnen Teile ist im Abschlussbericht des Projektes ZukunftLaWiBau nachzulesen.

Das Projekt wurde durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unter dem Förderkennzeichen 2220HV036 gefördert.

Ein Verbundprojekt von Ruhr-Universität Bochum, Technische Universität München, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Freising, Freie Universität Berlin und Friedrich-Loeffler-Institut Insel Riems.

© 2023

TEIL A:

WIRTSCHAFTLICHE TRAGKONSTRUKTIONEN

*Ferdinand Oberhardt, Georgia Perdikouri, Jochen Simon
Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Landwirtschaftliches Bauwesen*

BESTANDSANALYSE UND HARMONISIERUNG

Bei der Planung landwirtschaftlicher Nutzgebäude sind die Bewirtschaftungsform, das Tierwohl, rechtliche Vorgaben, die Wirtschaftlichkeit und deren Einfügung in die (Kultur)Landschaft in Einklang zu bringen. Die Abmessungen für Stallanlagen, Reit-, Lager- und Maschinenhallen ergeben sich aus den verfahrensspezifischen Funktionsflächen und -maßen sowie der Anzahl der gehaltenen Tiere, Lagermengen bzw. untergestellten Maschinen und Geräte. Für Stallanlagen sind diese in gesetzlichen Vorgaben, Leitlinien, Beratungsempfehlungen sowie Vorgaben zur Investitionsförderung hinterlegt. Für Maschinen- und Lagerhallen sind Anzahl und Größe der Maschinen, das Normungswesen, betriebsspezifische Erntemengen und Lagerformen bzw. der Lagerbedarf an Betriebsmitteln maßgebend. Darüber hinaus sind für die Bewirtschaftung Verkehrsflächen für das Personal, Maschinen und Geräte notwendig. Im Vergleich zeigt sich, dass die vielfältigen Vorgaben zwischen den einzelnen Verfahren nicht aufeinander abgestimmt sind. Davon abgesehen findet ein ständiger Wandel auf Grund aktueller Praxiserfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Ethologie, Haltung und Zucht von Nutztieren, dem allgemeinen technischen Fortschritt bis hin zum Strukturwandel in der Landwirtschaft statt. Dieser bedingt für die Betriebe häufig eine Vergrößerung der bewirtschafteten Flächen, der Anzahl der gehaltenen Tiere und damit auch der Lager- und Stallkapazitäten. Gleichzeitig findet eine Spezialisierung bis hin zur Auslagerung von Arbeitsvorgängen statt. Von baulicher Seite werden diese vielfältigen Anforderungen bundesweit mit standardisierten Hallenkonstruktionen aus dem Gewerbebau beantwortet, die von Generalunternehmern in Stahl-, Beton- und Holzbauweise, z. T. auch als Mischkonstruktionen, angeboten werden. Untersuchungen z. B. für den Stallbau zeigen, dass mit alternativen Baukonzepten durch verringerte Spannweiten bzw. Bauvolumina und einem damit einhergehenden reduzierten Materialbedarf bzw. Herstellungsaufwand deutliche Einsparungen beim Investitionsbedarf, bei gleichem bis höherem Tierwohl, erreicht werden können. Diese Erkenntnisse geben Anlass, alternative Baukonzepte in der Praxis zu analysieren und hinsichtlich ihrer Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit weiterzuentwickeln. Diese wird dadurch erhöht, dass die Maße zwischen den Verfahren so weit als möglich bzw. sinnvoll aufeinander abgestimmt werden, um am Ende höhere Stückzahlen im Abbund von baugleichen Teilen aus Holz zu erzielen.

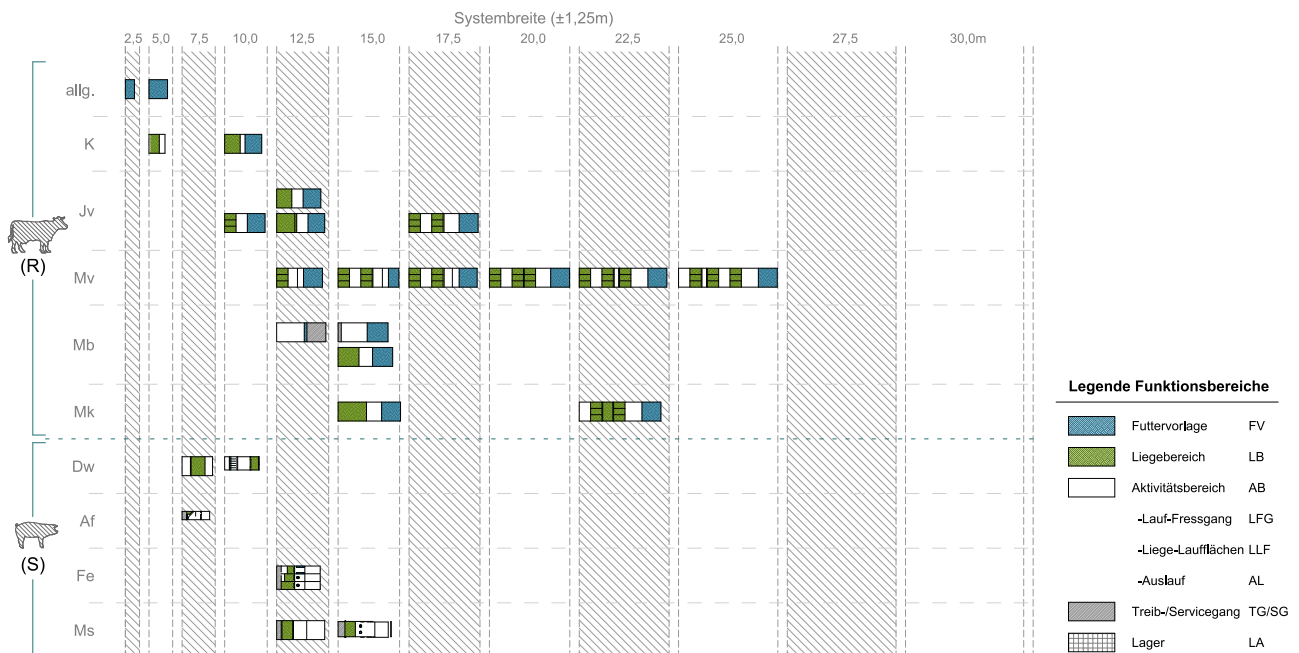


Abbildung 1: Ausschnitt aus Gesamtmatrix zur Zuordnung der kleinsten Funktionseinheiten für Stallanlagen, Reit-, Lager- und Maschinenhallen in Maßsystem x * 2,50 m (± 1,25 m)

Im ersten Schritt sind aus (inter)nationalen Beratungsunterlagen und Veröffentlichungen typische Grundrisse für Stallanlagen (Rinder-, Schweine-, Kleinwiederkäuer-, Geflügel- und Pferdehaltung), Bewegungsanlagen (Reithallen), Lagerhallen (Getreide-, Kartoffel- bzw. Zwiebel-, Dünger-, Heu- und Hackschnitzzellager) sowie Maschinenhallen gesammelt worden (Tabelle 1). Diese werden hinsichtlich der kleinsten Funktionseinheit analysiert, die sich in der Tierhaltung z. B. aus dem Aktivitätsbereich (Liege- und Bewegungsflächen), Einrichtungen zur Futter- und Wasseraufnahme sowie den Verkehrsflächen für Stallpersonal, Maschinen, Fütterungs- und Entmistungstechnik ergeben. Nach Anpassung auf die aktuellen Anforderungen für Funktionsflächen und Maße werden diese nach deren Systembreite sortiert. Die Abstufung der Maße in 2,50 m-Schritten erfolgt in Anlehnung an das im Bauwesen normativ eingeführte Oktametersystem (zzgl. einem Korridor von ±1,25 m). In der Kombination mit Tragwerken ergeben sich daraus Spannweitengruppen. Zur Erreichung gleicher Spannweiten innerhalb der Gruppen kann bei der baulichen Umsetzung eine Harmonisierung der Funktionsflächen und -maße erfolgen. Als Ergebnis zeigt sich eine Häufung der Maße für die kleinsten Funktionseinheiten bei 9 m, 12 m, 16 m und 25 m. Größere Gebäudebreiten sind auch im Holzbau möglich. Hier ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und bei Stallanlagen der Erweiterbarkeit bzw. Stallklimaführung, abzuwägen, ob kleinteiligere Gebäude nicht z. T. erhebliche wirtschaftliche und funktionale Vorteile bringen.

Rinder – Milchvieh
(R-Mv)

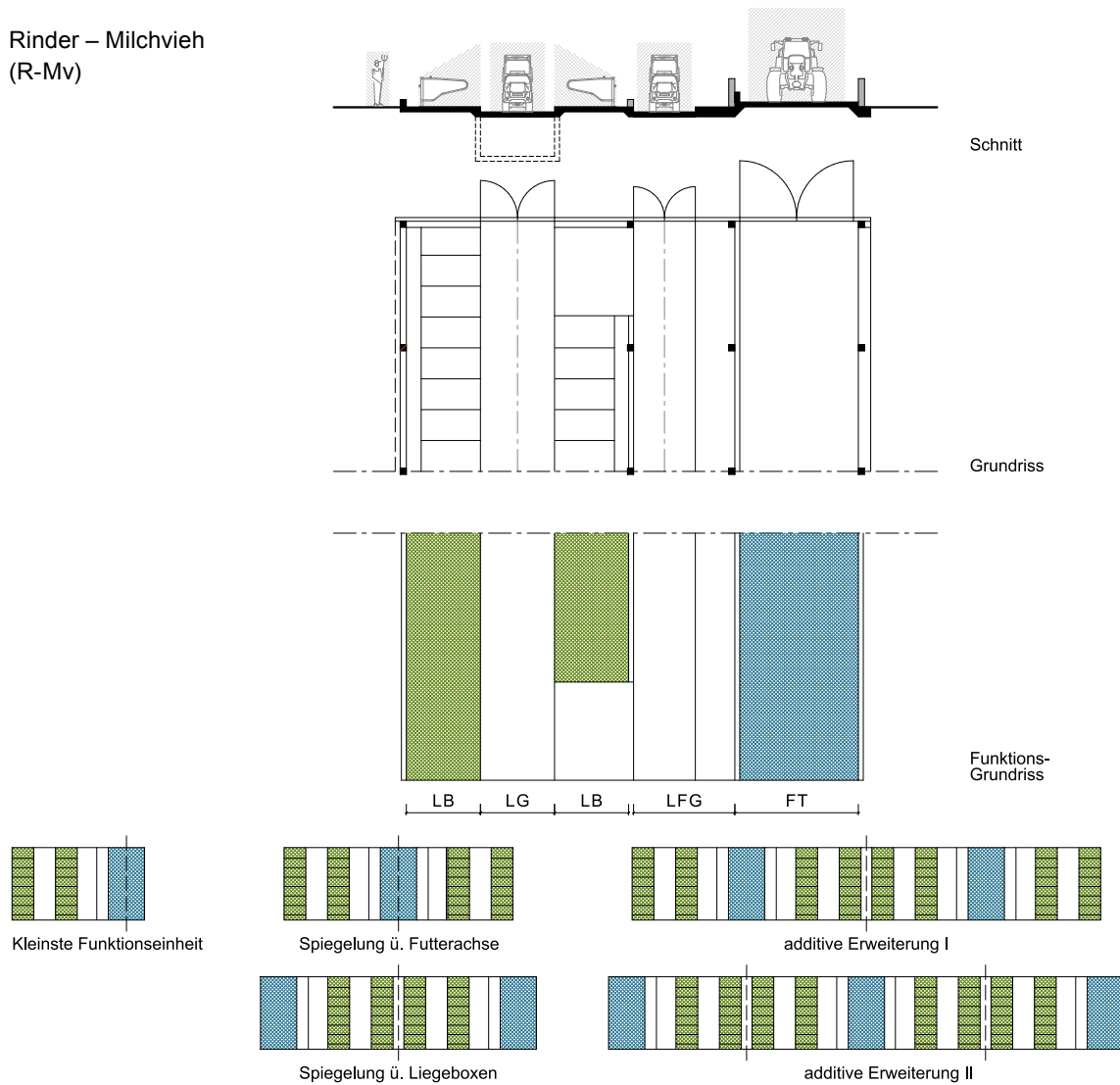


Abbildung 2: Beispiel für eine kleinste Funktionseinheit (2-reihiger Liegeboxen-Laufstall für Milchvieh) in Grundrissen und Schnitt, mit Erweiterungsschritten

Das Beispiel zeigt einen zweireihigen Milchviehstall als kleinste Funktionseinheit mit den Funktionsbereichen Liegeboxenreihen, Lauf- bzw. Fressgang und Futtertisch (Abbildung 2). Diese Funktionseinheit kann durch Addition, Spiegelung und Kombinationen mit anderen Funktionseinheiten zu Stallanlagen weiterentwickelt werden. Aus der Bewirtschaftung durch das Stallpersonal, mit Maschinen und Geräten sowie der Nutzung durch die Tiere ergeben sich notwendige Lichtraumprofile, die nicht durch konstruktive Bauteile aus dem Tragwerk (z. B. Stützen, Streben) beeinträchtigt werden dürfen.

TRAGWERKE, STATISCHE BERECHNUNG UND HOLZVERWENDUNG

Um für die jeweiligen Verfahren und Abmessungen spezifische Tragwerke in Holzbauweise zu etablieren, sind wirtschaftlich umsetzbare Tragkonstruktionen unabdingbar. Im ersten Schritt sind insg. 50 Tragwerksvarianten über die Statiksoftware FRILO vordimensioniert und hinsichtlich der Querschnitte des Kipp-Punktes analysiert worden. Letzterer entspricht der Spannweite, ab welcher aus statischen Gründen neben Vollholz (VH) auch Brettschichtholz (BSH) verwendet werden muss.

Tragwerke

- **Bauweise:** Skelettbauweise [Sk]
- **Ausrichtung Primärkonstruktion:** Quer [Q]
- **Trag-Systeme & Varianten:**
 - Stütze-Binder-System [StüB]
 - > 1 bzw. 2 Strebe(n) Innen [1StrI / 2StrI], 1 bzw. 2 Strebe(n) Aussen [1StrA / 2StrA]
 - > 1 bzw. 2 eingespannte Stütze(n) [1eStü / 2eStü]
 - Rahmen [R]
 - > 2 Gelenk Rahmen [2G]
 - > 3 Gelenk Rahmen [3G-F], 3-Gelenk-Rahmen | 1 hüftig [3G-1H]
- **Dachform:**
 - Pultdach [PD]
 - Satteldach [SD]
- **Bindervarianten:**
 - Einfacher Binder [EBD]
 - Geteilter Binder [GBD]

Annahmen Statik:

- Bodenschneelast: $sk = 2,12 \text{ kN/m}^2$
- Windlast: Windzone 2 – Mischkategorie Binnenland
- Gebäudehülle: 3-seitig geschlossen, eine Traufseite offen
- Dachaufbau: Holzschalung, Konter-, Traglattung, Wellfaserzementplatten
- Achsmaß: 5,20 m

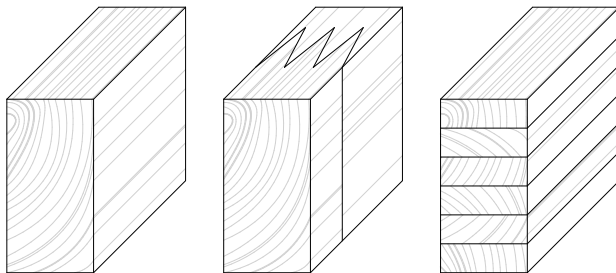


Abbildung 3: Vollholz [VH], Konstruktions-vollholz [KVH] und Brettschichtholz [BSH]

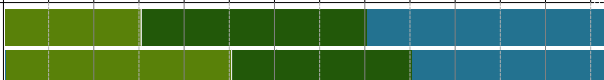
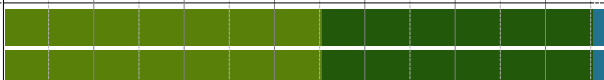
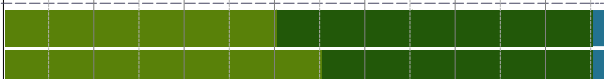
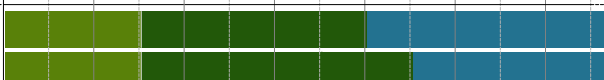
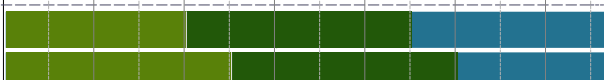
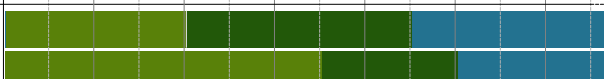
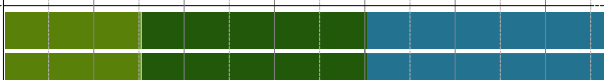
Holzbauprodukte (Abbildung 3):

- Nadelvollholz [VH]: Kerngetrennter Einschnitt, Technisch getrocknet¹, Güte C24
- Konstruktionsvollholz [KVH]: Güte C24
- Querschnitte GBD: $b/h \leq 12/38 \text{ cm}$ bzw. Querschnitte EBD: $b/h \leq 20/32 \text{ cm}$
- Brettschichtholz [BSH]: Güte Gl24c / Gl32c
- Querschnitte beschränkt²: $b/h \leq 24/60 \text{ cm}$ | bei GBD: $b/h \leq 16/60 \text{ cm}$
- Querschnitte unbeschränkt³: $b/h \geq 24/60 \text{ cm}$

¹ Empfehlung (zur Vermeidung von vorbeugend chemischer Schutzbehandlung) siehe DIN 68800-2:2022-02, Abs. 7.10

² Querschnitte nach Lagerliste ³ Nicht im Rahmen der statischen Vordimensionierung über FRILO gerechnet

Tabelle 1: Ausschnitt aus Tabelle für Tragwerkskonstruktionen (Skelettbauweise, Ausrichtung Primärkonstruktion quer) mit Auswertung der Kipp-Punkte Vollholz zu Brettschichtholz

Variante		Dachform	Piktogramm und Bindervariante		Spannweite															
					0,00	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50	13,75	15,00	16,25		
1 Strebe	innen [1StrI]	[PD]																		
																				
2 Streben	innen [2StrI]	[PD]																		
																				
		[SD]																		
																				
1 eingespannte Stütze [1eSt]		[PD]																		
																				
		[SD]																		
																				
2 eingespannte Stützen [2eSt]		[SD]																		
3 Gelenke [3G]	einhüftig [1H]	[PD]																		
	Gelenk am First [F]	[SD]																		
					- Variante mit einfachem Binder															
					- Variante mit geteiltem Binder															
				[PD] - Pultdach [SD] - Satteldach																
									b/h ≤ 12/38 cm bzw. 20/32 cm alle Bauteile aus Nadelvollholz											
									h ≤ 60 cm mind. ein Bauteil aus Brettschichtholz											
									h > 60 cm mind. ein Bauteil aus Brettschichtholz											

Die Berechnungen der erforderlichen Querschnitte im Rahmen der statischen Vordimensionierung wurden für die Spannweitengruppen 5,00 m, 7,50 m, 10,00 m, 12,50 m und 15,00 m durchgeführt. In Anlehnung an den Korridor von ±1,25 m ist für die Berechnung jeweils die obere Grenze der Gruppe maßgeblich. Im Ergebnis zeigt sich, dass der Kipp-Punkt bei der Verwendung von VH zu BSH beschränkt und von BSH beschränkt zu unbeschränkt vom angenommenen Tragwerk abhängig ist (z. B. 1StrI-PD-EBD zu 2StrI-PD-EBD). Darüber hinaus lassen sich mit einem geteilten Binder, bei gleicher Holzgüte und gleichem Tragwerk, tendenziell höhere Spannweiten erzielen (z. B. 1StrI-PD-EBD zu 1StrI-PD-GBD). Aus den errechneten Querschnitten lässt sich auch der Holzbedarf ermitteln. Dessen Minimum liegt in der Gesamtwertung, innerhalb der jeweiligen Spannweitengruppen, im Mittel bei ca. 66 %. Der Holzbedarf in Abhängigkeit zu den verwendeten Holzbauprodukten bildet die Grundlage für die Kostenermittlung der jeweiligen Tragwerke.

KOSTENERMITTLUNG

Die Baukosten für ein Tragwerk ergeben sich aus den Material-, Bearbeitungs-, Transport- und Montagekosten sowie einem Gewinnzuschlag. Die Materialkosten beinhalten die Kosten für Holzbauprodukte und Verbindungsmittel. Deren Güte und Menge werden durch den Tragwerkstyp und die Spannweite bestimmt. Die Bearbeitungskosten setzen sich aus Zuschnitt, Abbund und die Vorbereitung der Holzbauteile sowie das Ein-/Anbringen der Verbindungsmittel zusammen. Bei den Transportkosten wurde eine Anlieferung im Radius von ca. 100 km per Sattelzug angenommen. Die Montagekosten bestehen aus dem Aufwand für Zusammenbau und Aufstellen auf der Baustelle.

Tabelle 2: Holzbedarfs- und Kostenvergleich von 4 Tragwerken mit 12,00 m Spannweite

2Strl-PD	1eStü-Tr-PD	1eStü-li-SD	3G-F-SD
~ 1,70 m³ / Binder ~ 2.300 € / Binder	~ 1,95 m³ / Binder ~ 3.200 € / Binder	~ 2,40 m³ / Binder ~ 3.500 € / Binder	~ 2,35 m³ / Binder ~ 4.900 € / Binder
alle Preise Netto, Stand 2023			

Im Ergebnis zeigt sich, dass der Investitionsbedarf von folgenden, sich teilweise gegenseitig beeinflussenden, Faktoren abhängig ist:

- Tragwerkstyp und Bindervariante
- Spannweite
- Dachform
- Holzgüte
- Holzbauprodukte
- Verbindungsmittel

Dies kann exemplarisch an den in Tabelle 3 dargestellten Tragwerkstypen gezeigt werden. Für die ausgewählte Spannweite entsteht eine Kostendifferenz von ca. 210 %. Speziell im Holzbau ist es bei Tragwerken mit einfachen Bauteilgeometrien und zimmermannsmäßigen Holzverbindungen (z. B. Versätze, Zangen) möglich, einen deutlich höherer Eigenleistungsanteil – sowohl beim Abbund als auch bei der Montage – zu realisieren. Im Rahmen der Kostenermittlung wurde dieser nicht berücksichtigt.

TYPENKATALOG FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZGEBÄUDE IN HOLZBAUWEISE

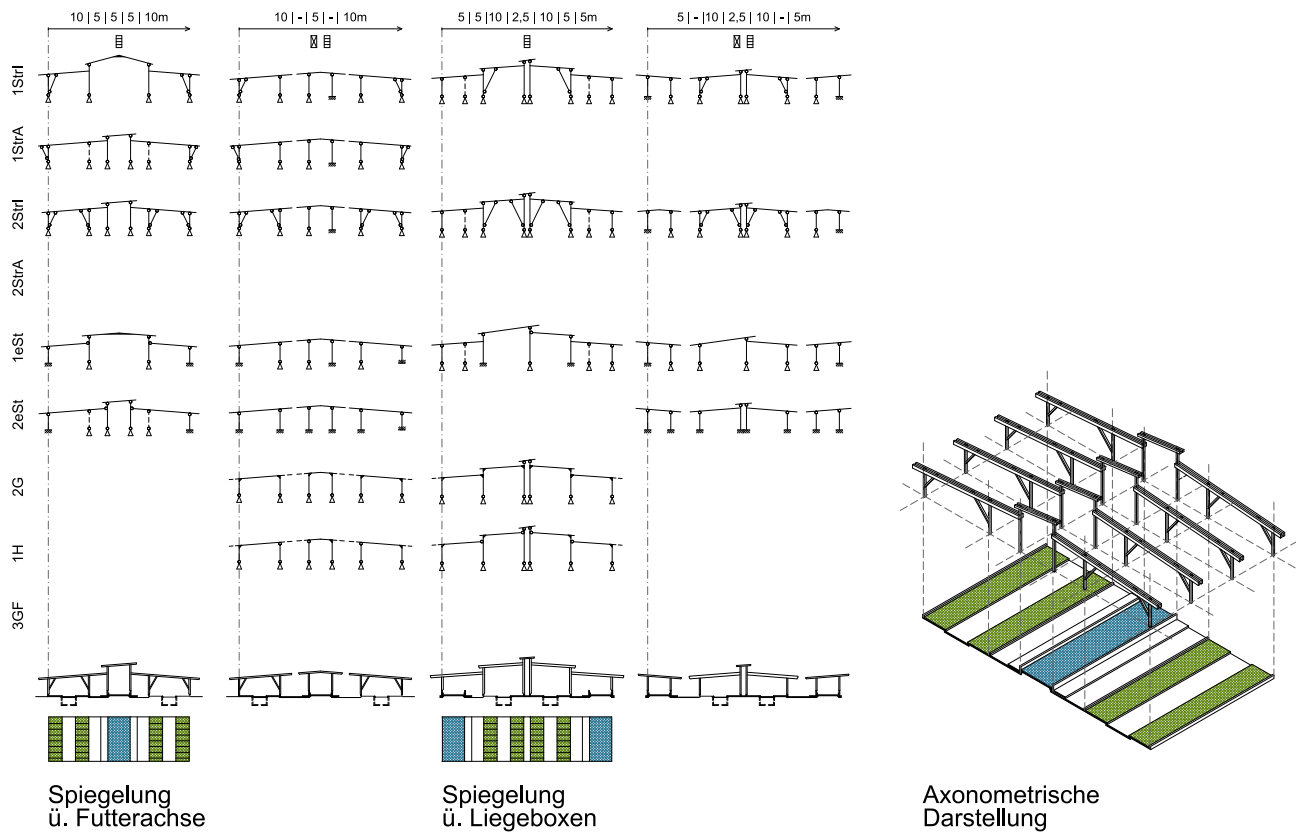


Abbildung 4: Ausschnitt aus einer Seite des Typenkatalogs mit Abstimmung zwischen Grundrissen (hier Erweiterungen) und Tragwerksvarianten, axonometrische Darstellung.

Nach der Einteilung und Harmonisierung der Funktionseinheiten in Gruppen mit gleichen Systemmaßen werden die im Zuge der statischen Vordimensionierung untersuchten Tragwerke auf ihre Kompatibilität mit den verfahrensspezifisch einzuhaltenden Lichtraumprofilen überprüft. Bei Stallanlagen müssen darüber hinaus Fragen der Biosicherheit sowie eine, hinsichtlich der Luftführung optimale Gebäudegeometrie berücksichtigt werden. Neben den möglichen Tragwerksvarianten entsteht insb. bei Stallanlagen durch die Bauweise (ein- bzw. mehrhäusig) und die Möglichkeit, Spannweite durch einen, auf die Nutzung abgestimmten Einbau von zusätzlichen Stützen zu reduzieren, ein umfassender Typenkatalog mit einer großen Vielfalt an zukunftsweisenden Gebäudevarianten in Holzbauweise (Abbildung 4).

SCHNITTSTELLE CAD/CNC

Maike Breitfeld, Hugo Wirthensohn. Holzforum Allgäu

Der Prozess der computergestützten Produktion im Holzbau beginnt in der Regel mit der architektonischen Planung des Gebäudes mittels CAD-Programmen (Abbildung 5). In dieser Phase werden die Funktion, die Abmessungen bzw. Geometrie, das Erscheinungsbild und auch die baulich-technische Ausführung des Gebäudes – in der Regel als 2D-Projekt – planerisch erarbeitet. In den meisten Fällen werden erst danach die Ausführungspläne an den Zimmererbetrieb weitergegeben. Dort werden die Daten für die voll automatisierte Fertigung einzelner Bauteile (Balken, Bretter, Platten, Verbindungsmittel etc.) oder ganzer Baugruppen wie Wände, Decken- und Dach-Elemente erneut über eine Holzbausoftware eingegeben bzw. erzeugt. Kern dieses Planungsschrittes ist ein 3D-Modell, mit dessen Objektinformationen über eine entsprechende CNC-Software die Abbundmaschinen angesteuert werden können. Die Weiterleitung der Daten eines 2D-Modells aus der CAD-Software erfolgt bisher in geometrie-orientierten Formaten wie DXF bzw. DWG. Diese Übergabe ist mit erheblichen Verlusten an Informationen verbunden. Um den Planungs- und Abbundprozess für individuelle Holzbaulösungen zu beschleunigen, und damit wirtschaftlicher zu gestalten, ist bereits vom Architekten mit der Rohbauplanung ein 3D-Modell zu erstellen. Um die entsprechenden Objektinformationen für die Umsetzung in einer Holzbausoftware zu übergeben, wird zunehmend das IFC-Format verwendet. Dieses bietet den großen Vorteil, nicht nur die Geometrie eines Gebäudes bzw. der Bauteile abbilden zu können, sondern auch den Datentransfer für wesentliche strukturelle Informationen zu gewährleisten, was einen effizienten BIM-Prozess ohne wiederkehrende Eingabe von bereits erzeugten digitalen Daten ermöglicht.

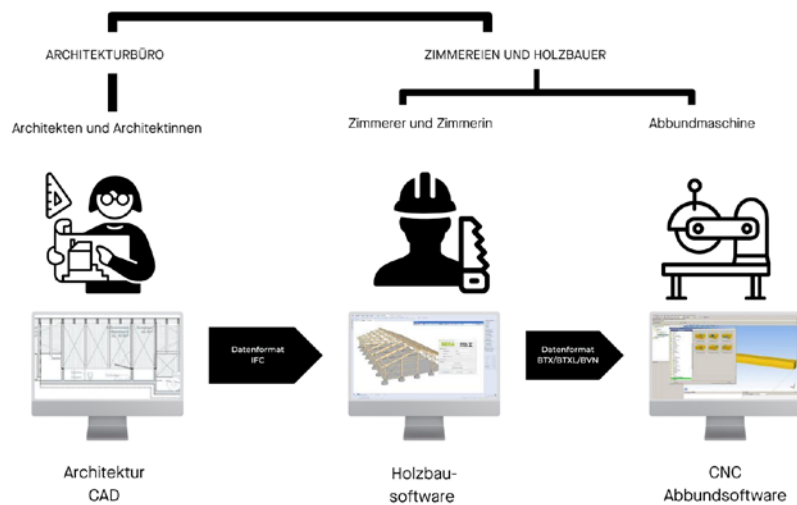


Abbildung 5: Ablaufschema für die Planung von baulichen Anlagen in Holzbauweise von der CAD-Planung über die Holzbausoftware bis zur CNC-Abbundsoftware

TEIL B:

DAUERHAFTE KONSTRUKTIONEN

*Alex Fröhlich, Max Hartmann, Stephan Ott, Anna Wagner
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TUM School of Engineering and Design,
Technische Universität München*

SCHUTZMASSNAHMEN

Die zu erwartenden Schadensmechanismen, welche in landwirtschaftlichen Gebäuden auf die tragende Konstruktion einwirken, lassen sich in drei Kategorien einteilen: mechanischer, chemischer und biologisch-physikalischer Angriff. Dementsprechend wurden zu jeder Kategorie Themenkarten entwickelt, die einen kurzen Überblick über die Problemstellungen und mögliche Maßnahmen geben. Bei allen Themenkarten ist die Zielsetzung dieselbe: Ein dauerhafter Schutz vor Schäden durch baulich/ konstruktive Maßnahmen. Darauffolgend werden die grundsätzlichen Gefährdungen und die entsprechenden baulichen Maßnahmen genannt und gegebenenfalls beispielhafte Details skizziert. Weitere alternative Maßnahmen werden im Schlussbericht ergänzt.

Die Themenkarten sind als erste, schnelle Orientierungshilfe gedacht, und sollen zeigen, dass einfache und effektive Maßnahmen existieren. Im Planungsprozess sind darüber hinaus alle entsprechenden eingeführten technischen Baubestimmungen, insbesondere die DIN 68800-2:2022-02 zu beachten.

Im Schlussbericht zu diesem Forschungsprojekt sind weitere Fließdiagramme zum Arbeitsablauf auf der Baustelle und den benötigten Maschinen und Werkzeugen dargestellt, welche den Landwirten eine schnelle Einschätzung ermöglichen, wie viel Eigenleistung während der Errichtungsphase eingebracht werden kann.

Darüber hinaus sind im Schlussbericht für alle wichtigen Knotenpunkte des Tragwerks mögliche Verbindungsarten aufgelistet und jeweils Vor- und Nachteile in Bezug auf Konstruktion, Wirtschaftlichkeit und Recyclingfähigkeit untersucht. Zudem wurde der Widerstand der jeweiligen Verbindung gegen die besonderen Beanspruchungen (mechanisch, chemisch und biologisch-physikalisch) in landwirtschaftlichen Hallen bewertet. Im Laufe der Untersuchung hat sich herausgestellt, dass, unabhängig von der Verbindungsart, durch Opferbretter ein einfacher und effektiver Schutz gegen sämtliche Angriffe gewährleistet ist. Abgesehen von den Stützenfußpunkten, können die meisten Knoten auch ohne zusätzliche Maßnahmen umgesetzt werden.

Abschließend lässt sich festhalten, dass korrekt geplante und ausgeführte landwirtschaftliche Hallen aus Holz eine dauerhafte und nachhaltige Alternative zu Stahl- und Stahlbetonhallen sind.

Mechanischer Angriff

Zielsetzung:

→ Dauerhafter Schutz vor mechanischen Schäden durch bauliche / konstruktive Maßnahmen



Grundsätzliche Gefährdungen:

1. Verbiss und Scheuern durch Vieh
2. Anprall in Verkehrswegen
3. Abnutzung (bspw. in Verkehrswegen)
4. Unvorhergesehene Lasteinwirkungen (Bewuchs, etc.)



Grundsätzliche (bauliche) Maßnahmen:

1. Aufstellung außerhalb der Gefahrenbereiche *Vieh* oder *Verkehr*



Besondere (bauliche) Maßnahmen:

- Konstruktionsprinzipien aus Simon et al. (2019)
- Opferbretter oder Blechverkleidungen zur Vermeidung von direktem Kontakt
→ Anprallschutz, Verbisschutz
- Betonsockel erhöhen



Details:

Opferbretter und erhöhter Betonsockel

Abbildung 6: Themenkarte zum mechanischen Angriff auf tragende Bauteile

Chemischer Angriff

Zielsetzung:

→ Dauerhafter Schutz vor chemischen Schäden durch bauliche / konstruktive Maßnahmen



Grundsätzliche Gefährdungen:

1. Schäden durch Reaktion mit Ammoniak (Fäkalien)
2. Schäden durch Desinfektion
3. Tausalzangriff



Grundsätzliche (bauliche) Maßnahmen:

1. Aufstellung außerhalb der Gefahrenbereiche mit *chemischem Angriff*



Besondere (bauliche) Maßnahmen:

- Konstruktionsprinzipien aus Simon et al. (2019)
- Opferbretter oder Blechverkleidungen zur Vermeidung von direktem Kontakt der Chemikalie mit tragenden Elementen
- Betonsockel erhöhen



Details:

Opferbretter und erhöhter Betonsockel

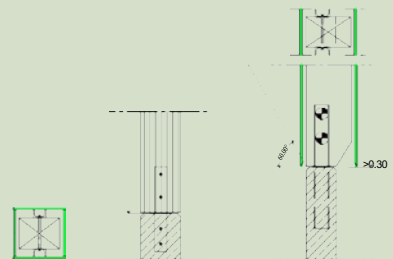


Abbildung 7: Themenkarte zum chemischen Angriff auf tragende Bauteile

Biologisch-Physikalischer Angriff

Zielsetzung:

→ Dauerhafter Schutz durch bauliche / konstruktive Maßnahmen vor feuchteinduzierten Schäden



Grundsätzliche Gefährdungen:

1. Schäden durch Feuchtigkeit
 - Schädlinge und Pilzbefall
2. Schäden durch Bewuchs
3. Schäden durch Sonneneinstrahlung



Grundsätzliche (bauliche) Maßnahmen:

1. Schutz vor Feuchte bei Transport, Lagerung und Montage
2. Einbau trockenen Holzes ($u \leq 20\%$)
3. Schutz vor Niederschlägen und Spritzwasser
4. Schutz vor nutzungsbedingter Feuchte (z.B. durch Spritzwasser)
5. Schutz vor Feuchte aus angrenzenden Baustoffen
6. Schutz vor unzuträglicher Feuchteerhöhung durch Tauwasser



Besondere (bauliche) Maßnahmen:

Für GK 0

- Konstruktionsprinzipien aus Simon et al. (2019)
- Rechnerischer Nachweis des Tauwasserschutzes

GK 1 → GK 0 (Insektenzugang)

- a) Technisch getrocknetes Holz
- b) Kontrollierbarkeit sicherstellen

GK 2 → GK 0 (Tauwassergefahr)

Verstärkte Belüftungsmaßnahmen

GK 3.1 → GK 0 (Bewitterung)

Verstärkte Belüftungsmaßnahmen.

1. Beschränkung der Querschnittsabmessungen
2. Verwendung von technisch getrocknetem Holz
3. Gehobelte Oberflächen
4. Kein Stauwasser, direktes Abführen von Niederschlägen
5. Abdecken von Hirnholz und nicht vertikal stehenden Bauteilen

Abbildung 8: Themenkarte zum biologisch-physikalischen Angriff auf tragende Bauteile

TEIL C: DESIGN FOR REUSE

Zsafia Varga

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TUM School of Engineering and Design,
Technische Universität München

DETAILKATALOG VERBINDUNGSMITTEL ZUR ERHÖHUNG DER STOFFLICHEN VERWERTBARKEIT VON HOLZ

Um eine Recyclingfähigkeit der landwirtschaftlichen Hallen und im Detail eine **gleichwertige stoffliche Verwertung des Materials Holz** zu bewerten, soll die **Lösbarkeit** der einzelnen Detailpunkte aufgezeigt werden.

Dafür wurden die Detailpunkte von sechs Modulbauhallen der selben Spannweite wie der kleinen Halle, des Modulbausystems Grub-Weihenstephan (ILT4c Institut für Landtechnik und Tierhaltung) aufgenommen und bewertet. Im vorliegenden Detailkatalog sind die Detailpunkte mit der höchsten Lösbarkeit abgebildet. Dabei wurden die Detailpunkte «Anschluss Stützenfußpunkt», «Anschluss Strebe-Stütze», «Anschluss Stütze-Binder» sowie «Anschluss Strebe-Binder» bewertet. Der Tabelle 3 sind die jeweilige Position (erste Spalte), die Art der Verbindungsmittel (zweite Spalte), Detailzeichnung (dritte Spalte) sowie die Bewertung der Lösbarkeit der Detailpunkte (vierte Spalte) zu entnehmen.

Die Lösbarkeit der Detailpunkte beträgt 100%, wenn die Fügungen zwischen Bauteilen und Verbindungsmitteln am Detailpunkt vollständig ohne Schädigung voneinander getrennt werden können. Der vollständige Katalog über die verschiedenen Möglichkeiten zur Ausführung der Detailpunkte und ihre Bewertung hinsichtlich der Lösbarkeit ist dem Schlussbericht zu entnehmen.

Tabelle 3: Bewertung der Lösbarkeit der Detailpunkte

Position des Details	Art der Verbindungsmittel	Detail	Bewertung Lösbarkeit L der Verbindungsmittel und Bauteile voneinander [%]
Anschluss Stützenfußpunkt an Stahlbetonstütze befestigt	Schlitzeblech seitlich an Beton befestigt		

Beim «Anschluss Stützenfußpunkt an Stahlbetonstütze befestigt» können die Bauteile und Verbindungsmittel nicht vollständig ohne Schädigung voneinander gelöst werden. Das Schlitzblech ist durch Stabdübel an der Holzstütze befestigt. Die Stabdübel können im Idealfall ausgetrieben werden; Holzstütze und Schlitzblech könnten auseinandergezogen werden und wären somit voneinander gelöst. Das Schlitzblech ist durch eingeklebt Verbindungsmittel an der Betonstütze befestigt. Die Schrauben können nicht ohne Schädigung der Betonstütze und der Schrauben gelöst werden. Somit ist eine Lösbarkeit der Verbindungsmittel und Bauteile bei diesem Detailpunkt nicht zu 100% gegeben.

Bei der Betrachtung des «Anschluss Strebe-Stütze» hingegen kann zunächst die Mutter gelöst, der Bolzen im Idealfall ausgetrieben werden. Stütze, Strebe und Bolzen wären wieder zu 100% ohne Schädigung voneinander gelöst.

Durch die Tabelle wird den Planenden die Möglichkeit gegeben, für bestimmte Detailpunkte eine passende Ausführung zu finden. Mittels einer hohen Lösbarkeit der Detailpunkte kann vermutlich ein schnellerer Rückbau der landwirtschaftlichen Halle erfolgen.

Prinzipiell sollte der Querschnitt der Vollholzbauteile, um eine Weiterverwertung der Holzbauteile zu gewährleisten, um 3 mm abgeschliffen werden. Dadurch wären biologische und chemische Einwirkungen auf die Holzbauteile beseitigt (AP 4). Bei der Verwertung ersetzen Abfälle Materialien oder sie werden soweit aufbereitet, dass sie Materialien, die eine bestimmte Funktion erfüllt hätten, ersetzen, § 3 Abs. 23 Kreislaufwirtschaftsgesetz (Bundesministerium der Justiz 2012). Bauteile, der Modulbauhalle, die sich bis 1,5 m über der Geländeoberkante befinden, müssen für eine Weiterverwertung noch intensiver bearbeitet werden. Nähere Erläuterungen dazu folgen im nachfolgenden Kapitel.

Da die Holzstützen nach dem Rückbau der Konstruktion nicht an einem anderen Standort ohne eine weitere Bearbeitung wieder aufgestellt werden können, ist davon auszugehen, dass eine Wiederverwendung nicht stattfindet.

Nach der Richtlinie 2008/98/ EG ist Wiederverwendung so definiert, dass Erzeugnisse oder ihre Bestandteile wieder für den ursprünglichen Zweck eingesetzt werden können. (Europäisches Parlament und Rat 2008) Der ursprüngliche Zweck wäre im vorliegenden Fall der Einsatz als gleichwertige landwirtschaftliche Halle.

Die Holzbauteile können demnach, als nächste Stufe des Recyclings, weiterverwertet werden. Eine Verwertung kann, wenn sie nicht endgültig ist, gleichwertig oder minderwertig stofflich sein. Unter einer gleichwertigen stofflichen Verwertung versteht man in Anlehnung an §3(23a) KrWG die Weiterverwertung der Holzstütze in Form von beispielsweise einer kürzeren Stütze. Eine minderwertige stoffliche Verwertung wäre in Anlehnung an das VDI 2243 (VDI 2243, 2002) eine Weiterverarbeitung der Holzstütze zu einem anderen Produkt beispielsweise einer Spanplatte. Als nächsten Schritt des Downcyclings könnten die Holzbauteile endgültig stofflich verwertet werden, z.B. in Form von Sägespänen oder endgültig energetisch verwertet werden, wenn die thermische Energie bei der Verbrennung des Materials als Heizenergie genutzt wird.

DEFINITION BEREICH WIEDERVERWERTBARER BAUTEILE ZUR ERMITTLUNG DER RECYCLINGMENGEN- UND POTENZIALE

Carina Hartmann, Özlem Özdemir, Annette Hafner
Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen, Ruhr-Universität Bochum

Für den Anteil und den Bereich der wiederverwendbaren Bauteile kann keine pauschale Aussage getroffen werden, da die Art der Kontamination von der Nutzung der Halle sowie Einflussfaktoren wie Schmutz, Staub, Kot und oberflächlichen Ablagerungen abhängig ist. Generell kann allerdings davon ausgegangen werden, dass ab einer Höhe über 1,50 m Oberkante des Fußbodens eine geringere Belastung vorliegt und somit mit weniger Aufwand zur Wieder- oder Weiterverwertung zu rechnen ist. Wohingegen das Material bis zu der 1,50 m Grenze gesondert geprüft werden und wahrscheinlich mit einem höheren Aufwand aufgearbeitet werden muss. Durch Reinigung und Desinfektion kann ein hygienisch unbedenklicher Zustand für eine Wieder- oder Weiterverwertung hergestellt werden. Ergänzende Informationen sind in Teil E aufgeführt.

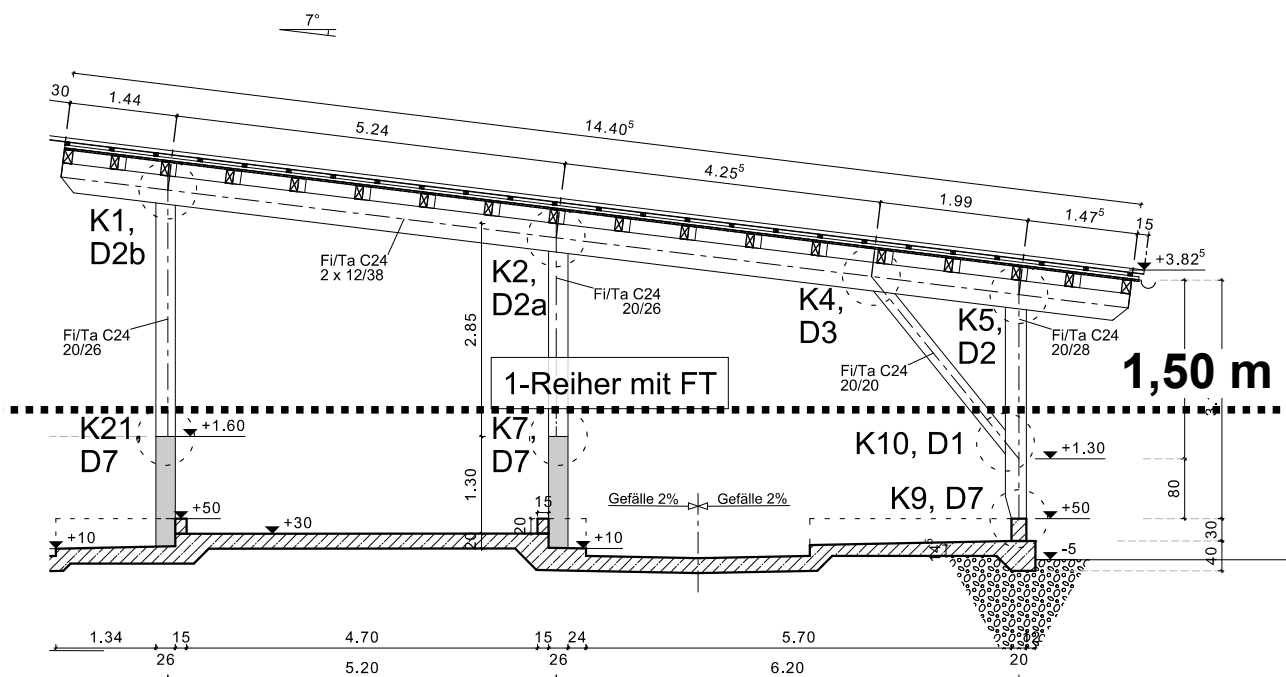


Abbildung 9: Querschnitt «kleine Halle» mit Angabe 1,50 m Grenze

TEIL D: LCA GEBÄUDE

*Carina Hartmann, Özlem Özdemir, Annette Hafner
Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen, Ruhr-Universität Bochum*

Eine bestehende Herausforderung zur ökologischen Bewertung ist das Fehlen einer breiten Datenbasis von landwirtschaftlichen Gebäuden. Diese ist notwendig, um die Daten für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Konstruktion und des Produktspeichers Kohlenstoff in Holzprodukten nutzbar zu machen und damit die Anforderungen an das landwirtschaftliche Bauen im 21. Jahrhundert im Hinblick auf den Klimaschutz quantifizieren zu können.

Diese emissions- und klimabezogenen Daten können Landwirte und Landwirtinnen, insbesondere kleinere, regional arbeitende Betriebe dabei unterstützen, bei Umsetzungen neuer Gebäude wieder mit Holz zu bauen. Außerdem können Wirtschaft (und Politik) die Ergebnisse verwenden, um die Nutzung von Holz sowie die Ressourceneffizienz im landwirtschaftlichen Bauen und somit die allgemeine Holzbauquote zu steigern. Planende können auf eine verbesserte Entscheidungsgrundlage zurückgreifen.

Die dafür notwendigen, belastbaren Angaben zu Ökobilanzen explizit für das landwirtschaftliche Bauen werden hier dargestellt.

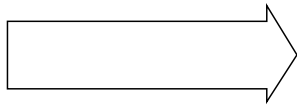
Methodik:

Die Systemgrenzen für die Ökobilanzierung wurden wie folgt konform der Norm DIN EN 15978 festgelegt: Für die Module innerhalb der Gebäudebewertung wurden die Module A1-A3 (Herstellung), die Module B2 (Instandhaltung) und B4 (Austausch, Ersatz), die Module C3/C4 (Abfallbewirtschaftung und Entsorgung) und separat das Modul D (Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze) festgelegt. Die Grenze der Gebäudebetrachtung liegt bei der Unterkante der Fundamentplatte (Bsp. Entfall eines Güllekellers) und Ausschluss Nebengebäude (Bsp. Entfall Anbauten) um eine Vergleichbarkeit innerhalb der Gebäude zu gewährleisten. Für den Betrachtungszeitraum werden 50 Jahre angenommen. Als Grundlage für die Ökobilanzierungen wird die Datenbank ÖKOBAUDAT herangezogen.

ERGEBNISSE:

Treibhausgasminderungspotential (Gebäude):

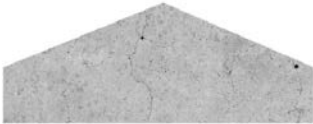
Das Treibhausgasminderungspotential im Gebäudebereich stellt die Reduktion von Treibhausgasemissionen dar, die entsteht, wenn anstelle eines konventionellen Gebäudes ein funktional äquivalentes Holzgebäude gebaut wird. Grundlage sind normkonforme Berechnungen von Ökobilanzen auf Produkt und Gebäudeebene.



Treibhausgasminderungspotenzial
auf Gebäudeebene liegt zwischen 5 und 37%

Quelle: Comparative LCA study of wood and mineral non-residential buildings
in Germany and related substitution potential (Hafner and Özdemir 2022)

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen (GWP) in kg CO₂-Äq/m² BGF für einen Standardstall und ein äquivalentes Holztragwerk für die beispielhafte kleine Halle und große Halle

	GWP gesamt, Modul A+C	
		
Kleine Halle	333 kg CO ₂ -Äq/m ² BGF	301 kg CO ₂ -Äq/m ² BGF
Große Halle	188 kg CO ₂ -Äq/m ² BGF	172 kg CO ₂ -Äq/m ² BGF

Kohlenstoffspeicher:

Der Kohlenstoffspeicher zeigt die Speicherung des biogenen Kohlenstoffs in den Holzprodukten, dargestellt in CO₂ (Treibhauspotenzial (GWP biogen, mit negativem Vorzeichen) auf. Dieser ist über die Lebensdauer des Gebäudes gebunden.

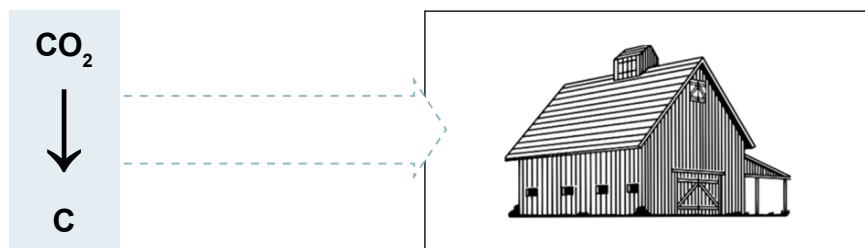
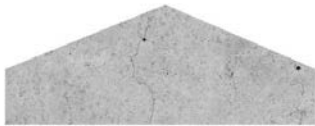


Tabelle 5: Kohlenstoffspeicher in kg CO₂-Äq/m² BGF für einen Standardstall und einen äquivalentes Holztragwerk für die beispielhafte kleine Halle und große Halle

GWP biogen, Modul A	
	
0 kg CO ₂ -Äq/m ² BGF*	-131,7 kg CO ₂ -Äq/m ² BGF*

*ermittelt am Beispiel kleine Halle

TEIL E: HYGIENE

Marie-Christin Mattauch, Anika Frieze, Uwe Rösler
 Institut für Tier- und Umwelthygiene, Freie Universität Berlin
 Martin Oettler, Nicolai Denzin, Franz J. Conraths
 Institut für Epidemiologie, Friedrich-Loeffler-Institut

Allgemeine aktuelle rechtliche Grundlagen (Stand: Juni 2023)

Zahlreiche EU-Gesetzgebungen beschäftigen sich im Rahmen der Tiergesundheit mit der Reinigung und Desinfektion in der Tierhaltung. Diese vorgeschriebene EU-Gesetzgebung muss in das nationale Recht des jeweiligen Mitgliedstaats umgesetzt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, die EU-Vorgaben zu spezifizieren.

EU-Recht		
Zulassung	Zulassung von Desinfektionsmitteln für den Tierseuchenbereich	Biozid(product)verordnung (Verordnung (EU) 528/2012) – Inhalt: Regelungen zum Verkauf, zur Abgabe und zur Verwendung von Biozidprodukten in der EU – vor Verwendung eines Wirkstoffes zunächst Genehmigungsverfahren durch die EU, anschließend Zulassungsverfahren des Biozidproduktes im Mitgliedsstaat oder EU-weit – zuständige Behörde in Deutschland: Bundesstelle für Chemikalien an der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2022)
	Allgemeine und spezifische Maßnahmen zur Verhütung und Bekämpfung von Tierseuchen	EU-Tiergesundheitsrechtsakt (VO (EU) 2016/429, Animal Health Law) mit nachgeordneten Rechtsakten (delegierte Rechtsakte und Durchführungsrechtsakte) gültig ab 04/2021 – „Basisverordnung“ → ersetzte ca. 450 alte Rechtsvorschriften – Inhalt: Vorschriften zur Prävention und Bekämpfung von Tierseuchen – Übertragung größerer Eigenverantwortung auf Tierhalter:innen, Unternehmer:innen, Tierärztinnen und Tierärzte und zuständige Behörden – Tierseucheneinstufung in Teil I – Präventions- u. Bekämpfungsmaßnahmen in Teil III – zugeordnete delegierte Verordnung (EU) 2020/687 zur Prävention und Bekämpfung bestimmter gelisteter Tierseuchen – Durchführungsrechtsakte für bestimmte Tierseuchen (ASP, KSP) (Stockmann 2021)
Anwendung	Regelungen ökol./biol. Produktion	Verordnung (EU) 2018/848 („Ökobasis-Verordnung“) – Inhalt: spezifische Regelungen zur Reinigung und Desinfektion in der ökologischen/ biologischen Produktion – Vorschriften zur Anwendung bestimmter Reinigungs- und Desinfektionsmittel

Abbildung 10: Rechtsgrundlagen der EU zur Reinigung und Desinfektion in der Tierhaltung

Nationale Regelungen

Die Genehmigung und Zulassung von Desinfektionsmitteln für den Tierseuchen- und Lebensmittelbereich ist im deutschen Chemikaliengesetz geregelt

Anwendung	Maßnahmen zur Reinigung und Desinfektion im Tierstall bei Tierseuchenfreiheit	Tierschutz–Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutztV) – Inhalt: Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung – allgemeine Regelung: Gebäudeteile, Ausrüstung und Geräte sind in angemessenen Abständen zu reinigen und erforderlichenfalls zu desinfizieren – tierartsspezifische Regelungen zur Desinfektion bei der Haltung von Legehennen, Masthühnern, Ferkeln und Kaninchen Schweinehaltungshygieneverordnung (SchHaltHygV) – Inhalt: hygienische Anforderungen für die Haltung von Schweinen – tierartsspezifische Regelungen zur baulichen Voraussetzung, Ausstattung und Gestaltung des Stalls, um eine hygienische Haltung und ein hygienisches Transportieren der Schweine zu garantieren – außerdem Festlegung von Zeitpunkten zur Reinigung und Desinfektion von Gerätschaften, Schutzkleidung, Maschinen, etc. – Besonderheiten zu hygienischen Aspekten der Freilandhaltung Empfehlungen für Hygienemaßnahmen bei der Haltung von Wiederkäuern – Inhalt: Leitfaden mit betrieblichen Hygienemaßnahmen für wiederkäuerhaltende Betriebe – beschreibt risikobasierte und betriebsspezifische Basishygiene mit genauen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen – beinhaltet spezifische Maßnahmen beim Ausbruch von Krankheiten – schreibt Verantwortung für betriebseigene Hygiene dem/der Tierhalter:in zu (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014)
	Allgemeine und spezifische Maßnahmen zur Verhütung und Bekämpfung von Tierseuchen	Tiergesundheitsgesetz (TierGesG) – Inhalt: Vorbeugung und Bekämpfung von Tierseuchen – ermächtigt das BMEL Mittel und Verfahren zur Desinfektion im Falle einer Tierseuche fallspezifisch festzulegen – daraus entstand die Richtlinie des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über Mittel und Verfahren für die Durchführung der Desinfektion bei bestimmten Tierseuchen → nicht rechtlich bindende Empfehlung, nach der die zuständige Behörde die Desinfektion im Tierseuchenfall anweisen kann Viehverkehrsverordnung (ViehVerkV) – Inhalt: Schutzmaßnahmen vor Tierseuchenverschleppung im Viehverkehr – legt spezifische Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen für Transportmittel, Flächen, Räume und Gerätschaften fest Spezialverordnungen für spezifische anzeigepflichtige Tierseuchen – Inhalt: pro Verordnung spezifische Handlungsanweisungen für die jeweilige Tierseuche

Abbildung 11: Rechtsgrundlagen der EU zur Reinigung und Desinfektion in der Tierhaltung

- keine Richtlinien für gesonderte Behandlung bei vorbeugender Desinfektion
- Umschreibung von Holz in den Richtlinien zur Desinfektion im Tierseuchenfall:

Richtlinie des BMEL über Mittel und Verfahren für die Durchführung der Desinfektion bei bestimmten Tierseuchen

- „brennbare Gegenstände werden der thermischen Verwertung zugeführt“ – Abschnitt Reinigung
- „brennbare Gegenstände von geringem Wert sind zu verbrennen“ – Abschnitt Bovine Virus Diarrhoe

- **die Entscheidung über die im tierseuchenspezifischen Fall anzuwendende Desinfektion liegt beim Veterinäramt**
- die Ergebnisse des Projekts werden aktuell in den entsprechend verantwortlichen Ausschüssen und Gremien diskutiert

Abbildung 12: Vorgaben zur Reinigung und Desinfektion von Holz in der Tierhaltung

Auswahl eines geeigneten Desinfektionsmittels

Die chemische Desinfektion ist das Mittel der Wahl zur Erregerinaktivierung im Tierstall (Böhm 2008). Zur Auswahl für eine erfolgreiche Desinfektion stehen Grundchemikalien oder Handelspräparate. Für den Tierseuchenfall müssen und für die Routinedesinfektion sollten die Handelspräparate die Handelspräparate durch die Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG) auf ihre Wirksamkeit geprüft und in der DVG-Desinfektionsmittelliste für den Tierhaltungsbereich veröffentlicht sein (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. (DVG) 2022). Auf Desinfektionsmittellisten aus dem humanmedizinischen Bereich sollte beim Desinfizieren von Stalloberflächen verzichtet werden. Die Auswahl des Desinfektionsmittels erfolgt entsprechend nachstehendem Schema:

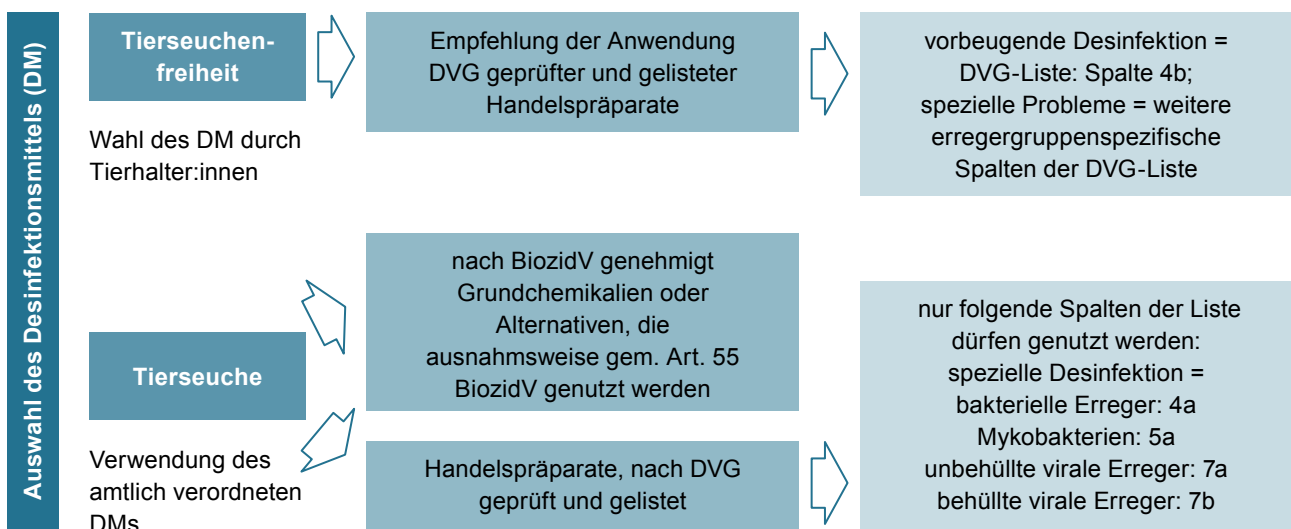


Abbildung 13: Auswahl eines geeigneten Desinfektionsmittels im Tierhaltungsbereich

Durchführung der Reinigung und Desinfektion im Stall

Vor der Desinfektion muss zunächst eine **Reinigung** erfolgen. Diese gliedert sich in die nachfolgenden Arbeitsschritte (Strauch and Böhm 2002, Stoy 1983):

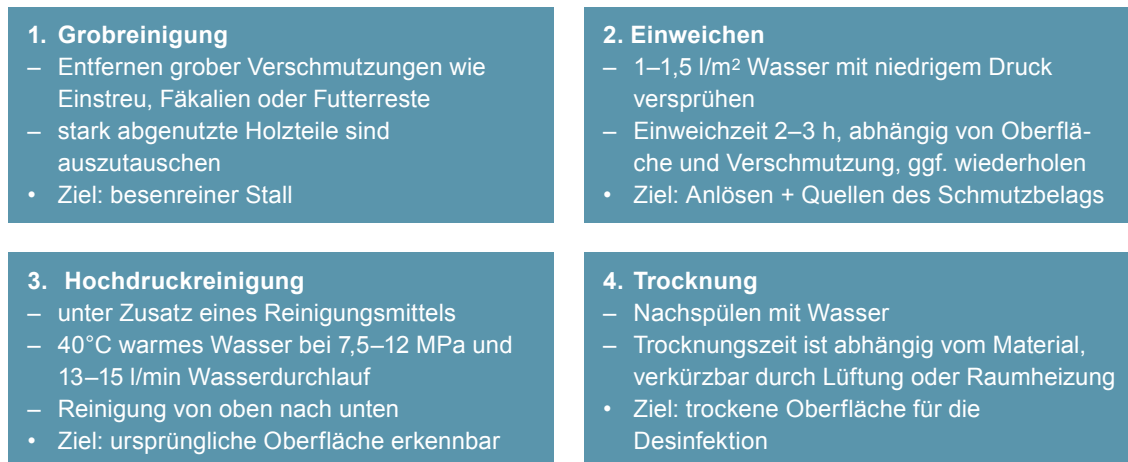


Abbildung 14: Ablauf der Stallreinigung

Um die wirksame Desinfektion des Tierstalls zu gewährleisten, sind folgende Punkte zu beachten (Bodenschatz 2012, Gauly et al. 2016, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2023):

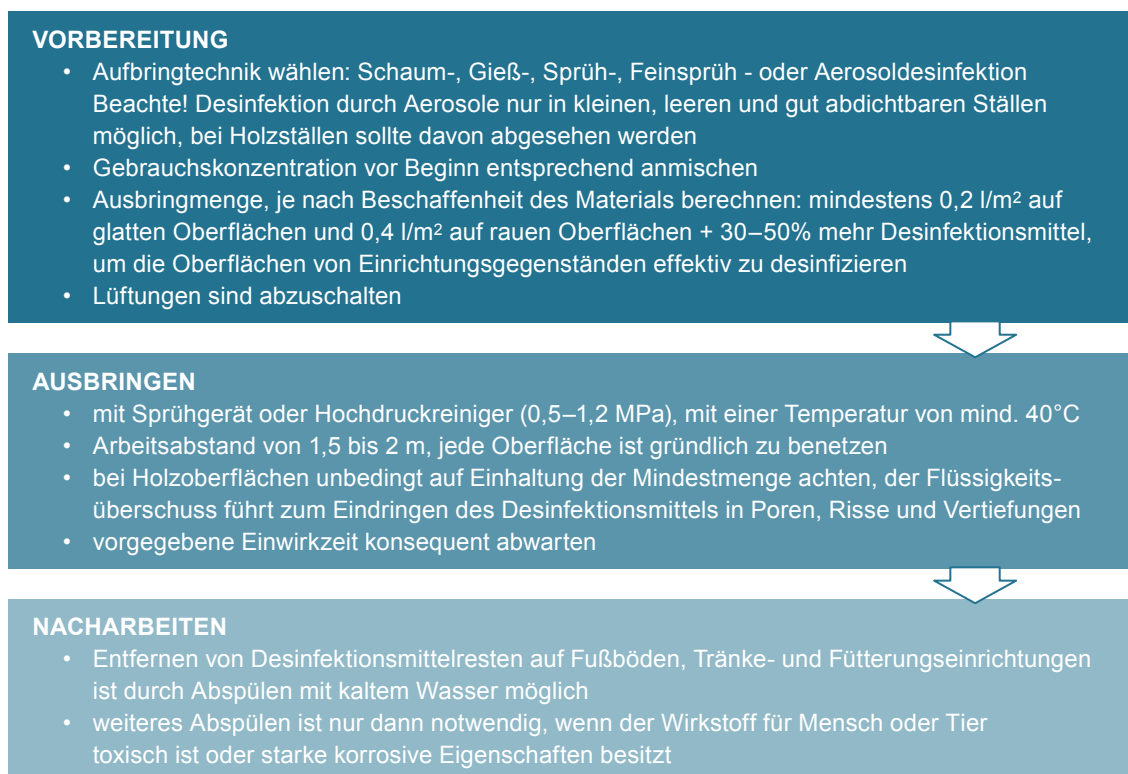


Abbildung 15: Ablauf der Stalldesinfektion

Einflussfaktoren einer erfolgreichen Desinfektion

Viele Faktoren können die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels beeinflussen. Einige davon sind in folgender Grafik aufgeführt (Müller and Schlenker 2021, Strauch and Böhm 2002, Gauly et al. 2016, Wales et al. 2021, Bremer 2003):

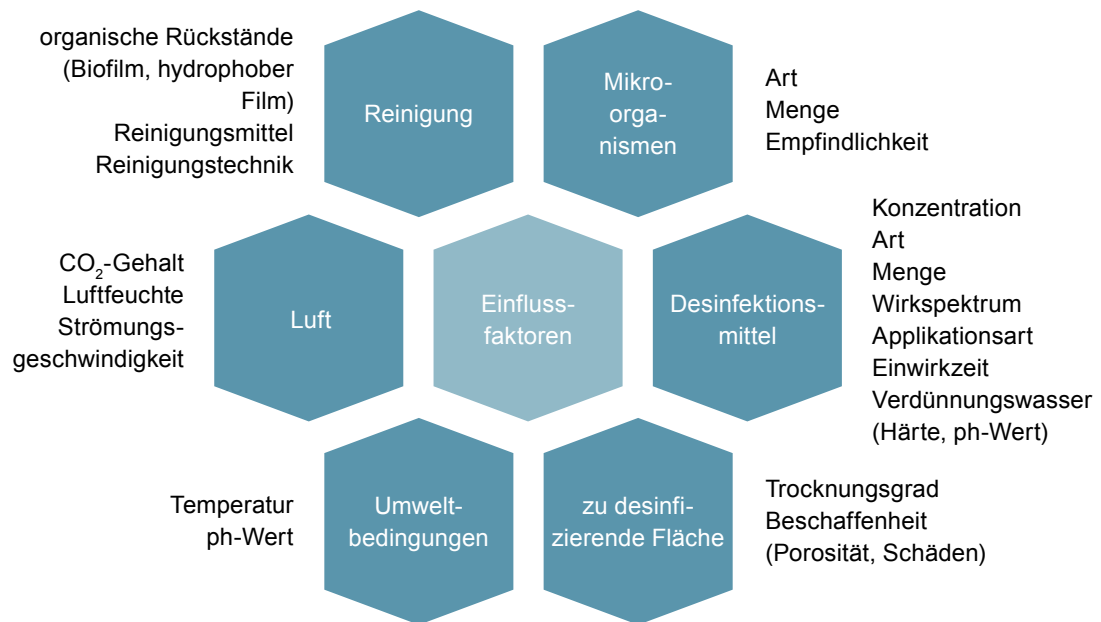


Abbildung 16: Einflussfaktoren einer erfolgreichen Desinfektion

Untersuchungsergebnisse

Es wurden Desinfektionsversuche unter Laborbedingungen durchgeführt. Diese erfolgten in Anlehnung an europäische und nationale Richtlinien zur Testung von Desinfektionsmitteln für den Teilbereich Tierhaltung. Dabei wurden die Desinfektionswirkungen von Peressigsäure, Ameisensäure und Glutaraldehyd auf Holzoberflächen untersucht. Als Prüfoberflächen dienten Fichten- und Kiefernholz als klassische Bauhölzer sowie Pappelholz als Referenz. Diese wurden mit repräsentativen bakteriellen und viralen Erregern kontaminiert und anschließend desinfiziert. Die Untersuchungen zeigten, dass eine Desinfektion von intakten, feingesägten Holzoberflächen mit geringer Rautiefe möglich ist. Die Wahl des Desinfektionsmittels ist dabei jedoch entscheidend. Peressigsäure stellte unabhängig von der Holzart und vom Erreger unter den getesteten Umweltbedingungen (10°C, -10°C) ein wirksames Desinfektionsmittel für Holzoberflächen dar. Ausführliche Informationen zu den durchgeführten Untersuchungen und zur Wirksamkeit anderer Wirkstoffe auf verschiedenen Hölzern können dem Schlussbericht entnommen werden.

Zusammenfassung

Besonderheiten der Reinigung und Desinfektion von Holz:

- abgenutzte, verschlissene oder verwitterte Holzteile sind auszutauschen
- sorgfältige Reinigung (Verbundteile!) mit verlängerten Einweich- u. Abtrocknungszeiten (+ca. 50%)
- Applikationsmenge des Desinfektionsmittels von 0,4 l/m² darf nicht unterschritten werden
- Peressigsäure zur effektiven Desinfektion von intaktem, feingesägtem Bauholz mit geringer Rautiefe empfohlen; andere Wirkstoffe können bei bestimmten Erregern, Hölzern und milden Temperaturen ebenfalls wirksam sein (siehe Schlussbericht)

Abbildung 17: Besonderheiten der Reinigung und Desinfektion von Holz

POTENTIELLE CHEMISCHE EINFLUESSE AUF HOLZ(BAU)TEILE

Regina Wanschura, Elisabeth Windeisen-Holzhauser, Klaus Richter

Lehrstuhl für Holzwissenschaft, TUM School of Life Sciences, Technische Universität München

Die potentiellen Belastungen sind aufgrund der vielfältigen Einbausituationen **physikalischer/mechanischer** (Biss, Tritt, Abrieb, statische oder dynamische Kräfte, Sorption, Quellen und Schwinden, UV-Strahlung, Temperaturschwankungen), **biologischer** (Bakterien, Pilze, Insekten) und **chemischer** Natur (Inhaltsstoffe der Stallatmosphäre, Mist/Gülle, Desinfektionsmittel).

Bei Stallatmosphären handelt es sich um heterogene Mischatmosphären, d.h. mehrere Verbindungen werden als Gase oder Aerosole gemeinsam mit unterschiedlichen Mengen Wasserdampf emittiert. Daneben treten auch nichtflüchtige (trockene) Stäube auf (Erler 1998). Als wichtigstes Gas ist Ammoniak (NH_3) zu nennen, welches als Zersetzungsprodukt aus Exkrementen entsteht, die Harnstoff und Proteine beinhalten (Belie et al. 2000, Pflanz 2007). Des Weiteren werden Desinfektionsmittel zu Reinigungszwecken eingesetzt.

Um etwaige Veränderungen innerhalb des kurzen Beobachtungszeitraumes messbar zu machen, wurden sowohl (1) Labor- als auch (2) Feldversuche durchgeführt. Für die Laborversuche wurden kleine Holzproben einer extremen, in der normalen Stallumgebung nicht auftretenden Ammoniak-Atmosphäre ausgesetzt. Die so erzielten Ergebnisse können als eine Art Worst-Case-Szenario betrachtet werden und folglich nur im Vergleich mit Feldversuchen für den Realfall interpretiert werden. Für die Feldversuche wurden in ausgewählten Ställen an verschiedenen, durch Tierkontakt belasteten Bauteilen mittels einer Rasierklinge Proben der Holzart Fichte genommen.

(1) Laborversuche

Einfluss des NH_3 -Gases auf die Holzarten Buche, Douglasie, Fichte, Kiefer, Pappel und auf Mehrschichtplatten aus Buche sowie Fichte/Kiefer:

- Der pH-Wert der nativen, unbehandelten Referenz-Holzoberflächen liegt im schwach sauren Bereich (pH 3,9–4,9). Direkt nach der NH_3 -Belastung steigt der pH-Wert der Oberfläche zwar stark ins Basische an, sinkt aber nach einer Lagerzeit von 3 Wochen in Umgebungsatmosphäre wieder ab und verbleibt im schwach Basischen (pH 7,8–8,4). Ein Einfluss auf das Tier ist daher nicht zu erwarten. Die Holzstruktur wird durch die intensive (in der Stallumgebung nicht vorkommende) NH_3 -Belastung oberflächlich angegriffen: neben einer starken Dunkelfärbung der Probe, kann elektronenmikroskopisch ein Aufquellen der Zellwände festgestellt werden.
- Die Untersuchung des zur Verklebung genutzten Phenolharzes aus handelsüblichen Mehrschichtplatten zeigte keinen Einfluss des gasförmigen NH_3 im Worst-case-Szenario (Mehrschichtplatte aus Furnieren: Buchen- sowie eine Mischung aus Kiefern- und Fichtenfurnieren).

Erfassung der Desinfektionsmittelwirkung auf Buche, Douglasie, Fichte, Kiefer, Pappel:

- Die Oberflächen pH-Werte der nativen, unbehandelten Referenzen werden durch die (nach dem Trocknen) verbliebene Säure des Desinfektionsmittels (Ameisensäure und Peressigsäure) deutlich unter ihren natürlichen pH-Wert abgesenkt (pH 2,9–4,3).
- Die abwechselnde Belastung der Proben mit NH_3 und Ameisensäure oder Peressigsäure auf der Oberfläche führt zu einem Absenken des Oberflächen pH-Wertes in den schwach sauren bis neutralen Bereich (pH 5,5–7,1).
- Ein mit Peressigsäure durchgeführter Belastungsversuch lässt darauf schließen, dass es hierdurch zwar zu Abbauerscheinungen an der Holzmatrix kommt, diese aber erst bei unrealistisch hohen Konzentrationen (15%ige Peressigsäure) und gleichzeitig sehr langen Einwirkzeiten mikroskopisch auffällig in Erscheinung treten: Bei den empfohlenen Konzentrationen kommt es selbst bei 50-facher Desinfektionswiederholung nur vereinzelt zu oberflächlichen, mikroskopisch nachweisbaren Schäden.

(2) Feldversuche

- Die Untersuchung der Proben aus den Feldversuchen zeigt, dass selbst bei stark belasteten Hölzern (in diesem Fall Fichte, bodenliegend im Kälberstall seit über 10 Jahren) der Einfluss oberflächlich ist. Auf der Rückseite eines Schnittes mit der Rasierklinge ($< 0,5 \text{ mm}$) konnte spektroskopisch keine Veränderung der Holzmatrix mehr nachgewiesen werden.
- Ebenso konnten keine Emissionen aus den Hölzern, welche sich auf eine Wechselwirkung mit dem NH_3 -Gas (wie beispielsweise Acetamid) in der Stallatmosphäre zurückführen ließen, in den Proben der Feldversuche bestimmt werden.

TEIL F:

HOLZPRODUKTE

Regina Wanschura, Elisabeth Windeisen-Holzhauser, Klaus Richter

Lehrstuhl für Holzwissenschaft, TUM School of Life Sciences, Technische Universität München

KONVENTIONELL IM STALLBAU GENUTZTE UND POTENTIELL NUTZBARE HOLZPRODUKTE UND HOLZARTEN

Es werden konstruktive Vollholzprodukte wie Baurundholz, Bauschnittholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz sowie konstruktive Holzwerkstoffe wie Bau-Furniersperrholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz, OSB-Platten oder Faserplatten verwendet. In der Regel werden für überdachte Anwendungen technisch getrocknete Sortimente genutzt (Stockinger et al. 2001, Egle 2002)

Im Stallbau in Deutschland werden hauptsächlich die Holzarten Fichte (Tanne), Kiefer, Lärche, Douglasie und Eiche eingesetzt. In allen baunahen Bereichen werden überwiegend einheimische Nadelholzarten (Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche) verwendet, da diese ausreichend verfügbar sind, ein geringeres spezifisches Gewicht als die meisten Laubholzarten haben und hervorragende Bearbeitungsmöglichkeiten aufweisen.

Bisher wird Laubholz (z.B. Buche, Eiche, Ahorn) nur in geringerem Umfang genutzt (Egle 2002, Stockinger et al. 2001, Neuhaus 2017). Laubbaumarten mit zukünftigem Potential für bauliche Anwendungen wären neben der Buche und Eiche beispielsweise die Edelkastanie und Robinie. Besonders auch Holzwerkstoffe auf Basis von Laubhölzern haben trotz der technischen Herausforderungen bei Herstellung und Bearbeitung in den letzten Jahren zunehmend Aufmerksamkeit erhalten. Es ist davon auszugehen, dass die Wertschöpfung bei Laubbaumarten sich zudem durch Fortschritte in Sortier- und Klebstofftechnologie in den nächsten Jahren verbessern wird (Knauf, M. Fruehwald, A. 2020) Eine weitere Möglichkeit, um die Einsatzdauer von Holzprodukten im landwirtschaftlichen Bau zu erhöhen, stellen bekannte Holzschutzverfahren oder Holzmodifikationen dar (Bsp. Räuchern, thermische oder chemische Verfahren wie Acetylierung, Furfurylierung). Ob sich die Nutzung dieser Produkte im Stallbau wirtschaftlich lohnt, muss allerdings gesondert betrachtet werden. Der Einsatz von chemischen Holzschutzmaßnahmen mit konventionellen Schutzmitteln zum Zweck der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen biotischen Abbau stellt aufgrund der hohen Toxizität, die vielen dieser Mittel zu eigen ist, keine Alternative dar (Jiang et al. 2019) .

Tabelle 6: Konventionelle und potentielle Holzarten für den Stallbau

Holzart	Dauerhaftigkeitsklasse nach DIN EN 350	Beispiel Einbausituation (nicht tragend)	Holzartenspezifische Besonderheiten (im Hinblick auf die Verwendung im Stall)
Fichte	4	Trennwände, Türen von Innenboxen, Schalungen, Tore, Abdeckungen	Die Tanne wurde früher beim Stallbau der Fichte vorgezogen. Sie gilt als wesentlich unempfindlicher gegen Kot und Harn (Kaller 2004), ist harzfrei sowie geruchs- und geschmacks-neutral; sie wird erfahrungsgemäß von Rindern nicht angebissen (ÖKL-BAUEN).
Tanne			
Kiefer	3–4	Trennwände, Türen im geschützten Außenbereich	Im Holz vorhandene Terpene gelten teils als giftig für Pferde (nicht für Rinder); es sind keine dokumentierten Nachweise über Vergiftungen durch das Anknabbern von Boxenwänden etc. bekannt (Grosser 2007, Rosenthal et al. 2010a, Grosser, Rosenthal et al. 2010b, Grosser and Ehmke 2012a).
Lärche		Stalltüren, Außenstellen, Tränken, regelmäßig durch Spritzwasser befeuchtet	Empfohlen bei Verbiss-Gefahr (Rosenthal et al. 2010a, Grosser and Ehmke 2012b).
Douglasie	3		Einsatz als Bretter und Bohlen für Schweineställe und Gülletanks empfohlen (Grosser, D., Teez, W. 1998).
Buche	5	Trennwände, Türen von Innenboxen, nicht der Bewitterung ausgesetzt	Angaben über entstehende Schmierfilme. Welcher Natur diese Schmierfilme sind, ist nicht näher bekannt (ÖKL-BAUEN).
Pappel		Abdeckungen, nicht bewitterte Verschalungen; Giebel- und Stützenverkleidung	Als Opferholz für Verbiss; wird auch für Boxen in Reit- und Pferdeställen als geeignet erachtet (Grosser, D., Teez, W. 1998c)
Eiche	2	Ungeschützte, horizontal liegende Bauteile im Außenbereich ohne Mistkontakt	Mit Ammoniak gebeiztes Eichenholz wird als Räuchereiche bezeichnet. In früheren Zeiten wurde das Räuchern von Holz zum Schutz gegen den Abbau von Pilzen und Insekten angewendet (Ehmke and Grosser 2014)
Robinie	1–2		Vermeintliche Toxizität für Tiere beruht auf gemeinsamer Nennung von Holz und Rinde sowie unbelegten Verweisen auf Vergiftungen durch Verbiss (Uhlig et al. 2008). Untersuchungen weisen explizit die Rinde, nicht aber das Holz als ursächlich für Vergiftungen bei Pferden aus (Benthien et al. 2018).

TEIL G:

RESSOURCENPOTENZIAL

Sabine Helm, Gabriele Weber-Blaschke

Forschungsbereich Stoffstrommanagement, Holzforschung München, TUM School of Life Science, Technische Universität München

HOLZRESSOURCENPOTENZIAL FÜR UND IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN

Waldbesitz in Deutschland

Etwa 43% der deutschen Wälder sind in Privatbesitz. Ein Drittel (32%) davon ist im Besitz landwirtschaftlicher Betriebe. Der bäuerliche Waldbesitz entspricht damit knapp einem Siebtel (14%) der gesamten Waldfläche Deutschlands (Abbildung 18). Der Anteil an bäuerlichem Privatwald in den einzelnen Bundesländern schwankt zwischen 31% (Schleswig-Holstein: 51 Tsd. ha) und 2% (Saarland: 1 Tsd. ha). Die größten bäuerlichen Waldflächen finden sich in Bayern mit 550 Tsd. ha (22% Anteil) und Niedersachsen mit 174 Tsd. ha (19% Anteil) (Destatis 2021b, 2021c, 2022).

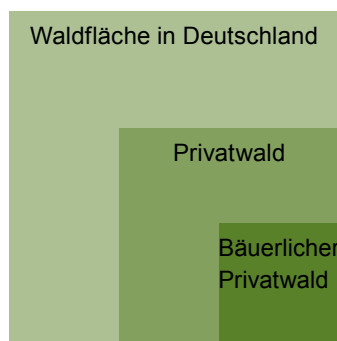


Abbildung 18: Waldbesitz in Deutschland (Destatis 2022, 2021c)

Größe und Holzvorräte des bäuerlichen Privatwaldes

Mehr als die Hälfte (53%) der landwirtschaftlichen Betriebe besitzen eigene Wälder. Abhängig von der landwirtschaftlichen Betriebsform und der Region schwankt die durchschnittliche Waldbesitzgröße in den einzelnen Bundesländern zwischen 6 ha und 36 ha (Ø 10 ha) (Destatis 2021b). Die Holzvorräte verschiedener Baumarten im Privatwald sind ebenfalls regionalspezifisch. Im Norden und Osten Deutschlands dominiert die Kiefer. Im Süden, Westen und in der Mitte Deutschlands dominiert die Fichte und es gibt verhältnismäßig hohe Buchenvorräte (BWI 2012).

Fazit und Handlungsempfehlungen

- Grundsätzlich steht für das landwirtschaftliche Bauen in Deutschland regionales, häufig auch betriebseigenes Holz zur Verfügung.
- Die Verwendung anderer Baumarten als Fichte für den konstruktiven und auch nicht-konstruktiven Bereich bietet regionalspezifische Potenziale.
- Durch die regionalen Unterschiede ist zur Förderung des landwirtschaftlichen Holzbaus eine regionalspezifische Herangehensweise notwendig.

ERFOLGSFAKTOREN FÜR FUNKTIONIERENDE WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Berücksichtigung landwirtschaftlicher Betriebsverhältnisse

Im Norden, Westen und Süden Deutschlands gibt es tendenziell eine hohe Anzahl kleinerer Betriebe mit geringeren Viehbeständen. Die durchschnittliche landwirtschaftliche Fläche je Betrieb liegt zwischen 38 ha (Bayern) und 89 ha (Schleswig-Holstein). In den östlichen Bundesländern gibt es weniger, aber dafür größere landwirtschaftliche Betriebe mit durchschnittlich zwischen 153 ha (Sachsen) und 301 ha (Mecklenburg-Vorpommern) Betriebsfläche. Entsprechend variabel sind die Anforderungen an den Bau landwirtschaftlicher Gebäude und an die Funktionalität der (regionalen) Wertschöpfungskette (Destatis 2021a, 2021b, 2021d).

Verfügbarkeit von Akteuren und Akteurinnen der Wertschöpfungskette Holz

Für die Verarbeitung und Nutzung regionaler Holzrohstoffe ist eine ausreichende Verfügbarkeit und Funktionalität relevanter Akteure der Wertschöpfungskette nötig. In Deutschland sank die Anzahl an Sägewerken zwischen 2000 und 2019 um gut ein Drittel, das entspricht einem Verlust von rund 1.500 Sägewerken. Die Zahl der Zimmereibetriebe stieg um 18 % an (Thünen-Institut 2022). Die Verfügbarkeit der Betriebe unterscheidet sich jedoch nach Region (Abbildung 19). Im Süden gibt es viele Sägewerke, insbesondere in Bayern und Baden-Württemberg. Die meisten Zimmereien finden sich in Baden-Württemberg, Schleswig-Holstein und Bayern.

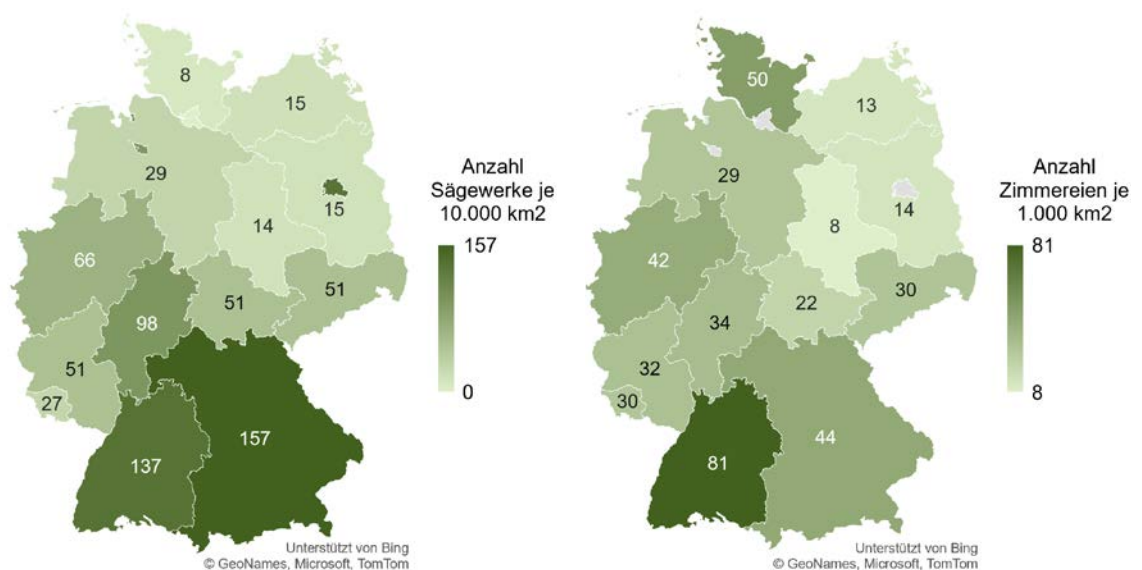


Abbildung 19: Aufkommen an Sägewerken und Zimmereien je 1.000 bzw. 10.000 km² Fläche in den einzelnen Bundesländern (bei Zimmereien, ohne Stadtstaaten) im Jahr 2019 bzw. 2014 für Sachsen-Anhalt und 2018 für Mecklenburg-Vorpommern (Thünen-Institut 2022)

Einflussfaktoren für die Umsetzung landwirtschaftlicher Holzbauprojekte

Zur Identifikation von Einflussfaktoren wurden 205 in der Landwirtschaft tätige Personen mit Holzbauerfahrung online befragt. Knapp die Hälfte der Befragten (49%) gaben an, mit eigenem Holz gebaut zu haben. Meistgenannte Hemmnisse bei der Umsetzung landwirtschaftlicher Holzbauten sind fehlende Unterstützung durch die Bauberatung und Bauplanung sowie Probleme mit der Agrarbauförderung. Schwierigkeiten hinsichtlich der Wertschöpfungskette waren die Verfügbarkeit geeigneter Sägewerke und Zimmereien. Gründe warum die Landwirtinnen und Landwirte ihren eigenen Wald nicht als Rohstofflieferanten nutzen, sind vor allem fehlende finanzielle Rentabilität, Schwierigkeiten bei der Bringung, hohe technische Anforderungen an das Bauholz und das Fehlen qualitativ geeigneter Bäume bzw. Baumarten im eigenen Wald. Mehr als ein Drittel der Befragten gab an, dass die agrarbauförderlichen Bedingungen bei der Erbringung von Eigenleistung sie von der Nutzung des eigenen Holzes abhalten.

Effekte landwirtschaftlicher Holzbauprojekte auf die (regionale) Wertschöpfung

Um die Effekte auf die (regionale) Wertschöpfung zu erfassen, wurden 16 landwirtschaftliche Holzbauprojekte in unterschiedlichen Regionen Deutschlands detailliert analysiert. Soziale Effekte wurden mittels Art und Anzahl involvierter Akteure, ökonomische Effekte in den Regionen mittels Wertschöpfung sowie ökologische Effekte mittels Transportaufwand abgeleitet.

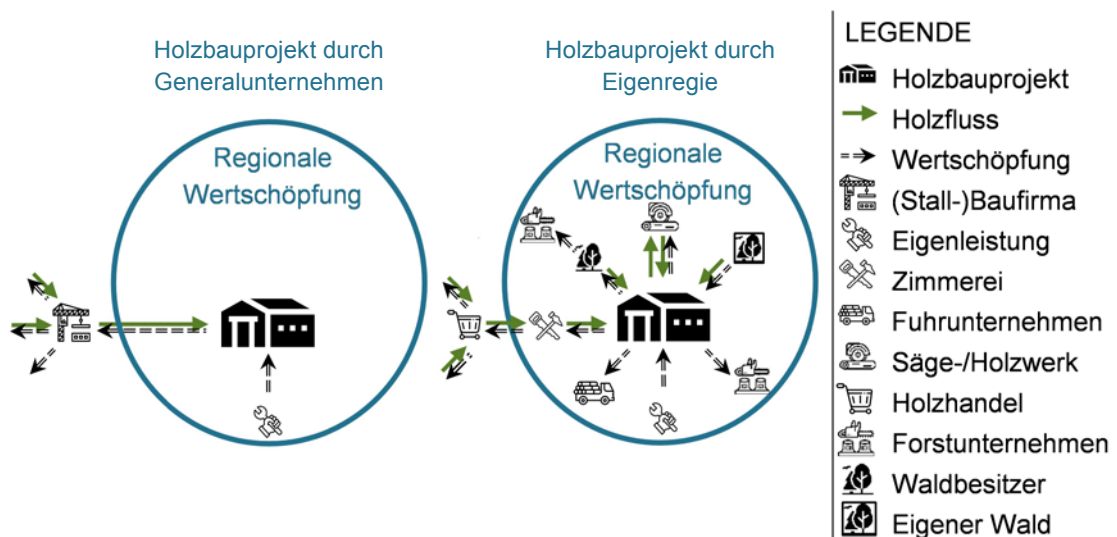


Abbildung 20: Beispielhafte Darstellung der Holz- und Wertschöpfungsflüsse bei landwirtschaftlichen Holzbauprojekten, die durch einen Generalunternehmer (links) und durch Eigenregie mit regionalen Akteuren und der Nutzung von eigenem / regionalem Holz (rechts) abgewickelt wurden.

Die Anzahl und Art der involvierten Akteure sind stark abhängig vom Einsatz eigenen oder regionalen Holzes (Abbildung 20). Wird eigenes oder regionales Holz verwendet, liegt die mittlere Anzahl der Akteure bei den untersuchten Holzbauprojekten bei 3,7, wenn Holz zugekauft wird bei 1,2. Wird die Holzbeschaffung in Eigenregie bzw. über eine ortsansässige Zimmerei geplant, wird in der Regel eigenes oder regionales Holz eingekauft und vor Ort verarbeitet.

Der Anteil der regionalen Wertschöpfung an der gesamten Wertschöpfung, wenn mindestens drei regionale Akteure beteiligt sind, liegt in den untersuchten Holzbauprojekten zwischen 74% und 100%. Wenn nur ein Generalunternehmen involviert ist, liegt der Anteil zwischen 16% und 18%. Große Bauobjekte, die über Generalunternehmen abgewickelt werden, können jedoch die absolute regionale Wertschöpfung deutlich erhöhen, indem zusätzlich zum Generalunternehmen einzelne regionale Akteure, beispielsweise Zimmereien in den Bau miteinbezogen werden.

Wird eigenes Holz verwendet, sind vermehrt regionale Akteure beteiligt und der Transportaufwand liegt bei den untersuchten Holzbauprojekten im Schnitt bei 31 tkm. Wird Holz ausschließlich zugekauft, in den meisten Fällen von einem Generalunternehmen, liegt der durchschnittliche Transportaufwand bei 256 tkm, die weiteste Entfernung bei 710 km.

Fazit und Handlungsempfehlungen

- Die Verwendung von eigenem Holz beim landwirtschaftlichen Bauen bietet eine ressourceneffiziente Lösung mit hohem Potenzial.
- Kleinere Bauprojekte (z.B. Lagerhallen, Maschinenhallen) lassen sich leichter als große und komplexe Bauprojekte (z.B. Viehställe) mit eigenem / regionalem Holz realisieren.
- Zur Gewährleistung der Rentabilität des Einsatzes von eigenem Holz bei der Umsetzung des Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP) ist die Anerkennung der Förderfähigkeit der Bereitstellung von eigenem Holz notwendig.
- Wichtige Erfolgsfaktoren beim landwirtschaftlichen Holzbau sind kompetente und regional verfügbare Akteure der Wertschöpfungskette sowie Unterstützung und fachliche Expertise der Bauberatung und -planung.
- Bauen mit eigenem / regionalem Holz erhöht durch die Einbindung einer Vielzahl an Akteuren und Akteurinnen die regionale Wertschöpfung, sichert Arbeitsplätze und Einkommen in ländlichen Regionen und fördert durch geringeren Transportaufwand den Klimaschutz.

LITERATURVERZEICHNIS

- Belie N de, Richardson M, Braam CR, Svennerstedt B, Lenehan JJ, Sonck B (2000)
Durability of Building Materials and Components in the Agricultural Environment: Part I, The agricultural environment and timber structures. *Journal of Agricultural Engineering Research* 75(3):225–241. doi: 10.1006/jaer.1999.0505
- Benthien JT, Höpken M, Melcher E, Gäckler S, Ohlmeyer M (2018)
Zur Dauerhaftigkeit von Stallbohlen für die Pferdehaltung. Thünen Working Paper, Braunschweig
- Bodenschatz W (2012)
Kompaktwissen Desinfektion: Das Handbuch für Ausbildung und Praxis. Behr's Verlag DE
- Böhm (2008)
Skriptum Tierseuchendesinfektion. Reinigung und Desinfektion im Tierseuchenfall, Hohenheim
- Bremer P (2003)
Untersuchungen zur viruziden Wirksamkeit von chemischen Desinfektionsmitteln bei verschiedenen Temperaturen. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- BWI (2012) Dritte Bundeswaldinventur (2012). Ergebnisdatenbank. <https://bwi.info/start.aspx>
- Destatis (2021a)
Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung - Fachserie 3 Reihe 5.1 - 2020, Wiesbaden
- Destatis (2021b)
Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen). Fachserie 3 Reihe 3.1.2, Wiesbaden
- Destatis (2021c)
Bodennutzung der Betriebe (Struktur der Bodennutzung). Fachserie 3 Reihe 2.1.2, Wiesbaden
- Destatis (2021d)
Viehhaltung der Betriebe. Landwirtschaftszählung 2020. Fachserie 3 Reihe 2.1.3, Wiesbaden
- Destatis (2022)
Strukturerhebung der Forstbetriebe. Waldfläche: Bundesländer, Jahre, Waldeigentumsarten. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz/_inhalt.html
- Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. (DVG) (2022)
DVG-Desinfektionsmittelliste für den Tierhaltungsbereich. <https://www.desinfektion-dvg.de/index.php?id=2150>. Accessed 29 Sep 2022
- Dietsch P, Jiang Y, Winter S (2018a)
Landwirtschaftliches Bauen mit Holz – vorbeugender chemischer Holzschutz zwangsläufig notwendig?
- Dietsch P, Jiang Y, Winter S (2018b)
Landwirtschaftliches Bauen mit Holz – vorbeugender chemischer Holzschutz zwangsläufig notwendig?
24. Internationales Holzbau-Forum IHF 2018
- Egle J (2002a)
Dauerhafte Holzbauten bei chemisch-aggressiver Beanspruchung. Informationsdienst Holz 2002
- Egle J (2002b)
Informationsdienst Holz. Dauerhafte Holzbauten bei chemisch-aggressiver Beanspruchung. Holzbauhandbuch, München
- Ehmke G, Grosser D (2014)
Das Holz der Eiche – Eigenschaften und Verwendung
- Erl K Modifikationsfaktor aggressive Medien- Vorschlag für eine Ergänzung des CIP-Model-Codes.
In: *Bauforschung Baupraxis*, vol 280, pp 5–7
- Erl K (1998)
Korrosion von Vollholz und Brettschichtholz. *Bautechnik* 75(8):530–538. doi: 10.1002/bate.199804090
- Gauly M, Hoy S, Krieter J (2016)
Nutztierhaltung und -hygiene, 2. überarb. Aufl.
- (2012) Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG). KrWG

Grosser D
Das Holz der Kiefer- Eigenschaften und Verwendung. LWF Wissen

Grosser D (2007)
Das Holz der Kiefer. Eigenschaften und Verwendung 57:67–72

Grosser D, Ehmke G (2012a)
Das Holz der Lärche- Eigenschaften und Verwendung. LWF Wissen, Freising

Grosser D, Ehmke G (2012b)
Das Holz der Lärche- Eigenschaften und Verwendung. LWF Wissen, Freising

Grosser, D. , Teez, W. (1998c)
Nr. 14. Pappel. Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).

Grosser,D., Teez,W. (1998)
Blatt No.5: Douglasie. Informationsdienst Holz, Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung).
Absatzförderungsfonds der deutschen Forstwirtschaft

Hafner A, Özdemir Ö (2022)
Comparative LCA study of wood and mineral non-residential buildings in Germany and related substitution potential.
Eur. J. Wood Prod. doi: 10.1007/s00107-022-01888-2

DIN 68800-2:2022-02
Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin

ILT 4 c Insitut für Landtechnik und Tierhaltung Pläne Modulbausystem Grub-Weihenstephan 2-Reiher, 1-Reiher mit Futtertisch, Technikgebäude

Jiang Y, Dietsch P, Winter S (2019)
Landwirtschaftliche Nutzgebäude aus Holz. In: Wald und Mehr

Kaller U (2004)
Baum des Jahres 2004. Weisstanne (Abies alba). http://www.baumdoktor.com/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=83&lang=de. Accessed 17.10.22

Knauf, M. Fruehwald, A. (2020)
Laubholz-Produktmärkte aus technisch-wirtschaftlicher und marktstruktureller Sicht. Zukunftsstudie.

Müller W, Schlenker G (2021)
Kompendium der Tierhygiene: 6. Lehmanns Media

Neuhaus H (2017)
Ingenieurholzbau. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden

Office P (2008)
Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien

ÖKL-BAUEN Holzarten. Fichte und Tanne. Typische Anwendungsmöglichkeiten.
<https://oekl-bauen.at/cms/baustoffe/holz/holzarten.php>. Accessed 17.10.22

ÖKL-BAUEN Holzarten. Fichte und Tanne. Typische Anwendungsmöglichkeiten.
<https://oekl-bauen.at/cms/baustoffe/holz/holzarten.php>. Accessed 17.10.22

Pflanz W (2005)
Tier- und umweltgerechte Haltungsverfahren in der Schweinehaltung:.. Gesamtheitliche Bewertung innovativer Schweinemastverfahren für Baden-Württemberg

Pflanz W (2007)
Tier- und umweltgerechte Haltungsverfahren in der Schweinehaltung: Gesamtheitliche Bewertung innovativer Schweinemastverfahren für Baden-Württemberg, Hohenheim

VDI 2243 (2002)
Recyclingorientierte Produktentwicklung. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf

(2023) Richtlinie über Mittel und Verfahren für die Durchführung der Desinfektion bei bestimmten Tierseuchen

Rosenthal M, Bäucker E, Bues C (2010a)
Holzaufbau und Tränkbarkeit. Zum Einfluss der Mikrostruktur des Holzes auf das Eindringverhalten von Flüssigkeiten.
Holz-Zentralblatt 34:852–854

- Rosenthal M, Bäucker E, Bues C (2010b)
Holzaufbau und Tränkbarkeit. Zum Einfluss der Mikrostruktur des Holzes auf das Eindringverhalten von Flüssigkeiten.
Holz-Zentralblatt 34:852–854
- Simon J, Dietsch P, Winter Stefan (2019)
Landwirtschaftliches Bauen mit Holz. Leitfaden für Beispielkonstruktionen in Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2,
Freising
- Stockinger C, Stark G, Weiss J (2001a)
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude in Holz. Informationsdienst Holz, München
- Stockinger C, Stark G, Weiß J (2001b)
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude in Holz. Informationsdienst Holz, München
- Stoy F-J (1983)
Über die Auswirkung der Hochdruckreinigung und -desinfektion mit unterschiedlichen Temperaturen.
Dissertation, Universität Hohenheim
- Strauch D, Böhm R (2002)
Reinigung und Desinfektion in der Nutztierhaltung und Veredelungswirtschaft. Enke
- Svennerstedt B Durability of building materials and components in agricultural environment.
In: Proceedings CIB World Building Congress 1998
- Thünen-Institut (2022) Clusterstatistik Forst & Holz.
<https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/clusterstatistik-forst-holz/>. Accessed 23 Mar 2022
- Uhlig A, Grosche, A., Hoop, M., Schusser G (2008)
Robinien als Ursache für Vergiftungen beim Pferd. Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere 36
- Wales AD, Gosling RJ, Bare HL, Davies RH (2021)
Disinfectant testing for veterinary and agricultural applications: A review. Zoonoses and public health 68(5):361–375.
doi: 10.1111/zph.12830

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ausschnitt aus Gesamtmatrix zur Zuordnung der kleinsten Funktionseinheiten für Stallanlagen, Reit-, Lager- und Maschinenhallen in Maßsystem $x * 2,50 \text{ m}$ ($\pm 1,25 \text{ m}$)	5
Abbildung 2: Beispiel für eine kleinste Funktionseinheit (2-reihiger Liegeboxen-Laufstall für Milchvieh) in Grundrissen und Schnitt, mit Erweiterungsschritten	6
Abbildung 3: Vollholz [VH], Konstruktions-vollholz [KVH] und Brettschichtholz [BSH]	7
Abbildung 4: Ausschnitt aus einer Seite im Typenkatalog mit Abstimmung zwischen Grundrissen (hier Erweiterungen) und Tragwerksvarianten, axonometrische Darstellung.	10
Abbildung 5: Ablaufschema für die Planung von baulichen Anlagen in Holzbauweise von der CAD-Planung über die Holzbaust software bis zur CNC-Abbundsoftware	11
Abbildung 6: Themenkarte zum mechanischen Angriff auf tragende Bauteile	13
Abbildung 7: Themenkarte zum chemischen Angriff auf tragende Bauteile	14
Abbildung 8: Themenkarte zum biologisch-physikalischen Angriff auf tragende Bauteile	15
Abbildung 9: Querschnitt «kleine Halle» mit Angabe 1,50 m Grenze	19
Abbildung 10: Rechtsgrundlagen der EU zur Reinigung und Desinfektion in der Tierhaltung	22
Abbildung 11: Nationale Rechtsgrundlagen zur Reinigung und Desinfektion in der Tierhaltung	23
Abbildung 12: Vorgaben zur Reinigung und Desinfektion von Holz in der Tierhaltung	24
Abbildung 13: Auswahl eines geeigneten Desinfektionsmittels im Tierhaltungsbereich	24
Abbildung 14: Ablauf der Stallreinigung	25
Abbildung 15: Ablauf der Stalldesinfektion	25
Abbildung 16: Einflussfaktoren einer erfolgreichen Desinfektion	26
Abbildung 17: Besonderheiten der Reinigung und Desinfektion von Holz	26
Abbildung 18: Waldbesitz in Deutschland (Destatis 2022, 2021c)	31
Abbildung 19: Aufkommen an Sägewerken und Zimmereien je 1.000 bzw. 10.000 km^2 Fläche in den einzelnen Bundesländern (bei Zimmereien, ohne Stadtstaaten) im Jahr 2019 bzw. 2014 für Sachsen-Anhalt und 2018 für Mecklenburg-Vorpommern (Thünen-Institut 2022)	32
Abbildung 20: Beispielhafte Darstellung der Holz- und Wertschöpfungsflüsse bei landwirtschaftlichen Holzbauprojekten, die durch einen Generalunternehmer (links) und durch Eigenregie mit regionalen Akteuren und der Nutzung von eigenem / regionalem Holz (rechts) abgewickelt wurden.	33

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Ausschnitt aus Tabelle für Tragwerkskonstruktionen (Skelettbauweise, Ausrichtung Primärkonstruktion quer) mit Auswertung der Kipp-Punkte Vollholz zu Brettschichtholz	8
Tabelle 2 Holzbedarfs- und Kostenvergleich von 4 Tragwerken mit 12,00 m Spannweite	9
Tabelle 3: Bewertung der Lösbarkeit der Detailpunkte	16
Tabelle 4: Treibhausgasemissionen (GWP) in $\text{kg CO}_2\text{-Äq/m}^2$ BGF für einen Standardstall und ein äquivalentes Holztragwerk für die beispielhafte kleine Halle und große Halle	21
Tabelle 5: Kohlenstoffspeicher in $\text{kg CO}_2\text{-Äq/m}^2$ BGF für einen Standardstall und ein äquivalentes Holztragwerk für die beispielhafte kleine Halle und große Halle	21
Tabelle 6: Konventionelle und potentielle Holzarten für den Stallbau	30

IMPRESSUM

Forschungsprojekt: ZukunftLaWiBau –
Entwicklung zukunftsweisender Konzepte zum landwirtschaftlichen
Bauen mit Holz – von der Planung bis zum Rückbau

Beteiligte Partner:

RUB – Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen

LfL – Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Arbeitsgruppe Landwirtschaftliches Bauwesen

TUM – Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion, Holzforschung München, Lehrstuhl für Holzwissenschaft

FUB – Fachbereich Veterinärmedizin, Institut für Tier- und Umwelthygiene

FLI – Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

Copyright Titelabbildungen:

Fotos: Ralf Rosin, Holzforschung München, außer re. oben: Ressourceneffizientes Bauen, RUB

Zeichnungen: Georgia Perdikouri, LfL

Grafische Gestaltung:

Valerie Kiock Graphic Design

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Leitfaden zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durch die FNR mit dem Förderkennzeichen 2220HV036 gefördert.

Projektlaufzeit: 01.03.2020 – 31.12.2023

© Oktober 2023