

Holz beim Stallbau – beständig, nachhaltig und wirtschaftlich?

Bautagung Raumberg – Gumpenstein | 19. – 20. Mai 2021



Institut für Landtechnik und Tierhaltung | Landwirtschaftliches Bauwesen
Dipl.-Ing. Architekt Jochen Simon & F. Oberhardt

In Zusammenarbeit mit:

Y. Jiang | Prof. S. Winter¹

S. Helm | Prof. K. Richter | Prof. G. Weber-Blaschke²

Prof. P. Dietsch³

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Arcisstraße 21, D 80333 München

² 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

³ Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Technikerstraße 13, A 6020 Innsbruck

Einführung



Einführung



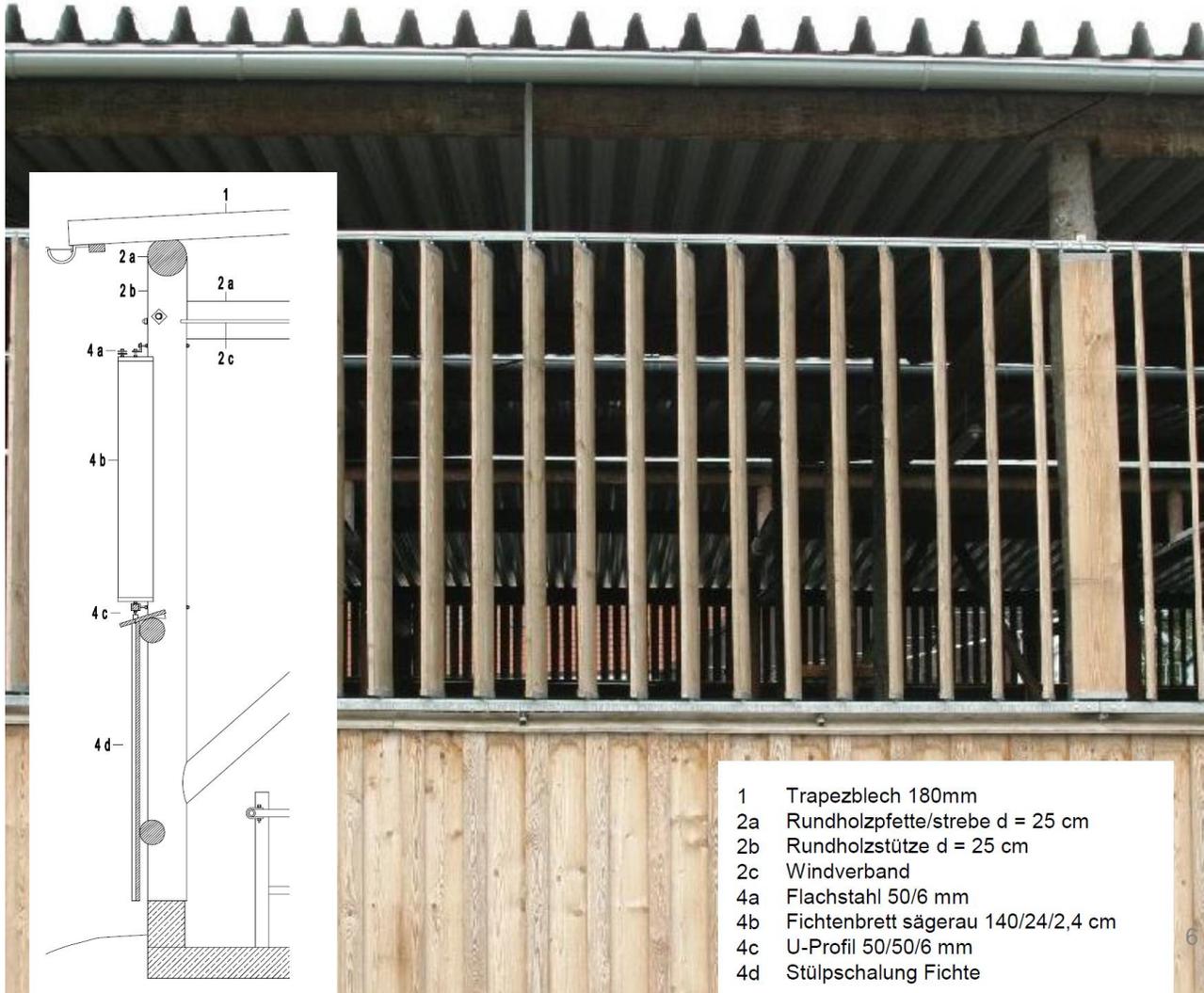
Einführung



Einführung



Einführung



Einführung



„... Bauen mit Stahl ist billig, stark und beständig ...“

► Landwirte (mit Holz aus eigenem Wald) bauen Nutzgebäude in Stahl & Blech

Einführung

1 Dauerhaftigkeit ¹

2 Nachhaltigkeit ²

3 Wirtschaftlichkeit ²

- ▶ ¹ Landwirtschaftliche Nutzgebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz (Gebrauchsklasse 0 (GK0)) – Besondere Bauliche Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800 (2014 – 2019)



Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

- ▶ ² Interreg IV-Projekt Bayern-Österreich: Bauen in regionalen Kreisläufen (2009 – 2013)



EUROPÄISCHE UNION
Gefördert aus dem Europäischen Fonds
für Regionale Entwicklung



Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Dauerhaftigkeit

Grundlagen Bauen mit Holz als organischer Baustoff

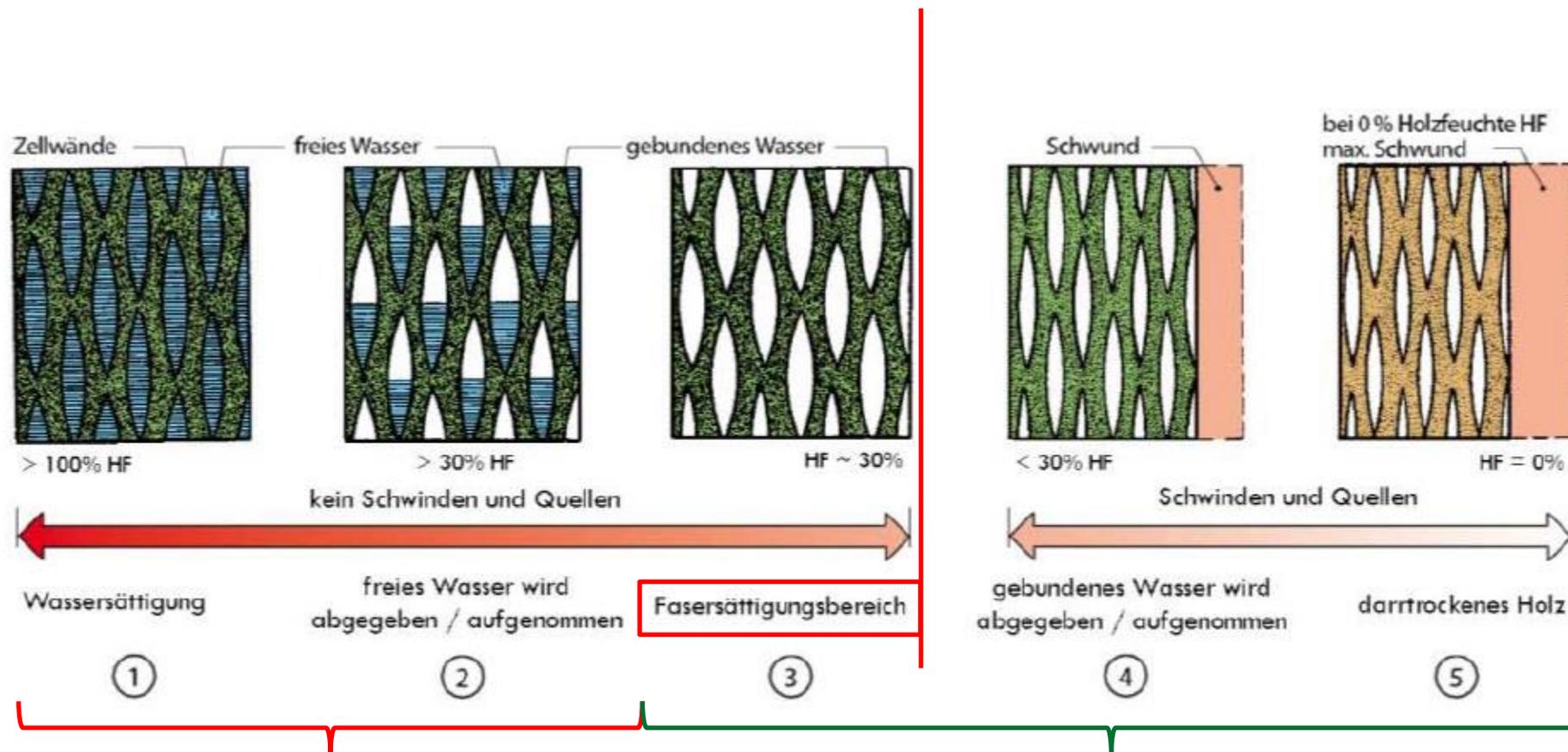


Gewährleistung der Tragsicherheit und Dauerhaftigkeit

- ▶ Holz muss als organisches Material vor Schadorganismen (Pilze | Insekten) geschützt werden

Dauerhaftigkeit

Grundlagen Bauen mit Holz als organischer Baustoff



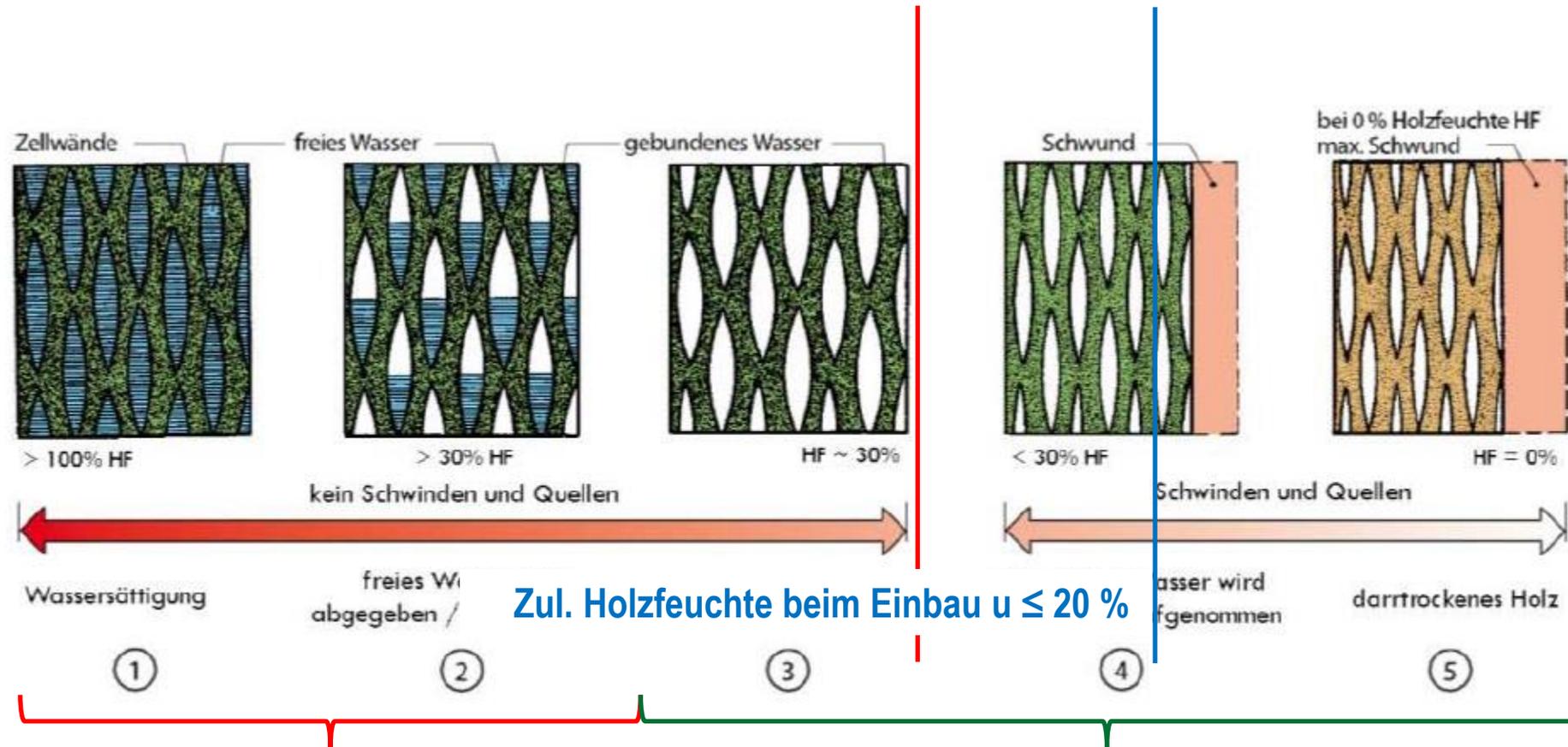
**Holzabbau durch holz-
zerstörende Pilze möglich,
Holzfeuchte $u > 30\%$**

**Wachstum holzzerstörender
Pilze nicht möglich,
Holzfeuchte $u \leq 30\%$**

[Quelle: Wasserabgabe und -aufnahme des Holzes, Nutsch, 2007]

Dauerhaftigkeit

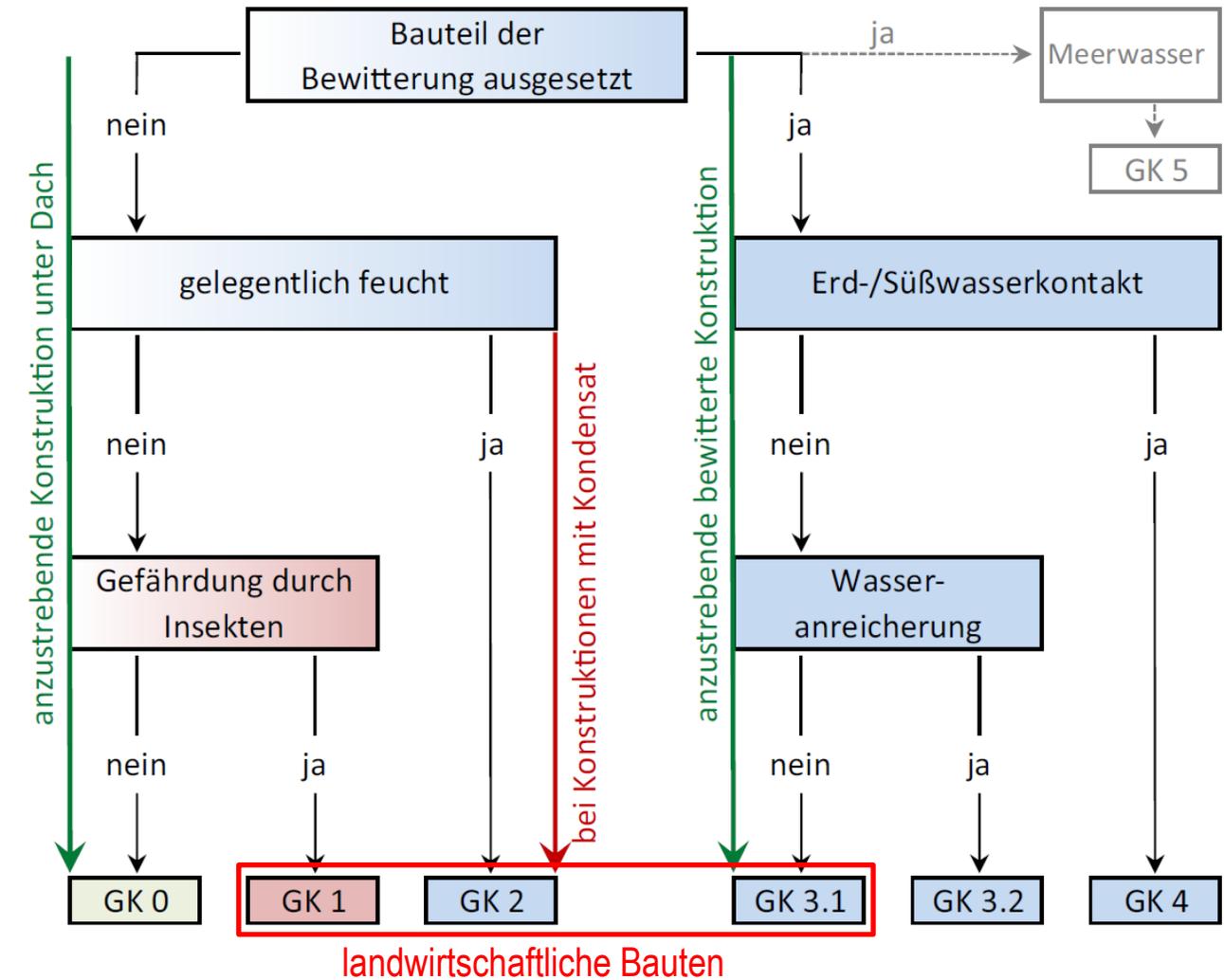
Grundlagen Bauen mit Holz als organischer Baustoff



**Holzabbau durch holzzerstörende Pilze möglich,
Holzfeuchte $u > 30\%$**

**Wachstum holzzerstörender Pilze nicht möglich,
Holzfeuchte $u \leq 30\%$**

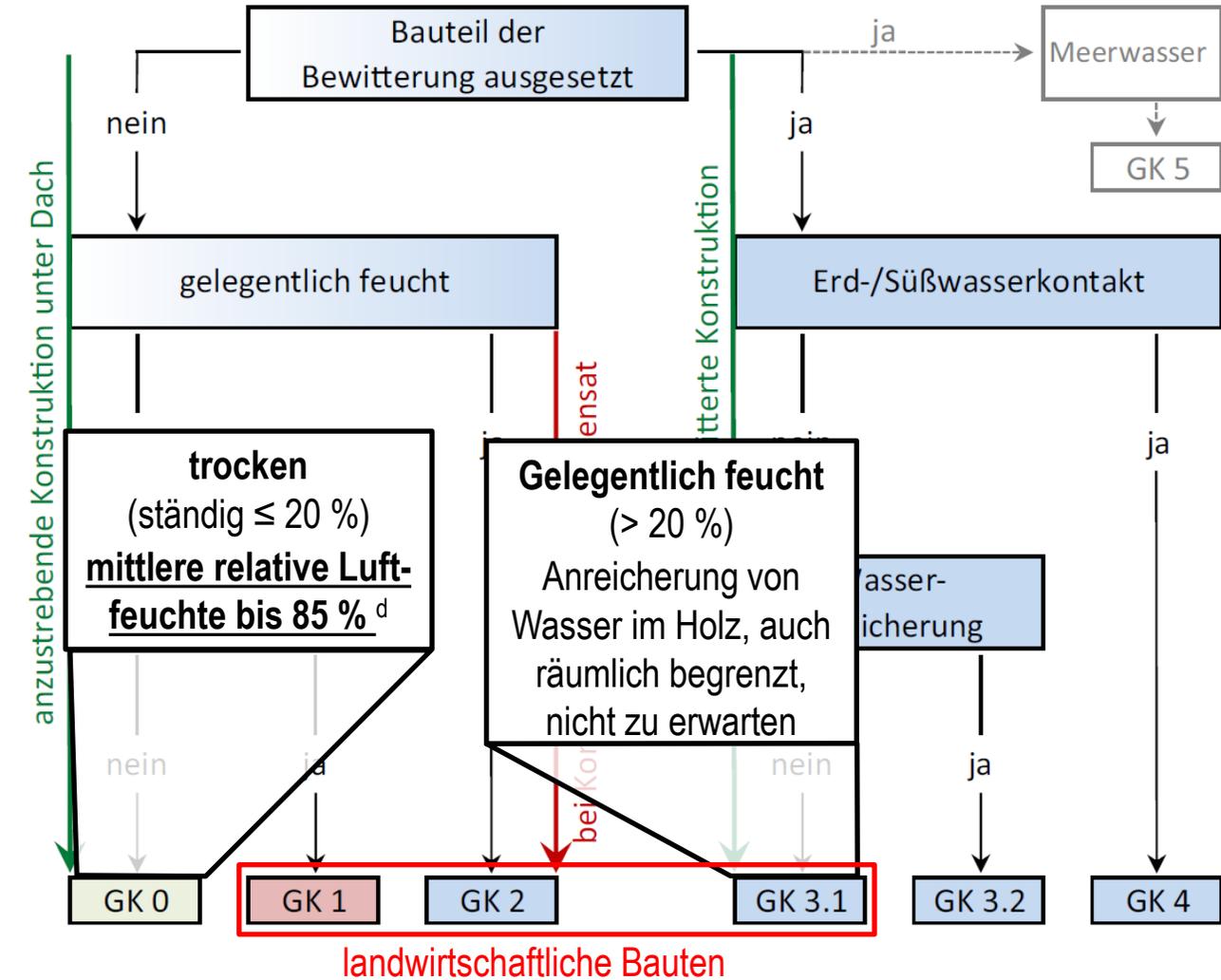
[Quelle: Wasserabgabe und -aufnahme des Holzes, Nutsch, 2007]



[Quelle: Meyer, H., 2013]

Dauerhaftigkeit

Grundlagen Bauen mit Holz als organischer Baustoff



[Quelle: Meyer, H., 2013]

Tabelle 5 — Gebrauchsklassen, in denen nach DIN EN 1995-1-1/NA verwendbare Holzarten ohne zusätzliche Holzschutzmaßnahmen verwendet werden dürfen

Holzart		Gebrauchsklasse	
Handelsname	Wissenschaftlicher Name	Splintholz	Farbkernholz
1	2	3	4
Nadelhölzer			
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0	0, 1, 2, 3.1 ^a
Fichte	<i>Picea abies</i>	0	0
Kiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	0	0, 1, 2 ^a
Lärche	<i>Larix decidua</i> ^b	0	0, 1, 2, 3.1 ^a
Southern Pine	<i>Pinus elliotii</i> ^b	0	0, 1
Tanne	<i>Abies alba</i>	0	0

[Quelle: DIN 68800-1:2019-06 Holzschutz – Teil 1: Allgemeines | Beuth-Verlag, 2011]

Tabelle 5 — Gebrauchsklassen, in denen nach DIN EN 1995-1-1/NA verwendbare Holzarten ohne zusätzliche Holzschutzmaßnahmen verwendet werden dürfen

Möglichkeiten zur Beeinflussung der Einstufung:		Gebrauchsklasse	
		Splintholz	Farbkernholz
- Chemischer Holzschutz Konflikt: Anreicherung in Lebensmittelkette		3	4
- Auswahl einer Holzart mit höherer natürlicher Dauerhaftigkeit Konflikt: gewünschte Holzart Fichte / Tanne			
- Besondere bauliche Holzschutzmaßnahmen & Nachweisverfahren			

[Quelle: DIN 68800-1:2019-06 Holzschutz – Teil 1: Allgemeines | Beuth-Verlag, 2011]

- Erfassung der Gebrauchsbedingungen über ein Klima- und Holzfeuchte-Monitoring landwirtschaftlicher Gebäude mit typischen Anwendungsfällen

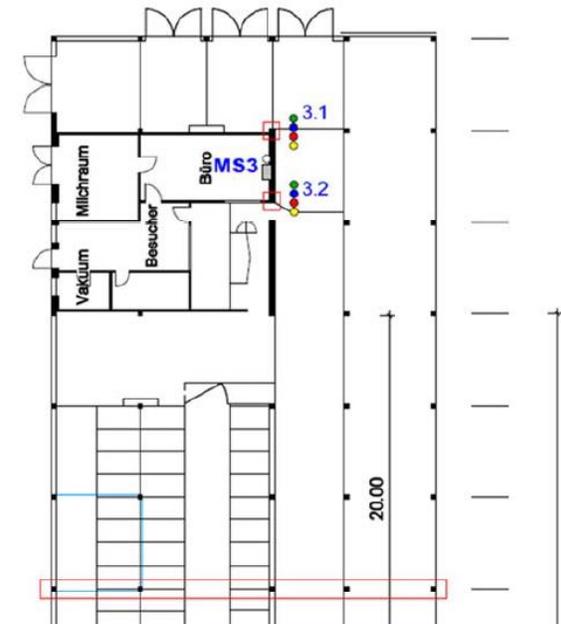
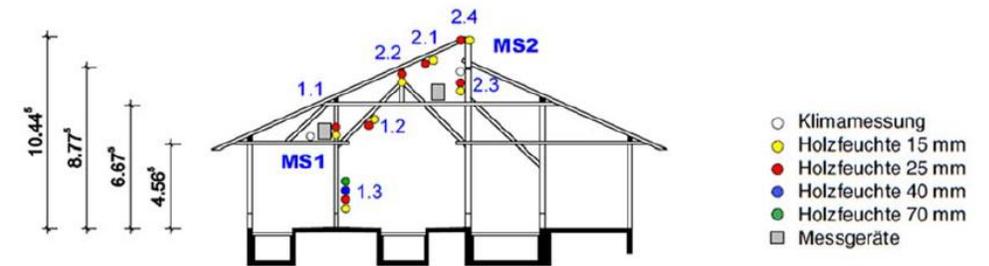
- ▶ 6 Rinderställe
- ▶ 2 Geflügelställe
- ▶ 1 Schweinestall
- ▶ 4 Lagerhallen



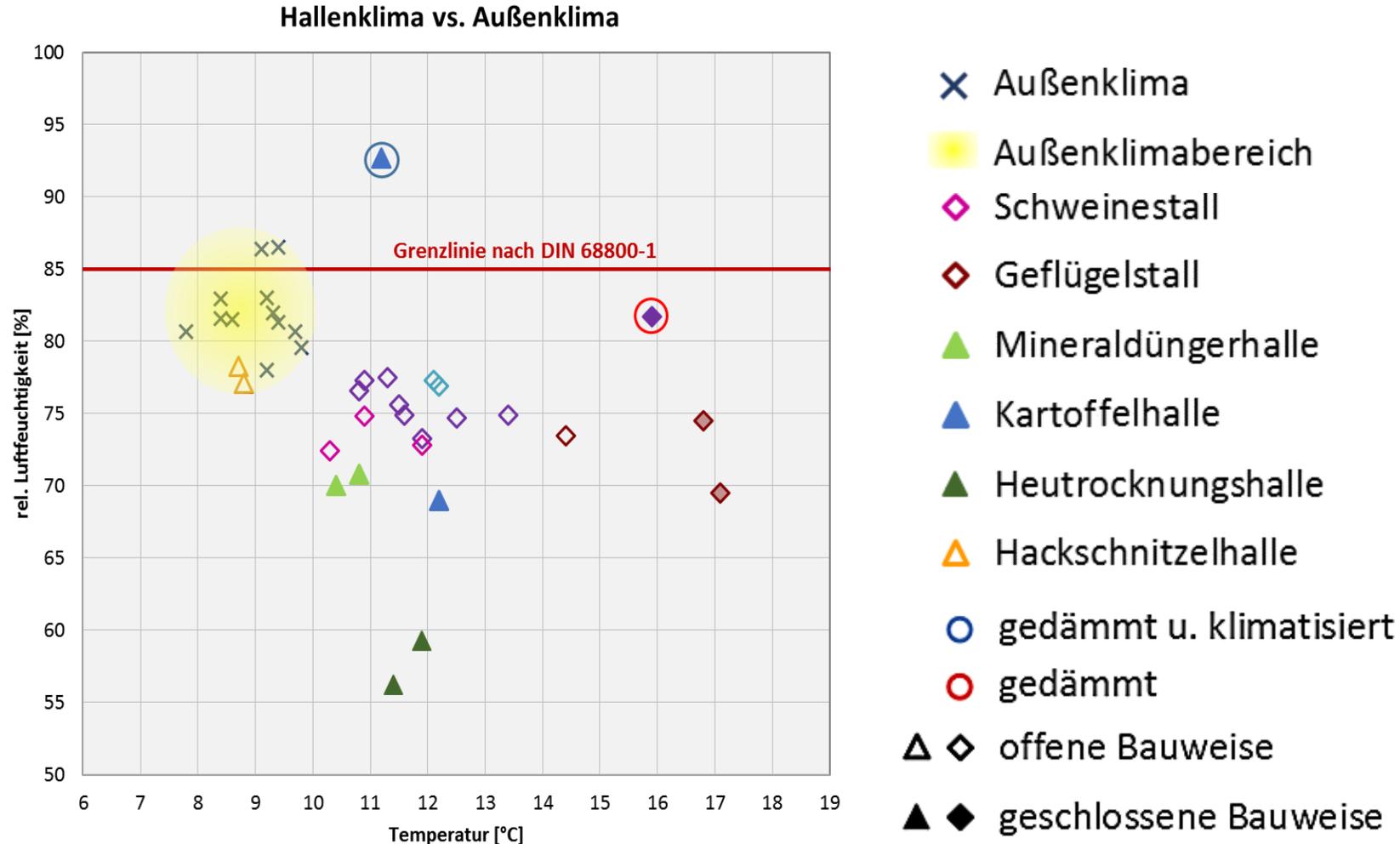
Abbildung 2: Anordnung der Messstellen des Messsystems 1



Abbildung 3: Anordnung der Messstellen des Messsystems 2 (Dachkonstruktion)



[Quelle: Dietsch et al., 2019]



[Quelle: Dietsch et al., 2019]

- Klima- und Holzfeuchte-Monitoring an 13 landwirtschaftlichen Nutzgebäuden mit typischen Nutzungen
- Auswertung der bis Mai 2018 erfassten, insg. über 15 Mio. Messdaten

▶ Bei 27 von insgesamt 71 Messstellen wurden **Holzfeuchten > 20 %** im oberflächennahen Bereich gemessen

Aber: Durch Anwendung des Holzzerstörungsmodells nach Viitanen (1991) konnte das Risiko eines Pilzbefalls an 22 von 27 Messstellen ausgeschlossen werden

▶ Bei 5 von den 22 Messstellen wurden die **Randbedingungen** zum **Pilzwachstum | Holzabbau** erfüllt

Aber: In keinem Objekt wurde Pilzbefall festgestellt



▶ **LfL / TUM – Leitfaden¹**

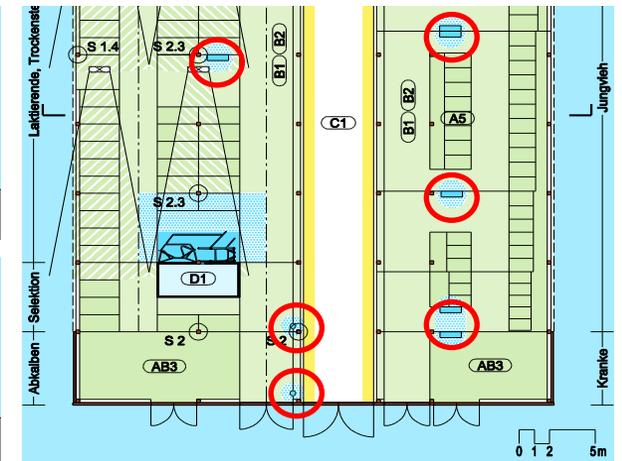
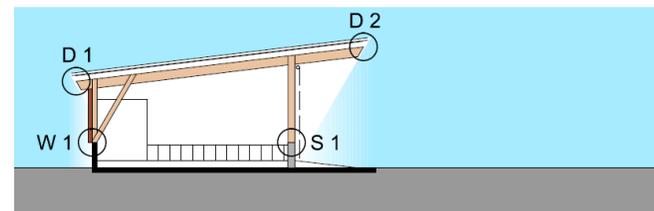
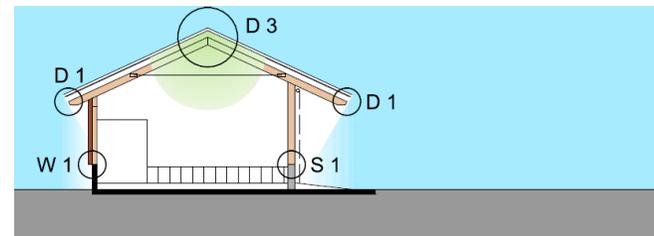
Landwirtschaftliches Bauen mit Holz für Beispielkonstruktionen in Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2

¹ Erscheinungsdatum voraussichtlich Sommer 2021

Dauerhaftigkeit

Leitfaden | Grundlagen

- Feuchtequellen bei Errichtung des Gebäudes
 - Äußere Feuchtequellen
 - Innere Feuchtequellen
- ▶ Grundsätzliche bauliche Maßnahmen
- ▶ Besondere bauliche Maßnahmen

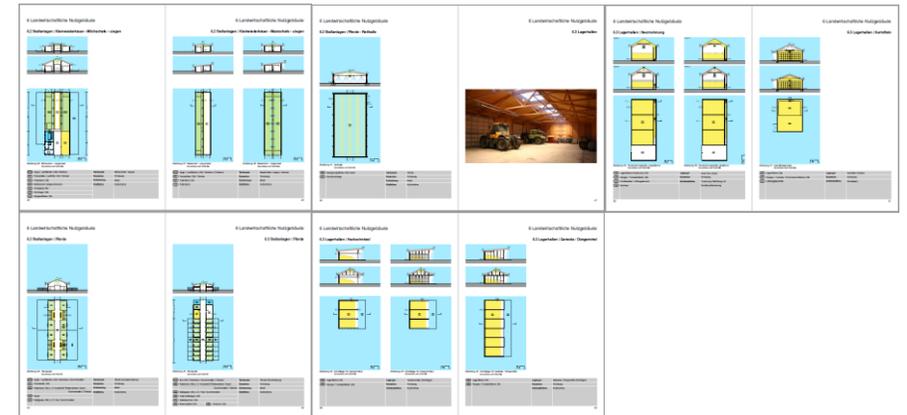
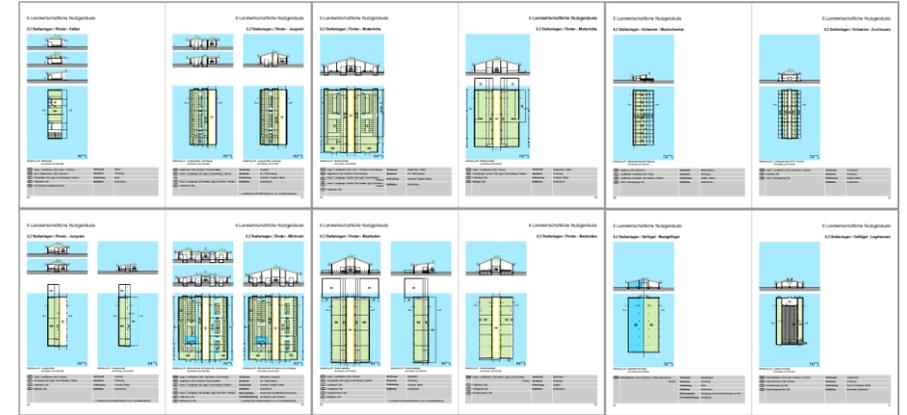


► Stallanlagen

- Rinder
- Schweine
- Geflügel
- Kleinwiederkäuer
- Pferde

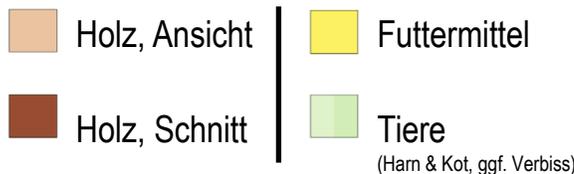
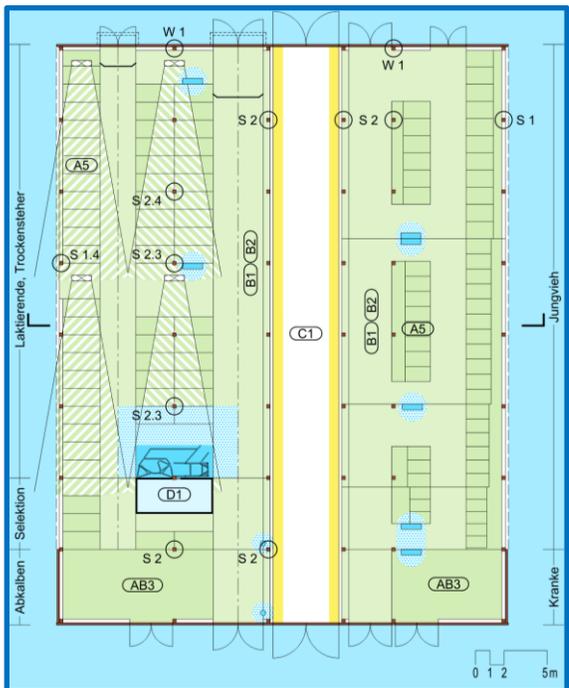
► Lager- und Maschinenhallen

- Hackschnitzel
- Getreide / Düngemittel
- Heutrocknung
- Kartoffeln

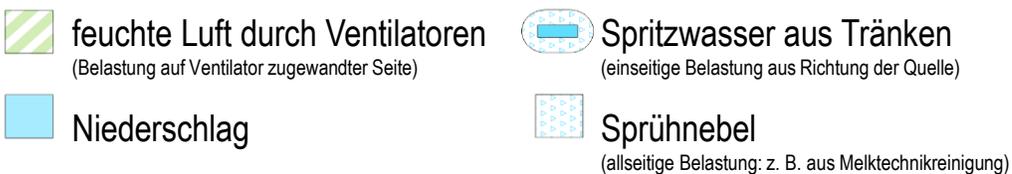
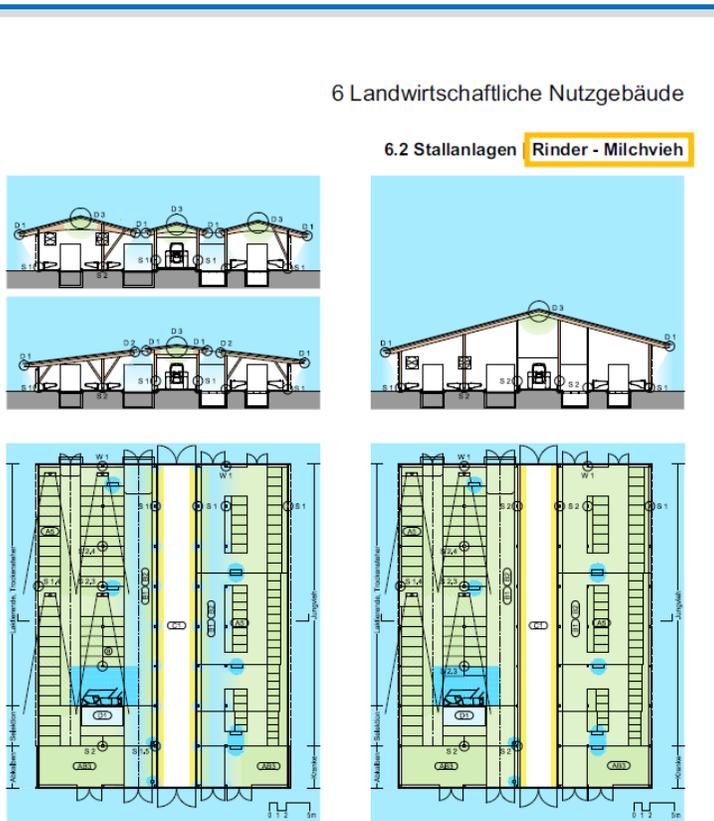


Dauerhaftigkeit

Leitfaden | Grundlagen – Feuchtequellen in der Tier- und Lagerhaltung



Bauteile Funktionsbereiche



Feuchtequellen

mit Definition der Funktionbereiche

(AB3)	Liege- / Lauflächen Stb Gummibelag / Flachstreu*
(A5)	Liegeboxen Stb Gummimatten / Tiefstreu*
(B1)	Fress- / Laufgänge Stb (ggf.) Gummibelag Tränken
oder	
(B2)	Fress- / Laufgänge Stb Spalten (ggf.) Gummib. Tränken
(C1)	Futtertisch Stb
(D1)	Melkbereich Stb

und wichtigen Verfahrensdaten

Tierbesatz	Milchkühe, Jungvieh
Bauweise	ein- / mehrhäusig
Entmistung	Schieber / Spalten / Mobil
Stallklima	Außenklima
Nutzungsspezifische	Sprühnebel aus Melktechnikreinigung
Feuchtebelastungen	Ventilatoren über Einstreu

1 Dauerhaftigkeit

Leitfaden | Grundlagen – Grundsätzliche / Besondere bauliche Maßnahmen



Landwirtschaftliches Bauen mit Holz
Leitfaden für Beispielkonstruktionen
in Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2



- **Grundsätzliche bauliche Maßnahmen**

- ▶ Bei Bauteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen in jedem Fall umzusetzen

- **Besondere bauliche Maßnahmen**

Ziel: Einstufung von Bauteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen in die GK 0 (wenn grundsätzliche bauliche Maßnahmen nicht ausreichen)

- ▶ Planung & **Nachweis**

- **Nachweisverfahren**

Rechnerische & Sonstige Nachweisverfahren

(z. B. Monitoring der TUM & Transformation der Ergebnisse im LfL / TUM – Leitfaden)

- ▶ **LfL / TUM – Leitfaden im Range der „Sonstigen Nachweise“**

(→ Verweis in novellierter DIN 68800)

1 Dauerhaftigkeit

Leitfaden | Grundsätzliche bauliche Maßnahmen

- Gegen Feuchte aus Transport, Lagerung, Montage und Einbau
→ Pilzbefall | Insektenbefall



- ▶ Einbaufeuchte bei GK 0, 1, 2, 3.1 $u \leq 20\%$
„trockenes Holz“ → ausreichende Sicherheit
- ▶ Schutz vor Niederschlägen in der Bauphase
- ▶ Niederschläge von Holz | Anschlussbereichen durch dauerhaften Wetterschutz fernhalten
- ▶ Spritzwasser
 - Sockel- / Fußhöhe $h \geq 30$ cm
 - Sockel- / Fußhöhe $h \geq 15$ cm bei zusätzlichen Maßnahmen (z.B. Kiesstreifen)
- ▶ Feuchte aus angrenzenden Baustoffen fernhalten
- ▶ Schutz vor Feuchte aus der Nutzung



1 Dauerhaftigkeit

Leitfaden | Besondere bauliche Maßnahmen

- Bewittertes Bauteil ohne Erdkontakt

→ Pilzbefall | Insektenbefall

Kriterium: Holzfeuchte $u \leq 20\%$ dauerhaft erhalten

▶ Maßnahmen:

- Beschränkung Querschnittsmaße und kerngetrennter Einschnitt bei Vollholz (Begrenzung Rissbildung)
- gehobelte Oberfläche
- Verhinderung von Stauwasser in Anschlüssen
- Abdeckung Hirnholz
- direkte Ableitung von Niederschlagswasser
- oberseitige Abdeckung nicht vertikal stehender Bauteile
- **Brettschichtholz / technisch getrocknetes Vollholz** (mit Querschnittsbegrenzung)

und

oder

- z. B. ausreichende **Dachüberstände**: Einfallswinkel zwischen **VK Dachüberstand** : **UK Holz** → $\alpha \leq 60^\circ$



- Bewittertes Bauteil ohne Erdkontakt → Pilzbefall | Insektenbefall

7.2 Detailgruppe S1 - Außenstützen

- 1 Stütze, Vollholz
- 2 Entkoppelung / Abdichtung (s. Seite 52)
- 3 Sockel, Stahlbeton
- 4 Wetterschutz, temporär (z. B. Curtain / Stegplatten)

α Eintragswinkel Niederschlag 60°

h min $\begin{cases} \geq 30 \text{ cm} \\ \geq X \text{ (Gefährdungsbereich)} \end{cases}$

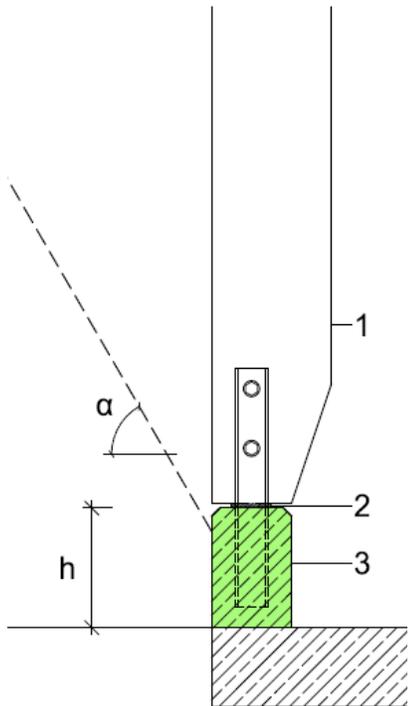
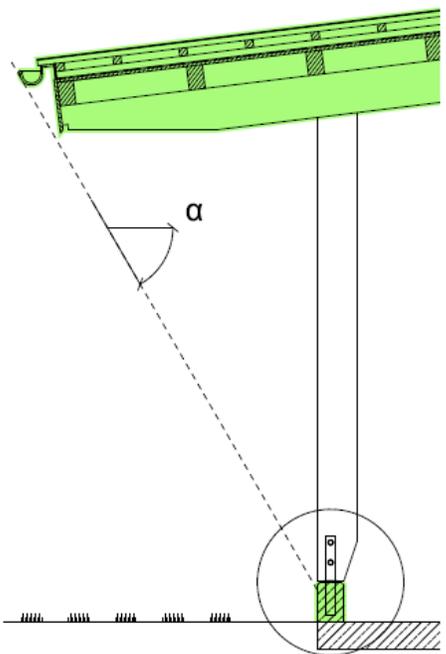


Abbildung 49: **Detail S 1.1** - Außenstütze
nicht bewittert (Dachüberstand)
Ansicht / Schnitt, Detailschnitt Sockel

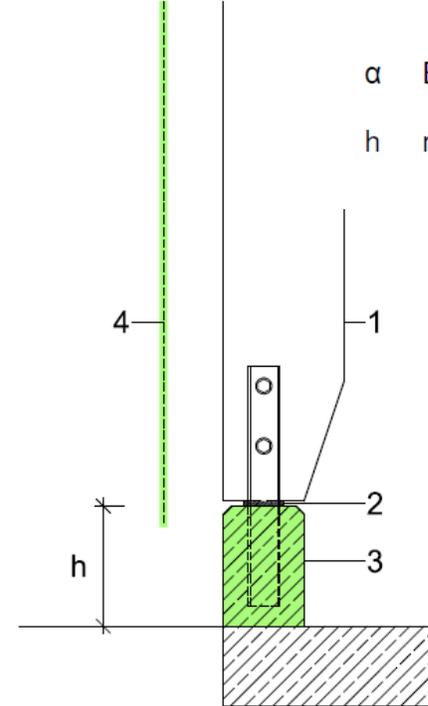
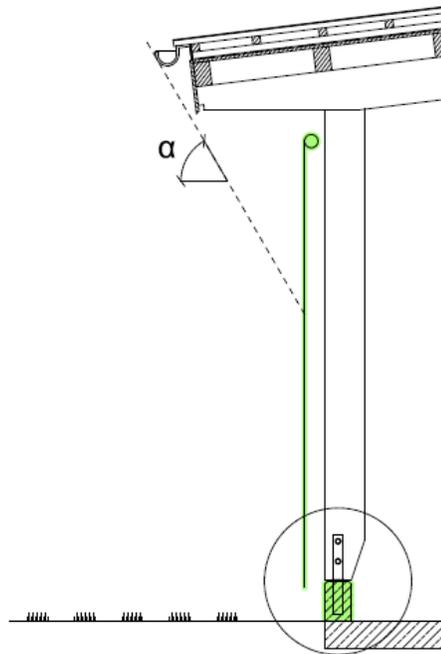


Abbildung 50: **Detail S 1.2** - Außenstütze
nicht bewittert (temporärer Wetterschutz)
Ansicht / Schnitt, Detailschnitt Sockel



- Bewittertes Bauteil ohne Erdkontakt → Pilzbefall | Insektenbefall

7.2 Detailgruppe S 1 - Außenstützen

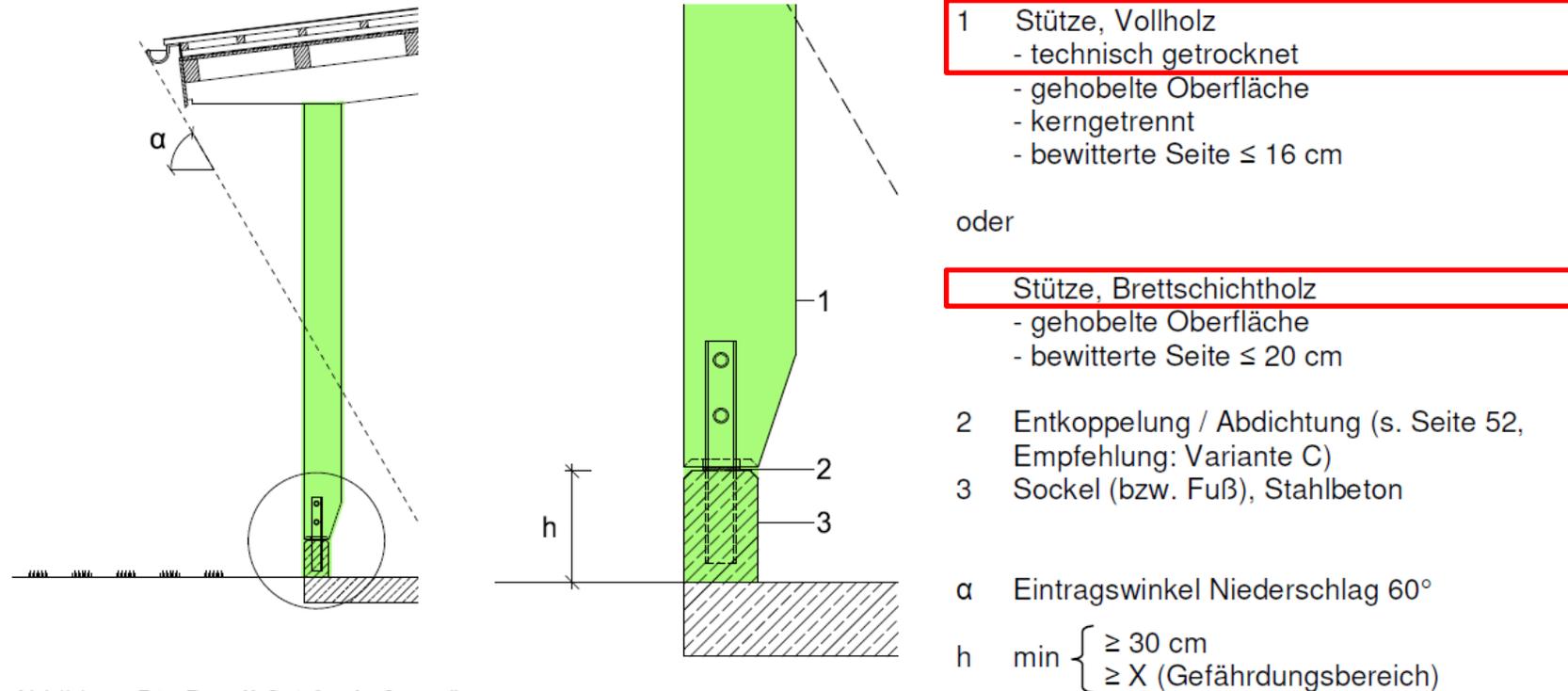


Abbildung 51: **Detail S 1.3** - Außenstütze
bewittert
Ansicht / Schnitt, Detailschnitt Sockel

- Bewittertes Bauteil ohne Erdkontakt → Pilzbefall | Insektenbefall

7.2 Detailgruppe S 1 - Außenstützen

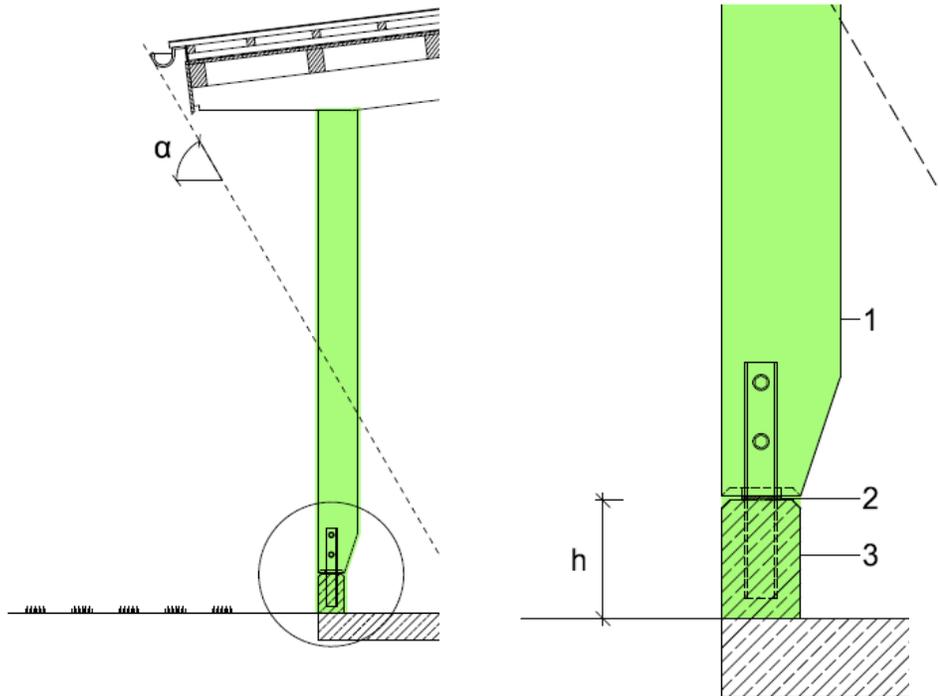


Abbildung 51: **Detail S 1.3** - Außenstütze
bewittert
Ansicht / Schnitt, Detailschnitt Sockel

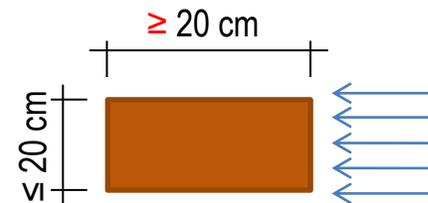
- 1 Stütze, Vollholz
- technisch getrocknet
 - gehobelte Oberfläche
 - kerngetrennt
 - bewitterte Seite ≤ 16 cm

oder

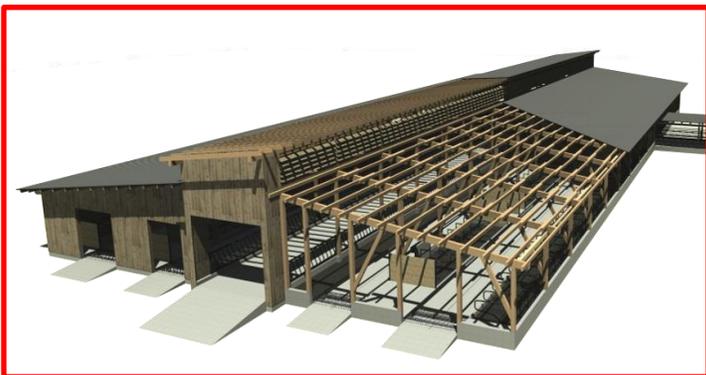
- Stütze, Brettschichtholz
- gehobelte Oberfläche
 - bewitterte Seite ≤ 20 cm

Brettschichtholz (BSH)

≤ 20 x ≥ 20 cm



- ▶ Schlagregen aus einer Richtung
- ▶ keine Klebstoff-Fugen auf bewitterter Seite



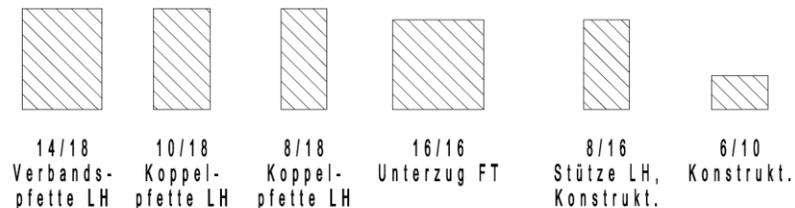
Pilotbetrieb A
Milchviehstall für 170 Tierplätze

Kantholz	Pos. A	104,30 m ³
Kantholz	Pos. C	13,80 m ³
Schalung 28 mm	Pos. B	92,55 m ³
Lattung 24/48 mm	Pos. B	6,35 m ³

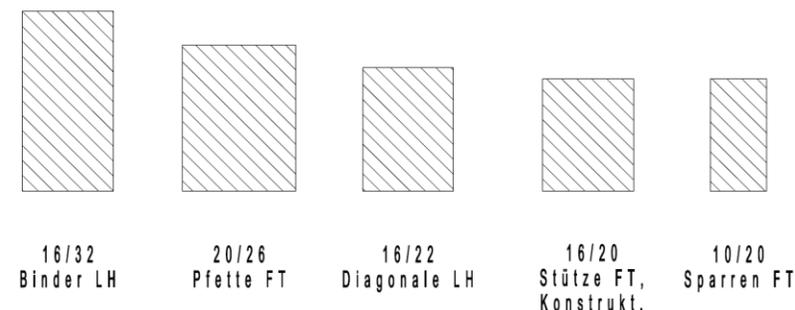
Gesamt	217,00 m³
Schnittholz / Tierplatz	1,28 m³/TP

Kantholz	118,10 m ³
Schalung und Latten (Seitenware)	98,90 m ³

Kantholz



Balken



Bretter

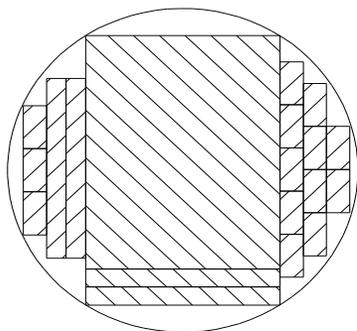


Latten

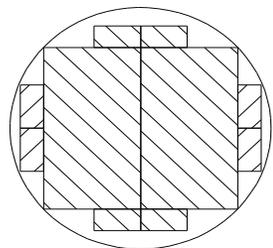


Nachhaltigkeit

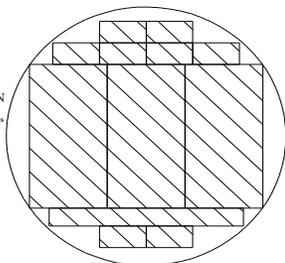
Holz als nachwachsender Rohstoff



Mindestzopfdurchmesser
36 cm, einstielig



Mindestzopfdurchmesser
27 cm, zweistielig



Mindestzopfdurchmesser
28,8 cm, dreistielig

Fichtenreinbestand (Privatwald), mittlere Bonität, Alter 80-100 Jahren

Holzvorrat pro Hektar

ca. 400 fm/ha

217 m³ Kantholz, Schalung und Lattung entsprechen:

Rundholz

ca. 360 fm*

Rundholz

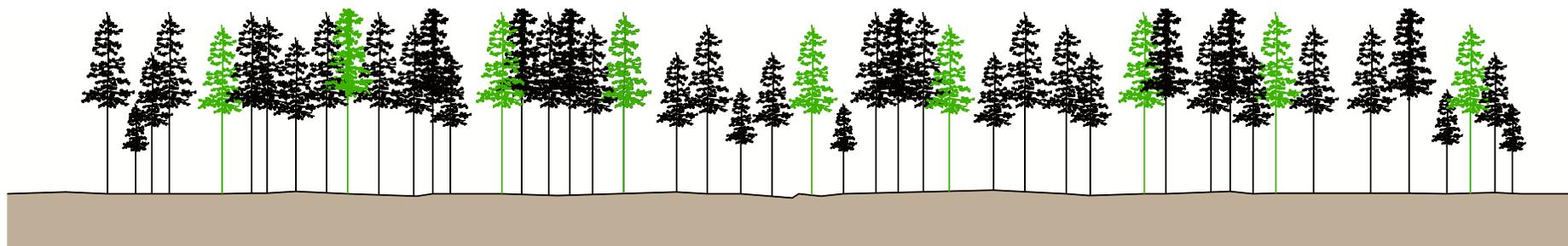
ca. 445 fm**

Bedarf Waldfläche (bei Kahlschlag)

0,9 ha*

Bedarf Waldfläche (bei Kahlschlag)

1,1 ha**



Bedarf Waldfläche (bei 20%iger Durchforstung)

4,5 ha*

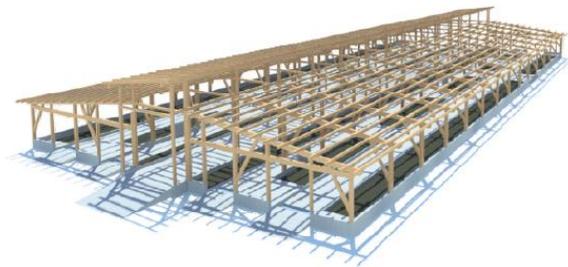
Bedarf Waldfläche (bei 20%iger Durchforstung)

5,5 ha**

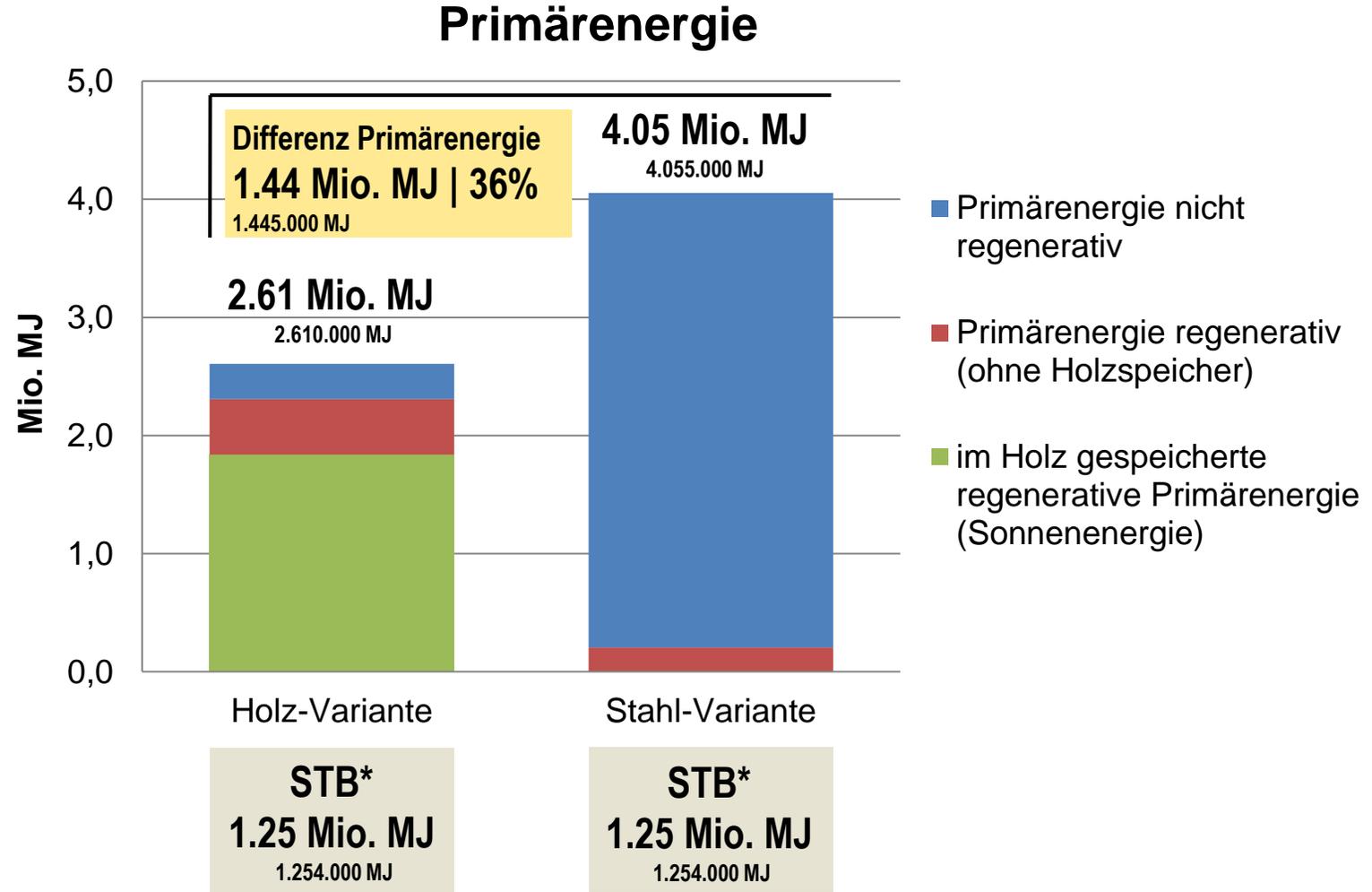
* bei Gesamtausbeute 60% ** bei Gesamtausbeute 50%



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl

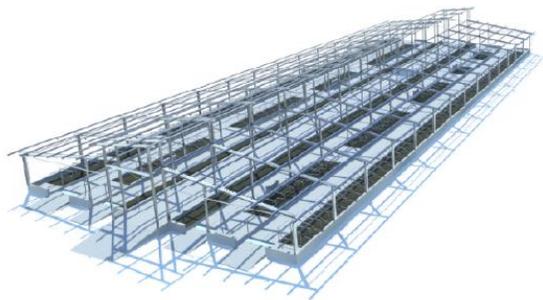


Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

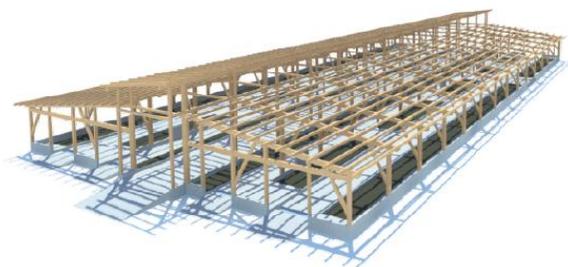


* STB = Bodenplatte Stahlbeton (inkl. Unterbau)



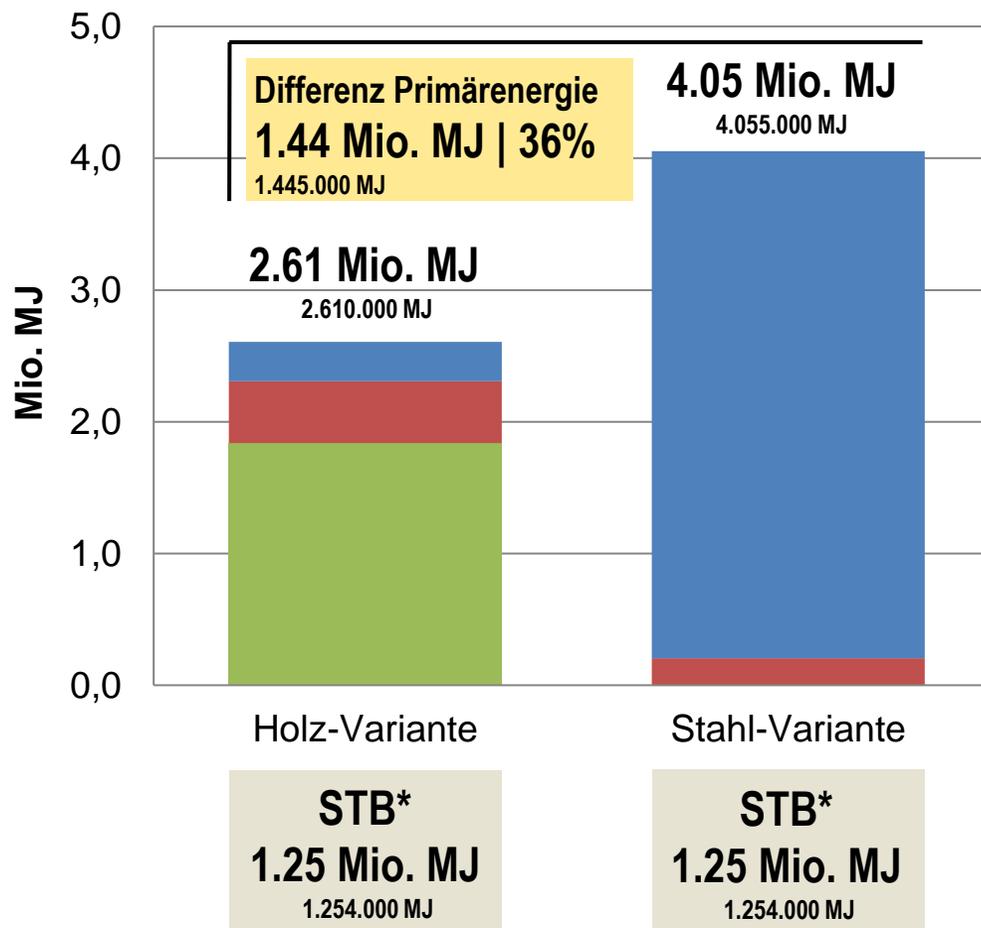


Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

1.44 Mio. MJ = Heiz-Energie EFH für 20 Jahre



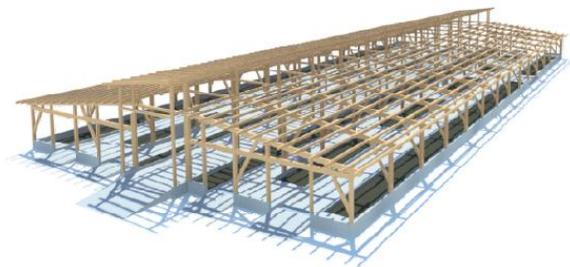
- Primärenergie regenerativ (ohne Holzspeicher)
- im Holz gespeicherte regenerative Primärenergie (Sonnenenergie)



* STB = Bodenplatte Stahlbeton (inkl. Unterbau)

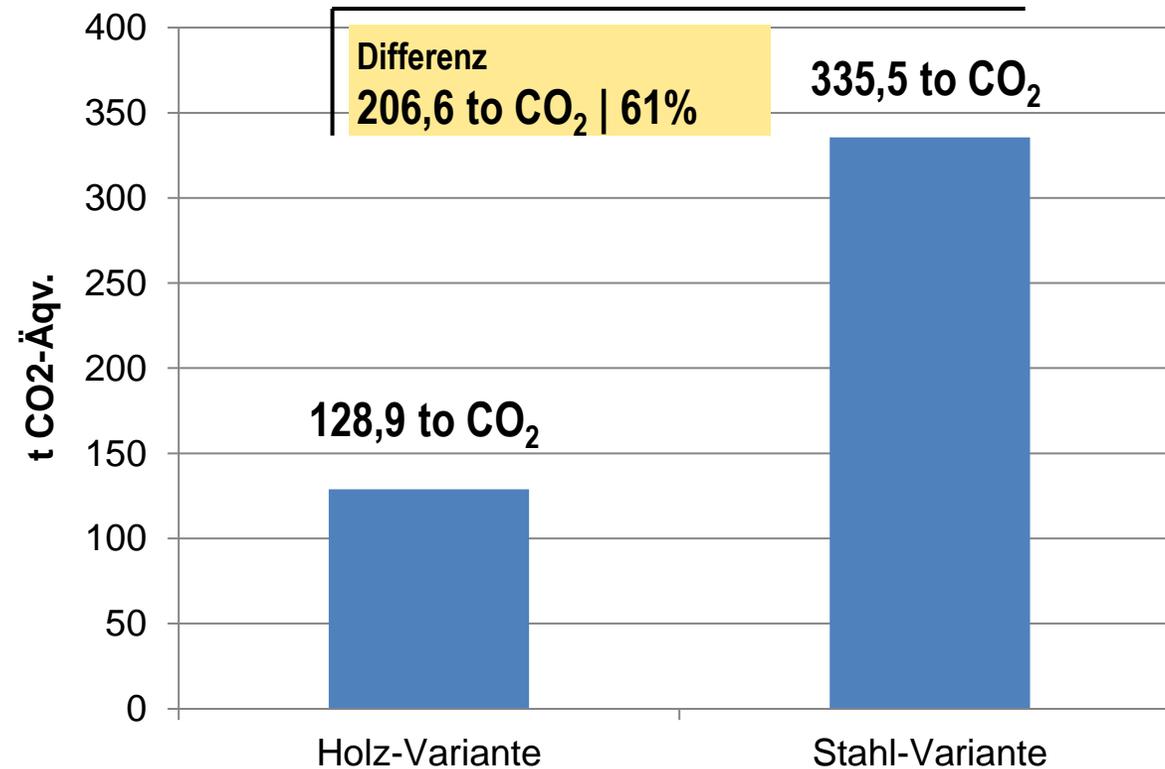


Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

Treibhauspotenzial



ESP = Einsparpotenzial

Warum den Zimmereien das Bauholz ausgeht



Auf dem Weg zur Endstation der Lieferkette: Zu Schnittware verarbeitet wird das Ebersberger Holz derzeit weitestgehend per Containerschiff in die USA transportiert. (Foto: imago/blickwinkel)

© Süddeutsche Zeitung 2021

Amerikanische Firmen erobern den deutschen Markt mit hohen Preisen. Im Kreis Ebersberg hat für viele ein Existenzkampf begonnen.

Simon

33

Warum den Zimmereien das Bauholz ausgeht



Befall Kanadischer Wälder mit Bergkiefernkäfer (*Dendroctonus ponderosae*)

- ▶ Ausfall Holzlieferungen von Kanada → USA
+ Niedrige Bauzinsen & Aktivitäten im Hausbau während Corona-Pandemie in USA
- ▶ Holzverknappung & Deckung des US - Bedarfs → Europäischem Holzmarkt
- ▶ **Trotz hohem Schadholzanfall durch Borkenkäferbefall (*Scolytinae*) in D | Bay | AT (derzeit) extreme Lieferengpässe**

© Süddeutsche Zeitung 2021

Amerikanische Firmen erobern den deutschen Markt mit hohen Preisen. Im Kreis Ebersberg hat für viele ein Existenzkampf begonnen.

3 Wirtschaftlichkeit

Kostenvergleich
Tragwerk in Holz bzw. Stahl

Pilotbetrieb A
 Liegehalle für 170 Milchkühe

► Eigenleistung

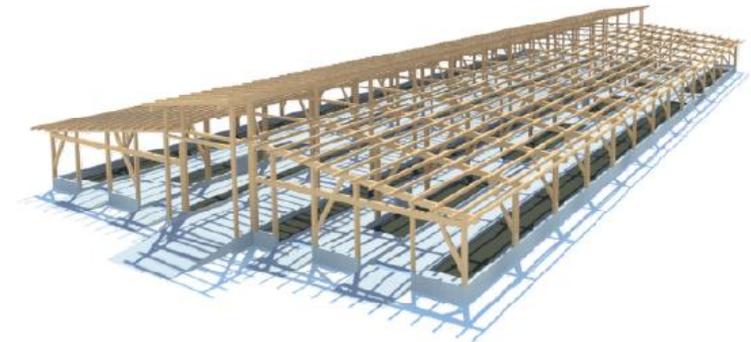
Netto, Stand 2012

	Holzbau	Stahlbau
Konstruktion incl. Koppelfetten	113.100	158.600
Dacheindeckung	¹ 134.800	² 120.100
Wand incl. Pfosten und Riegel, Tore	27.700	36.200
Summe	275.600	314.900
EUR / TP bei 170 TP	1.620	1.850
EUR / m ² bei 2.256m ² BGF	122	140

Kostensteigerung 2012 – 2021
 → **ca. 30%** (Destatis 2021)



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

Schlussbemerkung

Holz als Baustoff in der Landwirtschaft

- Verwendung in **allen** landwirtschaftlichen Verfahren (Tier- & Lagerhaltung) möglich
- Nachwachsender Baustoff → Landwirte sind (z. T.) Erzeuger
- Sehr günstige Ökobilanz → hoher Beitrag zur Reduzierung der Umweltwirkung | CO₂-Speicher
- Wirtschaftlich → zzgl. Eigenleistungspotenzial | Bauunterhalt
- **Weitere Vorteile:**
Bauphysik → Sommerlicher Hitzeschutz | Brandschutz → Feuerwiderstandsklasse F30
Hohes Gestaltungspotenzial | Positives Image („*Verbraucherakzeptanz Landwirtschaft*“)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

© Bild: J. Herrle 2017

► **Offene Fragen:** Massivholzkonstruktionen mit Dachbegrünung | **Hygiene** | ...