

# Stallbau in regionalen Kreisläufen

Aspekte zu Umweltwirkung, Tierwohl und Wirtschaftlichkeit

**agri**idea ALB-CH | Weiterbildungskurs für Baufachleute 2023 | 07. – 08. November 2022

Institut für Landtechnik und Tierhaltung | Landwirtschaftliches Bauwesen

Architekt Jochen Simon, F. Oberhardt & P. Stötzel

In Zusammenarbeit mit:

S. Helm | Prof. K. Richter | Prof. G. Weber-Blaschke<sup>1</sup>



<sup>1</sup> 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

# Einleitung

## Rahmenbedingungen Stallbau



# Einführung

Einleitung

Tierwohl

Wirtschaftlichkeit

Umweltwirkung <sup>1</sup>



EUROPÄISCHE UNION  
Gefördert aus dem Europäischen Fonds  
für Regionale Entwicklung

gemeinsam grenzenlos gestalten  
**INTERREG**  
Bayern – Österreich  
2007-2013



Bayerisches Staatsministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

<sup>1</sup> Interreg IV-Projekt Bayern-Österreich: Bauen in regionalen Kreisläufen (2009 – 2013)



| Mindestanforderungen für Programme, die Kriterien für Betriebe mit Milchviehhaltung festlegen |                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                               |                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
| Platz                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> <li>oder Laufstall ohne Liegeboxen: über 350 kg LG Mindestfläche 5 m<sup>2</sup>/Tier (Liege- und Laufläche)</li> <li>oder 1.000 m<sup>2</sup> Weidefläche /Tier</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> <li>oder Laufstall ohne Liegeboxen: über 350 kg LG Mindestfläche 6 m<sup>2</sup>/Tier (Liege- und Laufläche)</li> </ul> |
| Bewegung                                                                                      |                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstall mit Liegeboxen: fläche 4 m<sup>2</sup>/Tier (Liege- und Laufläche)</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
| Fläche pro Tierplatz                                                                          |                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
| Funktionsmaße (Laufgänge, Liegeboxen, Fressplatzbreite)                                       |                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
| Tier – Liege- bzw. Fressplatzverhältnis                                                       |                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
| Stallklimazonen (Außenklimareiz)   sommerlicher Hitzeschutz                                   |                                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |
| Auslauf (nicht überdacht)   Weide                                                             |                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auslauf mit mindestens 10 m<sup>2</sup> zusammenhängender Fläche bestehen.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstallhaltung mit ganzjährig nutzbarem Laufhof (mind. 3 m<sup>2</sup>/Tier im Laufhof)</li> <li>oder Offenfrontlaufstall</li> <li>oder Laufstallhaltung mit Weidegang (mind. 120 Tage à 6 h)</li> <li>keine Anbindehaltung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laufstallhaltung mit ganzjährig nutzbarem Laufhof (mind. 3 m<sup>2</sup>/Tier im Laufhof) und Weidegang (mind. 120 Tage/ 6 h)</li> <li>keine Anbindehaltung</li> </ul>               |

Mehr Nachbarn  
Mehr...



### Mindestanforderungen für Programme, die Kriterien für Betriebe mit Milchviehhaltung festlegen

|                |                                                   |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Platz</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1 (verpflichtend ab 2023)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> <li>• <u>oder</u> Laufstall ohne Liegeboxen: über 350 kg LG Mindestfläche 4 m²/Tier (Liege- und Lauffläche)</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> <li>• <u>oder</u> Laufstall ohne Liegeboxen: über 350 kg LG Mindestfläche 5 m²/Tier (Liege- und Lauffläche)</li> <li>• <u>oder</u> 1.000 m² Weidefläche /Tier</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstall mit Liegeboxen: Tier-Liegeplatzverhältnis 1:1</li> <li>• <u>oder</u> Laufstall ohne Liegeboxen: über 350 kg LG Mindestfläche 6 m²/Tier (Liege- und Lauffläche)</li> </ul> |
| <b>Haltung</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stallhaltung; möglichst Laufstallhaltung oder Kombinationshaltung</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstallhaltung</li> <li>• <u>oder</u> Kombinationshaltung** mit Weidegang (mind. 120 Tage à 2 h) bzw. mit Laufhof oder Bewegungsbucht mit mind. 4,5m² / Tier. Die Bewegungsfläche muss aus mind. 16 m² zusammen-</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstallhaltung mit ganzjährig nutzbarem Laufhof (mind. 3 m² / Tier im Laufhof)</li> <li>• <u>oder</u> Offenfrontlaufstall</li> <li>• <u>oder</u> Laufstallhaltung mit Weidegang (mind. 120 Tage à 6 h)</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstallhaltung mit ganzjährig nutzbarem Laufhof (mind. 3 m² / Tier im Laufhof) <u>und</u> Weidegang (mind. 120 Tage / 6 h)</li> <li>• keine Anbindehaltung</li> </ul>             |

$$\geq 5,0 \text{ m}^2/\text{TP} + \geq 3,0 \text{ m}^2/\text{TP} = \geq 8,0 \text{ m}^2/\text{TP}$$

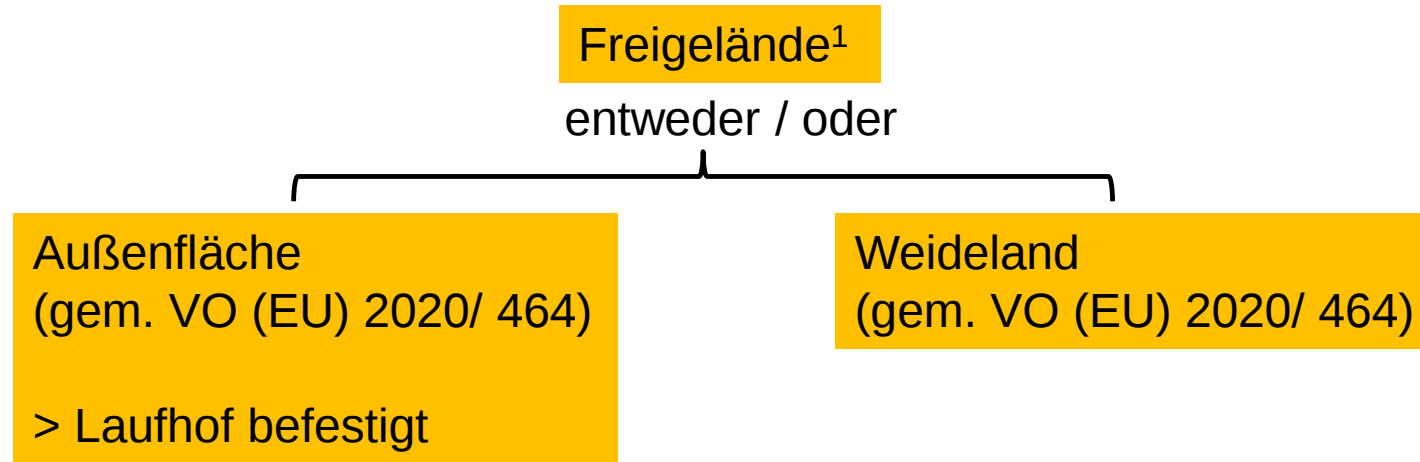
$$\geq 6,0 \text{ m}^2/\text{TP} + \geq 3,0 \text{ m}^2/\text{TP} = \geq 9,0 \text{ m}^2/\text{TP}$$

# Tierwohl

## Verbraucherverhalten | Label | Gesetzliche Vorgaben

Verordnung (EU) 2018/848 vom 30.08.2018

Durchführungsverordnung (EU) 2020/464 vom 26.04.2020

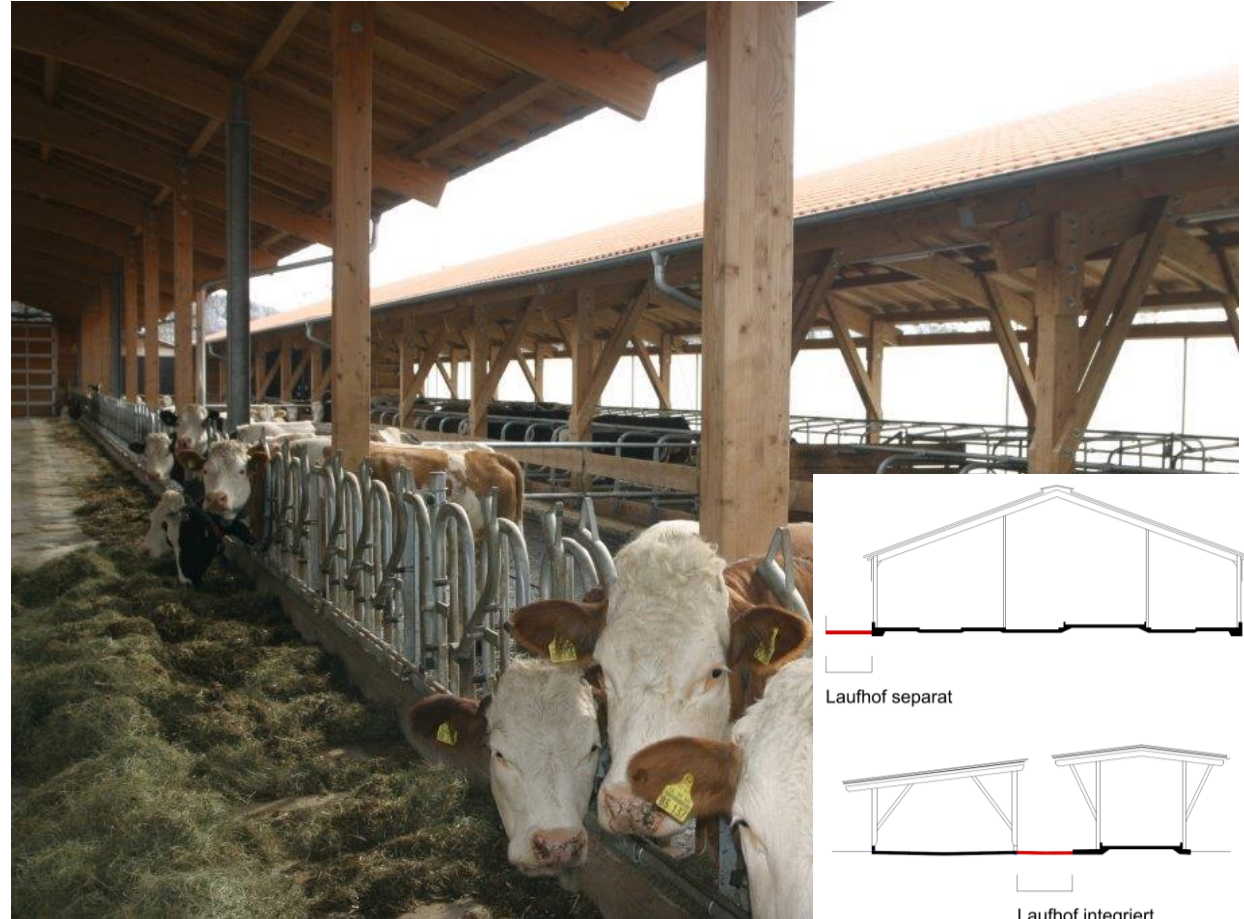


| Rinder und Equiden<br>(Lebendgewicht) | Stallfläche, Nettofläche/<br>m²/Tier | Außenfläche<br>m²/Tier |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Bis zu 350 kg                         | 4                                    | 3                      |
| Über 350 kg                           | 5, mind. 1m²/100kg                   | 3,7, mind. 0,75/Tier   |
| Milchkühe                             | 6                                    | 4,5                    |
| Zuchtbullen                           | 10                                   | 30                     |

<sup>1</sup> Ständiger Zugang zu Freigelände, vorzugsweise Weideland  
(außer Witterungsbedingungen, Jahreszeit und Zustand des Bodens, Seuchenrecht)

# Tierwohl

## Aspekte nicht überdachte Ausläufe



# Tierwohl

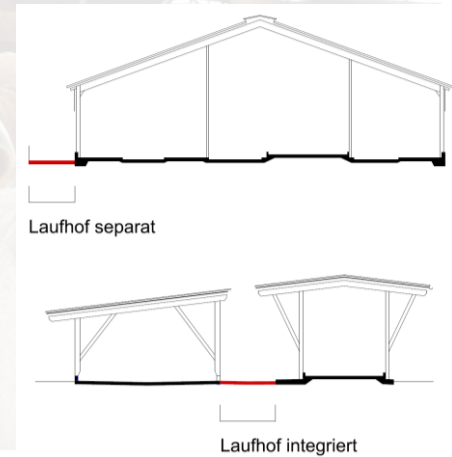
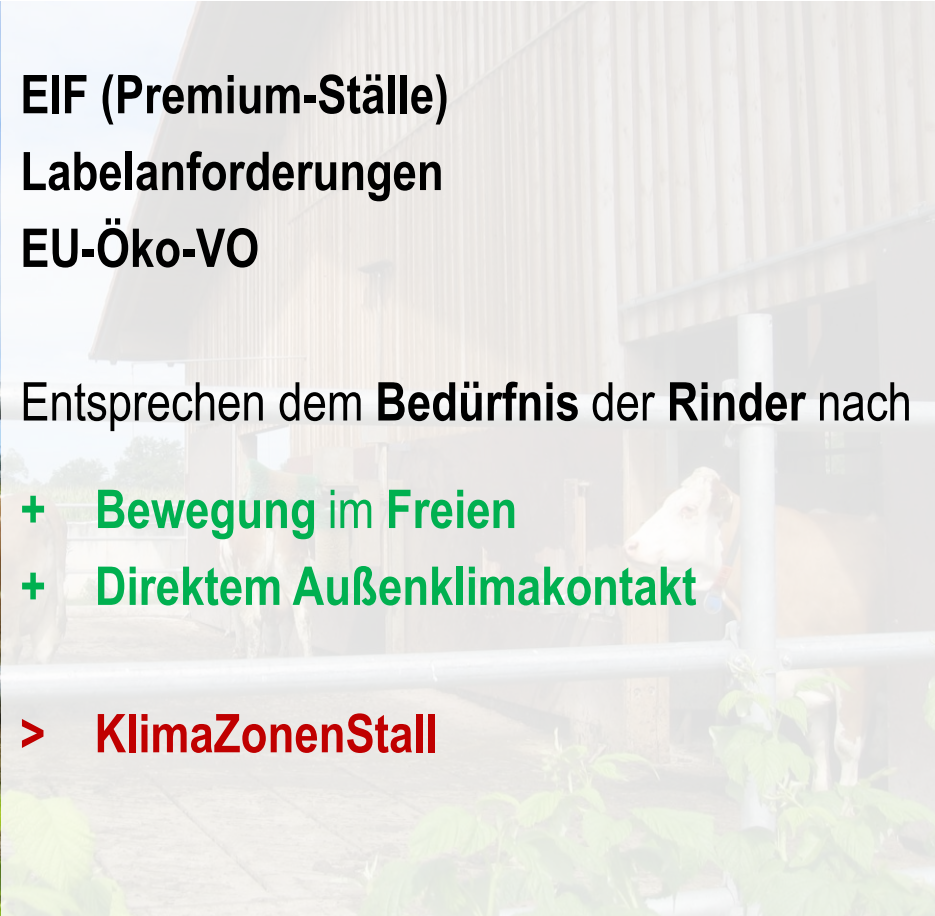
## Aspekte nicht überdachte Ausläufe

EIF (Premium-Ställe)  
Labelanforderungen  
EU-Öko-VO

Entsprechen dem **Bedürfnis** der **Rinder** nach

- + **Bewegung im Freien**
- + **Direktem Außenklimakontakt**

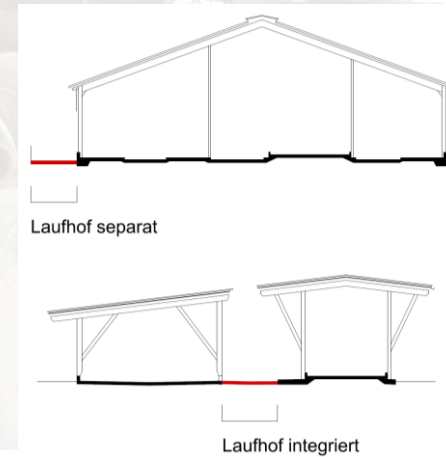
> **KlimaZonenStall**



# Tierwohl

## Ausstattung nicht überdachte Ausläufe

- Flächenangebot
  - Orientierung nach der Sonne (Herbst / Winter)
  - Niederschlagseintrag
  - Verfügbarkeit über den gesamten Tagesverlauf
  - **Ausstattung** (Tränke, Raufe, Kratzbürste, ggf. Außen-Liegeboxen)
  - **Verschattung** (baulich, textil, Bepflanzung)
- „...Vorlage der **Grundfütterration** erhöht Aufenthaltsdauer erheblich..“  
(VON CAENEGEM ET AL. 1997)



# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit

## Neubauten in ein- | mehrhäusiger Bauweise – Vergleich Investitionsbedarf



# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit

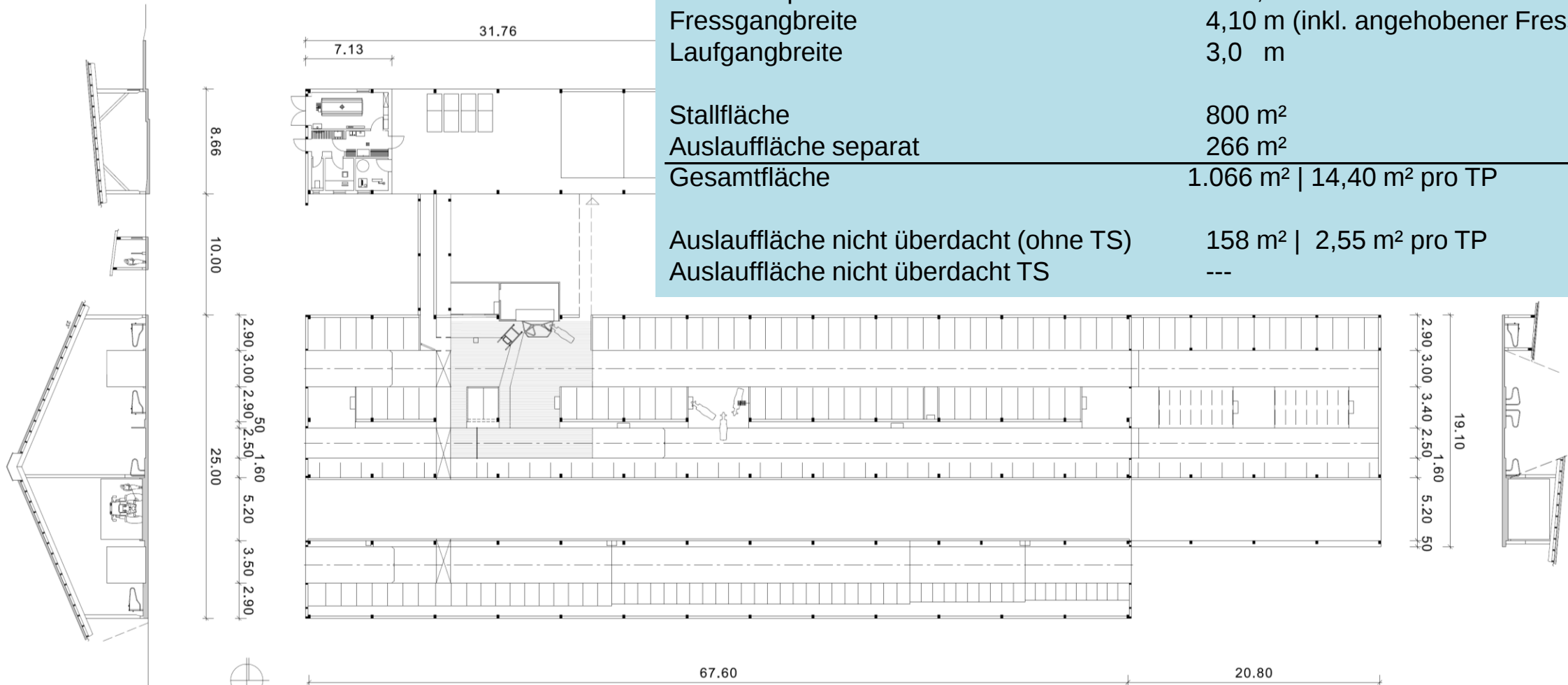
## Neubauten in ein- | mehrhäusiger Bauweise – Vergleich Investitionsbedarf

### Stallanlage IIB (einhäusig | mit Stütze)

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Tierplätze                | 74 TP (inkl. 12 Trockensteher)        |
| Tier-Fressplatzverhältnis | 1 : 1,38                              |
| Fressgangbreite           | 4,10 m (inkl. angehobener Fressplatz) |
| Laufgangbreite            | 3,0 m                                 |

|                       |                                                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------|
| Stallfläche           | 800 m <sup>2</sup>                                 |
| Auslauffläche separat | 266 m <sup>2</sup>                                 |
| Gesamtfläche          | 1.066 m <sup>2</sup>   14,40 m <sup>2</sup> pro TP |

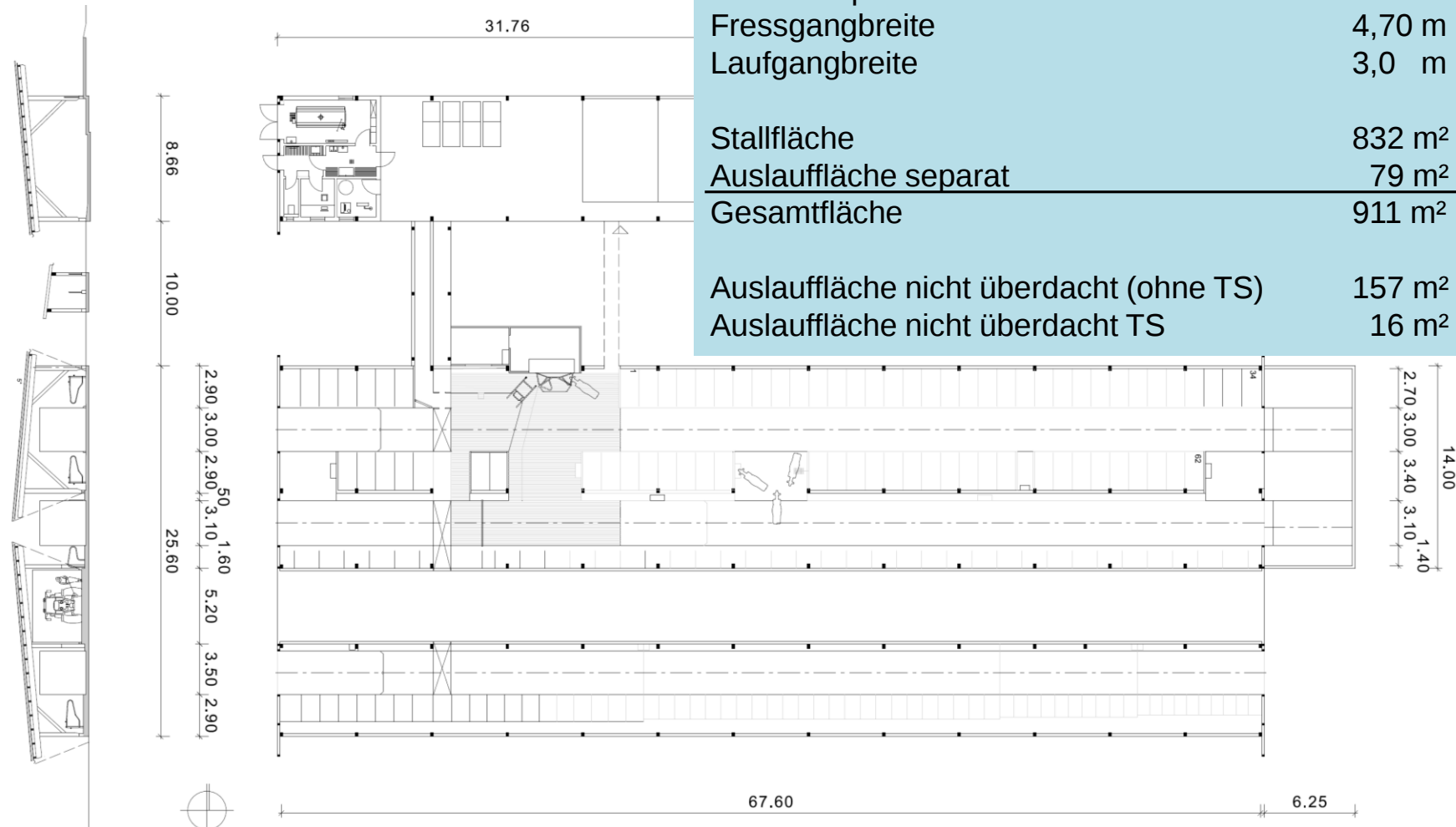
|                                         |                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Auslauffläche nicht überdacht (ohne TS) | 158 m <sup>2</sup>   2,55 m <sup>2</sup> pro TP |
| Auslauffläche nicht überdacht TS        | ---                                             |



Stallanlage IIB (einhäusig | mit Stütze) Grundriss | Schnitt

# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit

## Neubauten in ein- | mehrhäusiger Bauweise – Vergleich Investitionsbedarf



Stallanlage IB (mehrhäusig) Grundriss | Schnitt

# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit

## Neubauten in ein- | mehrhäusiger Bauweise – Vergleich Investitionsbedarf

|        | Stallanlage Ib:<br><br>Zwei-Reiher,<br>mehrhäusig,<br>mit Auslauf | Stallanlage IIb:<br><br>Zwei-Reiher,<br>einhäusig,<br>mit Stütze,<br>mit Auslauf | Stallanlage IIb:<br><br>Zwei-Reiher,<br>einhäusig,<br>freitragend,<br>mit Auslauf |
|--------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Fläche | 911 m <sup>2</sup>                                                | 1.066 m <sup>2</sup>                                                             | 1.066 m <sup>2</sup>                                                              |

**LH Ib (mehrhäusig)**  
ca. 12.920 € / TP

**: LH IIb (einhäusig | mSt)**  
: ca. 16.560 € / TP  
**= Diff. ca. 22 %**

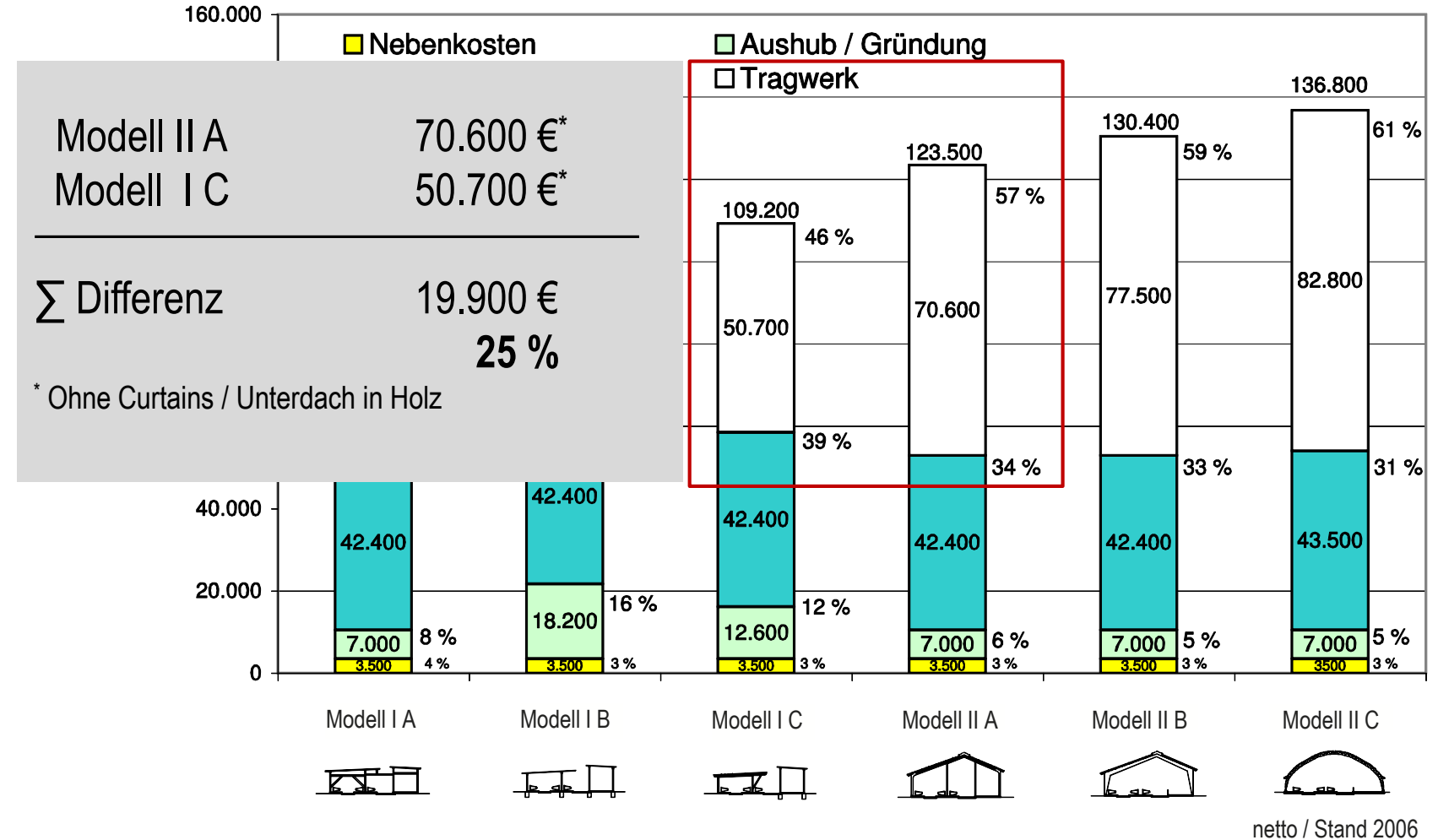
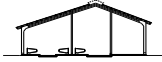
**: LH IIb (einhäusig | oSt)**  
: ca. 17.880 € / TP  
**= Diff. ca. 28 %**

|                                                                                       | Liegehalle | Technikgebäude | Liegehalle | Technikgebäude | Liegehalle | Technikgebäude |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|
| Nebenkosten                                                                           | 16.000     | 10.700         | 16.000     | 10.700         | 16.000     | 10.700         |
| Erdarbeiten                                                                           | 47.700     | 11.600         | 47.900     | 11.600         | 47.900     | 11.600         |
| Unterbau (Stahlbeton)                                                                 | 238.800    | 29.400         | 263.200    | 29.400         | 263.200    | 29.400         |
| Gebäude (inkl. Wände, Tore, Ausbau)                                                   | 321.000    | 93.500         | 405.300    | 93.500         | 503.400    | 93.500         |
| Stalleinrichtung (inkl. Montage)                                                      | 67.300     | 10.100         | 67.300     | 10.100         | 67.300     | 10.100         |
| Installation Strom und Wasser, Sanitär                                                | 59.100     | 7.700          | 59.100     | 7.700          | 59.100     | 7.700          |
| Schieberbahn (inkl. Montage)                                                          | 26.600     |                | 26.600     |                | 26.600     |                |
| Melktechnik mit Kühlung und Fütterung                                                 | 153.800    | 51.300         | 153.800    | 51.300         | 153.800    | 51.300         |
| zusätzlicher Laufhof (Erdarbeiten, Unterbau, Gebäude, Stalleinrichtung, Schieberbahn) | 25.800     |                | 186.500    |                | 186.500    |                |
| Summe                                                                                 | 956.100    | 214.300        | 1.225.700  | 214.300        | 1.323.800  | 214.300        |
|                                                                                       | 1.170.400  |                | 1.440.000  |                | 1.538.100  |                |
| Euro / TP                                                                             | 12.920     | 2.900          | 16.560     | 2.900          | 17.880     | 2.900          |
|                                                                                       | 15.820     |                | 19.460     |                | 20.790     |                |

netto Stand 2023

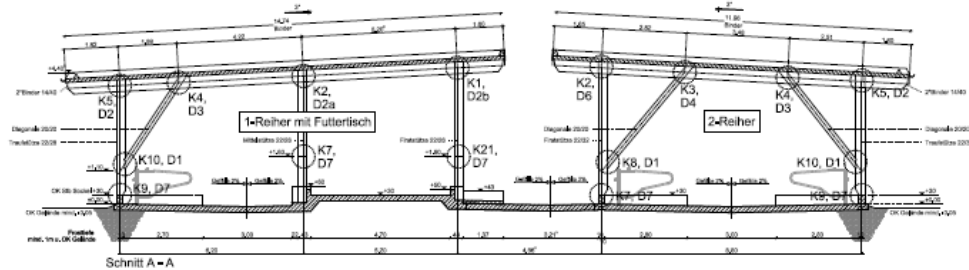
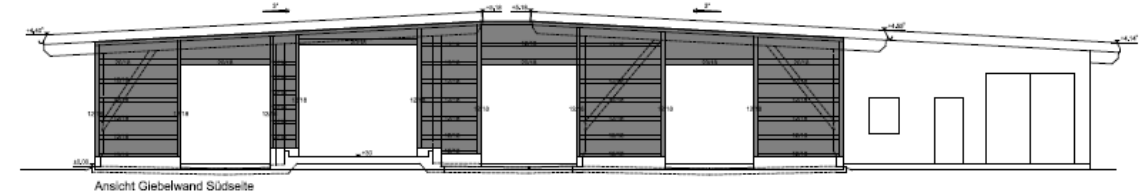
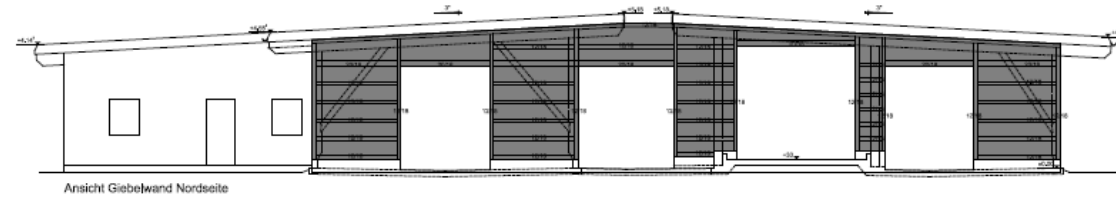
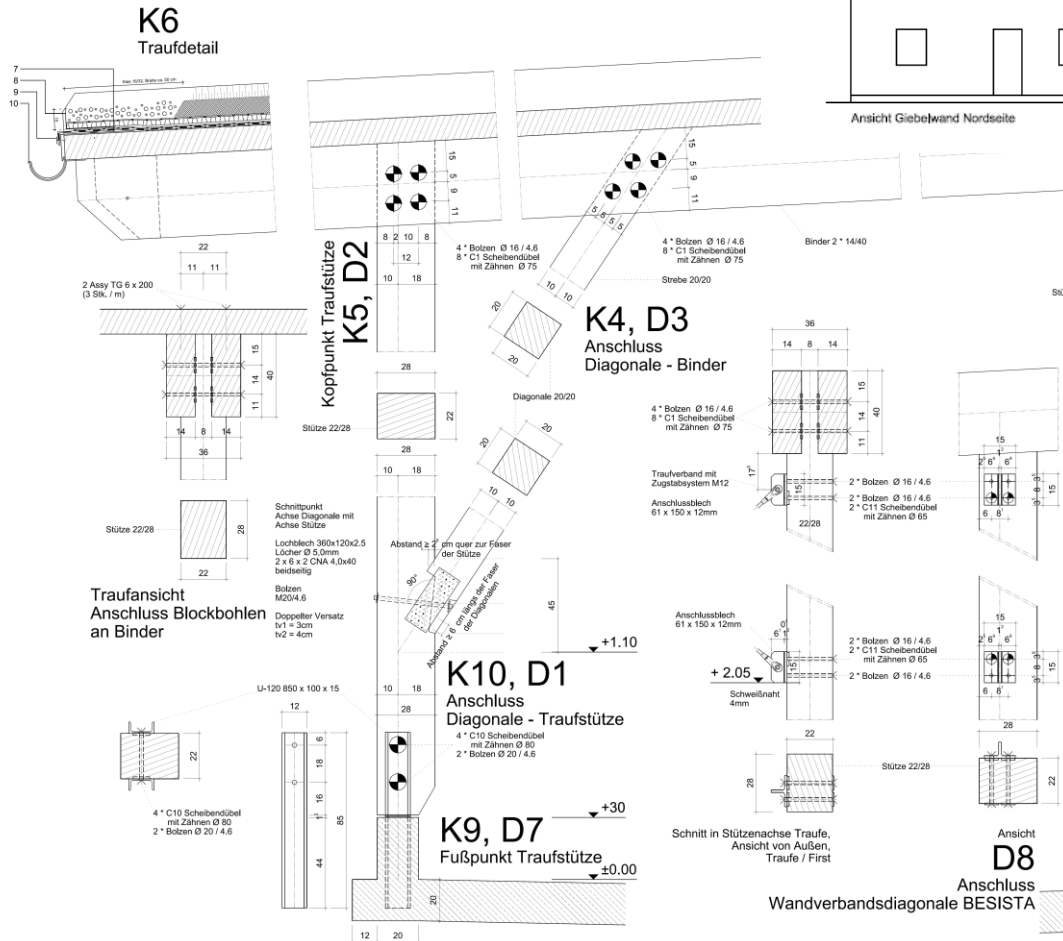
# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit

## Neubauten in ein- | mehrhäusiger Bauweise – Vergleich Investitionsbedarf (2005 | 2006)



## Neubauten in mehrhäusiger Bauweise – Stabtragwerke in Massivholzbauweise

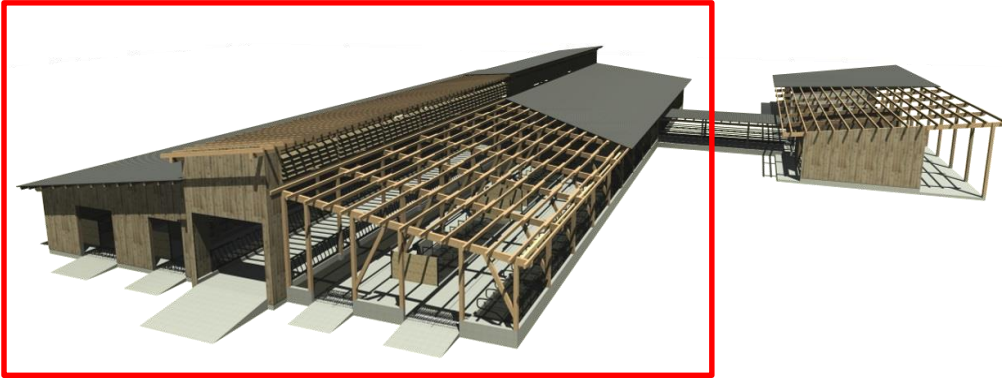
7 Einlaufblech, mech. an Brettstapeldecke befestigt, verschweißt mit 5  
8 Lochblech Kieswinkel, Befestigung nach System Abdichtung  
9 zusätzl. mech. Befestigung Abdichtung  
10 Rinne



|                                                                                       |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|   |                                |
| Projekt: <b>hausbau Luchfeld Gröden</b>                                               |                                |
| Name: <b>Konstruktionstechnik</b>                                                     |                                |
| Autor: <b>Schmitt, Anthonen</b>                                                       | Datum: <b>01.04</b>            |
| Bearb.: <b>Josef Gröden</b><br><small>(Dipl.-Ing. Dr. 0010100000)</small>             | Projekt-Nr.: <b>A10011</b>     |
| Service: <b>TEAM TRAGWERKSPLANUNG</b>                                                 |                                |
|  |                                |
| Adresse: <b>10307 20316, G. Obertal</b>                                               | Telefon: <b>0391 300 10 00</b> |
| E-Mail: <b>info@trgwrk.de</b>                                                         | Internet: <b>1.90</b>          |

# Umweltwirkung

## Holz als nachwachsender Rohstoff



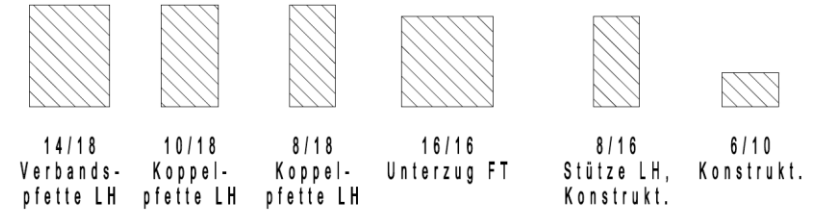
Pilotbetrieb A  
Milchviehstall für 170 Tierplätze

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

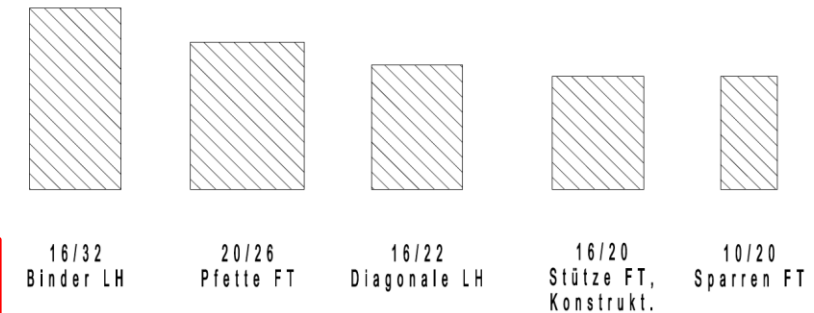
|                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| <b>Gesamt</b>                  | <b>217,00 m<sup>3</sup></b>  |
| <b>Schnittholz / Tierplatz</b> | <b>1,28 m<sup>3</sup>/TP</b> |

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Kantholz                         | 118,10 m <sup>3</sup> |
| Schalung und Latten (Seitenware) | 98,90 m <sup>3</sup>  |

### Kantholz



### Balken



### Bretter

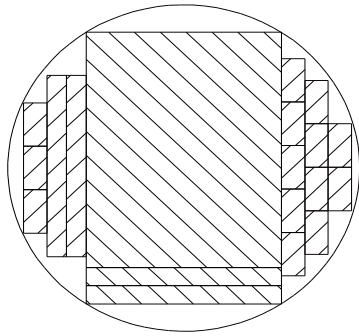


### Latten

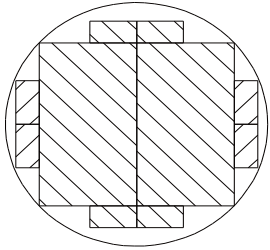


# Umweltwirkung

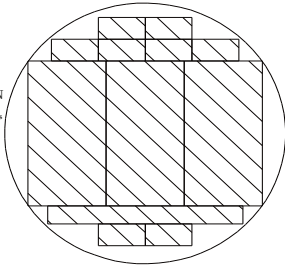
## Holz als nachwachsender Rohstoff



Mindestzopfdurchmesser  
36 cm, einstiellig



Mindestzopfdurchmesser  
27 cm, zweistiellig



Mindestzopfdurchmesser  
28,8 cm, dreistiellig

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

Holzvorrat pro Hektar

ca. 400 fm/ha

217 m<sup>3</sup> Kantholz, Schalung und Lattung entsprechen:

Rundholz

ca. 360 fm\*

**Rundholz**

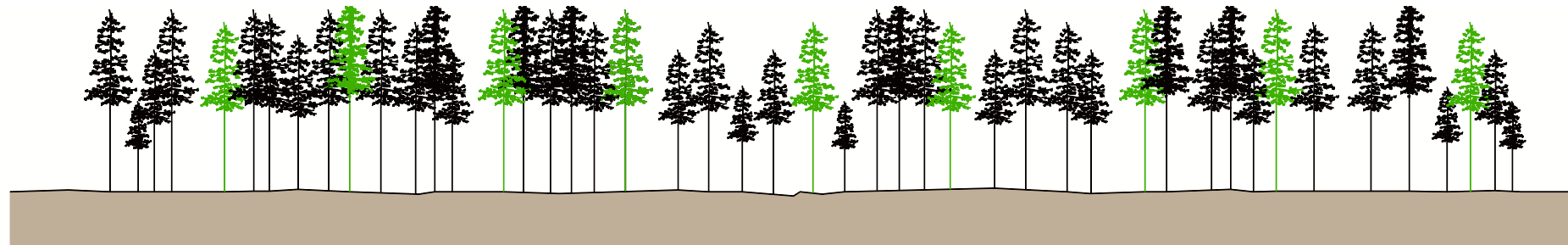
**ca. 445 fm\*\***

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)**

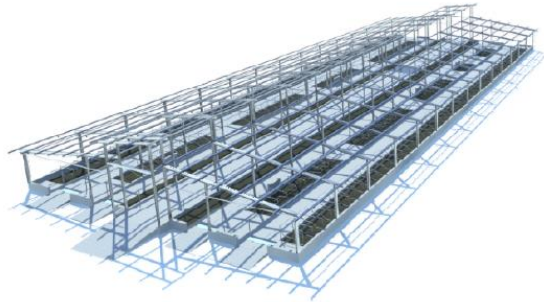
**5,5 ha\*\***

\* bei Gesamtausbeute 60% \*\* bei Gesamtausbeute 50%

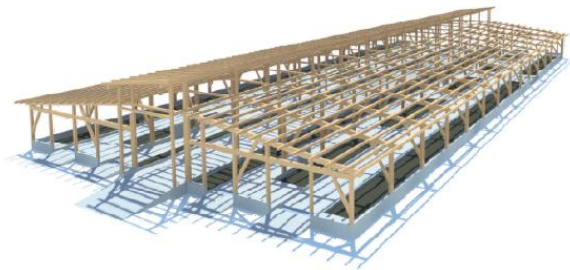


# Umweltwirkung

## Tragwerk in Holz oder Stahl – Vergleich Primärenergiebedarf

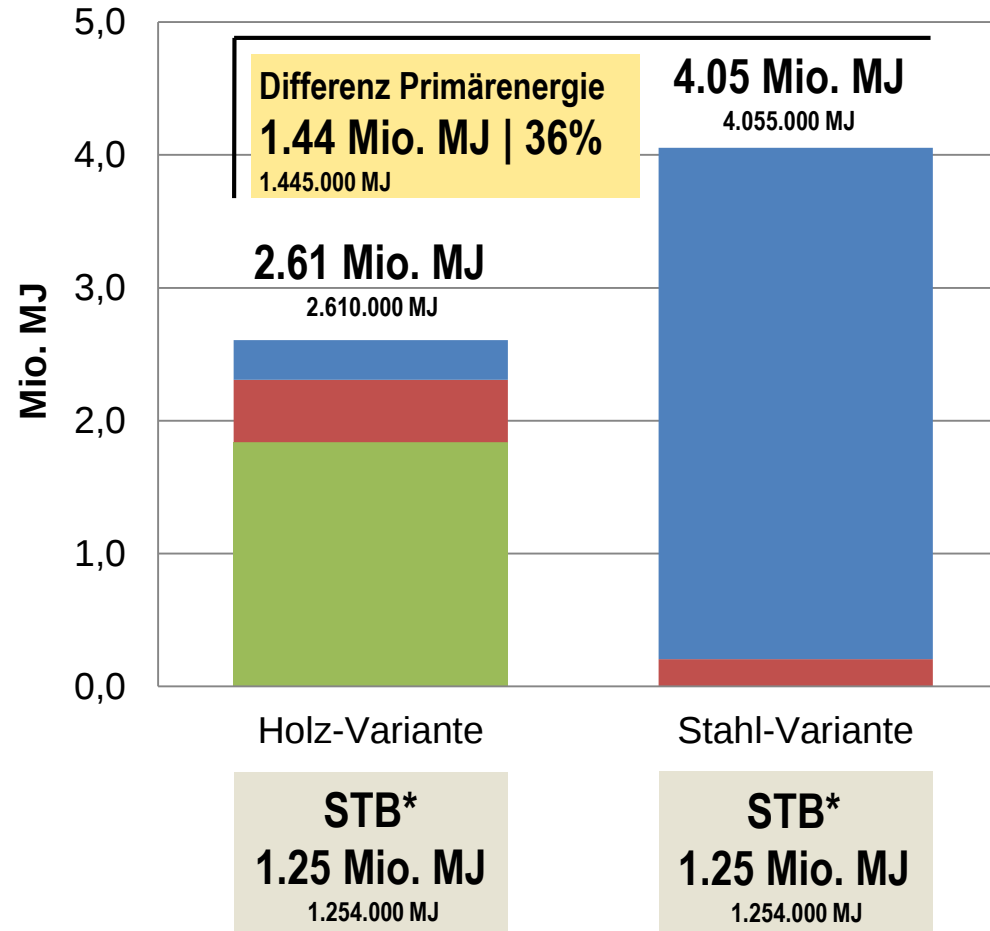


Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

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

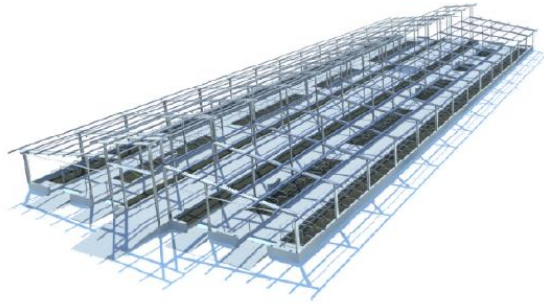


- Primärenergie regenerativ (ohne Holzspeicher)
- im Holz gespeicherte regenerative Primärenergie (Sonnenenergie)

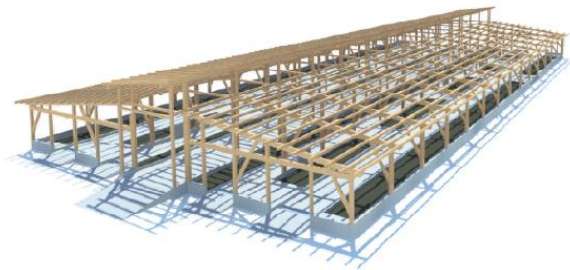
\* STB = Bodenplatte Stahlbeton (inkl. Unterbau)

# Umweltwirkung

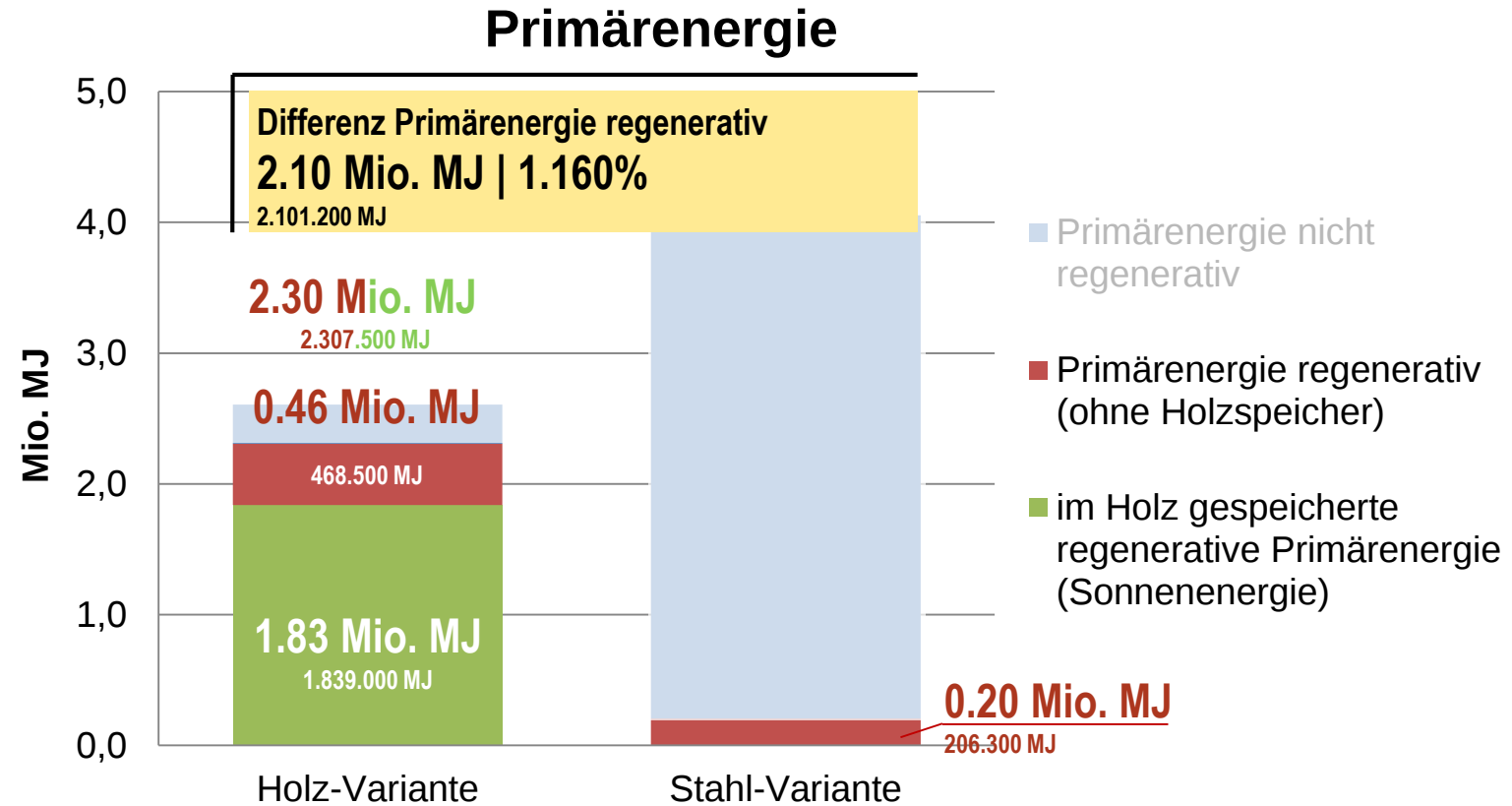
## Tragwerk in Holz oder Stahl – Vergleich Primärenergiebedarf



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl

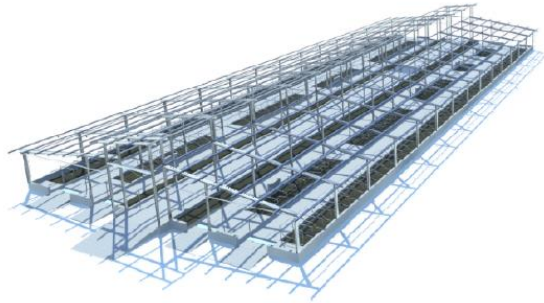


Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

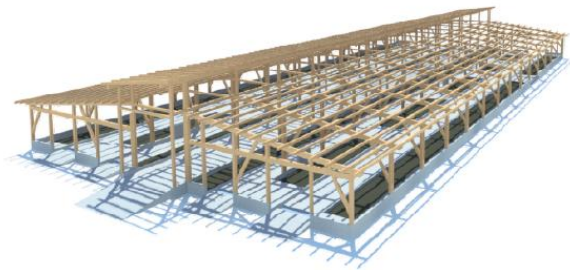


# Umweltwirkung

## Tragwerk in Holz oder Stahl – Vergleich Primärenergiebedarf



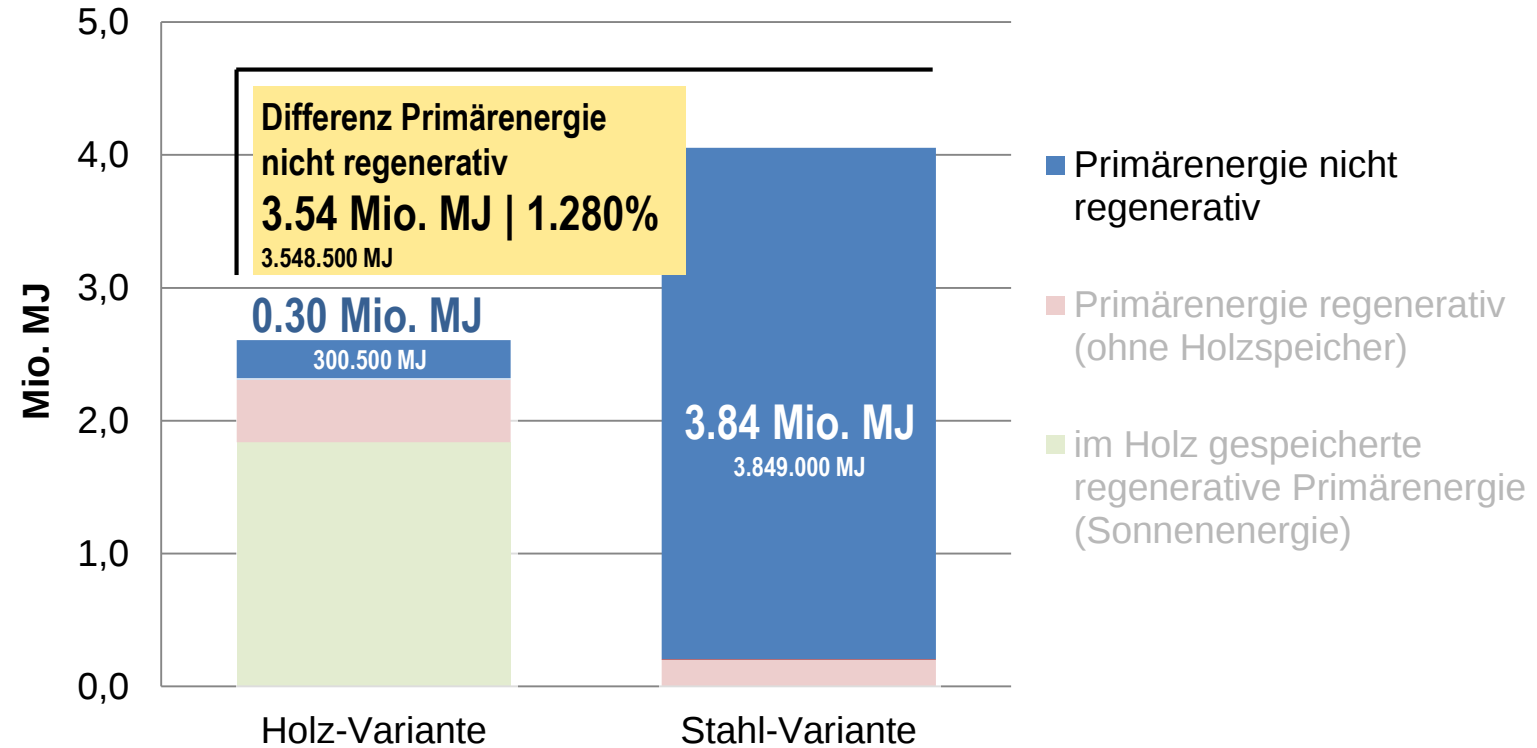
Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

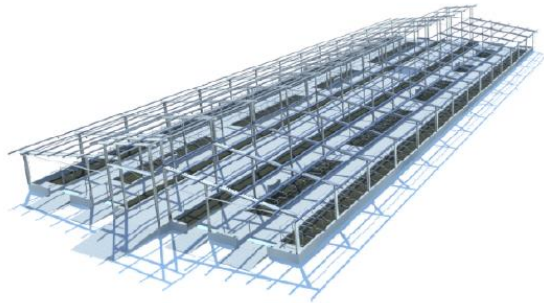


### Primärenergie

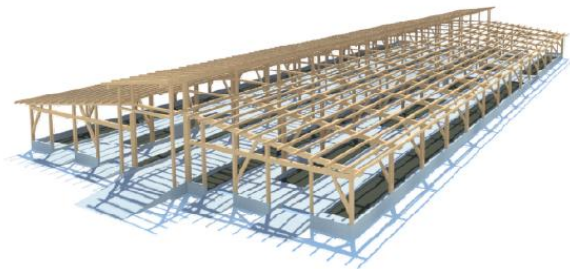


# Umweltwirkung

## Tragwerk in Holz oder Stahl – Vergleich Primärenergiebedarf

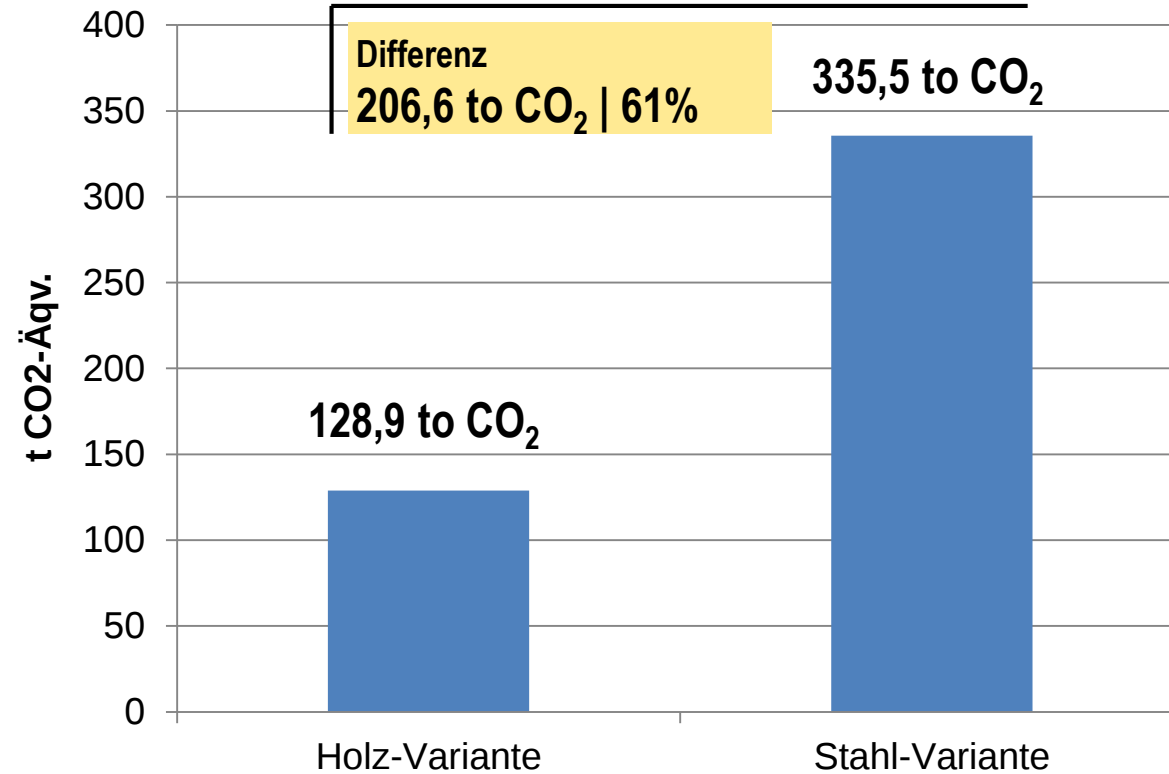


Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

### Treibhauspotenzial



ESP = Einsparpotenzial

# Umweltwirkung | Wirtschaftlichkeit

## Tragwerk in Holz bzw. Stahl – Vergleich Investitionsbedarf

### Kostenvergleich

### Tragwerk in Holz bzw. Stahl

### Pilotbetrieb A

Liegehalle für 170 Milchkühe

### ► Eigenleistung

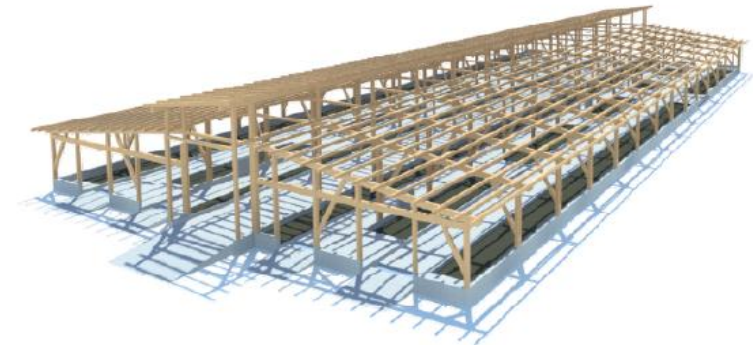
Netto, Stand 2012

|                                              |                |                |
|----------------------------------------------|----------------|----------------|
|                                              |                |                |
|                                              | 113.100        | 158.600        |
|                                              | 134.800        | 120.100        |
|                                              | 27.700         | 36.200         |
|                                              | <b>275.600</b> | <b>314.900</b> |
| EUR /                                        | <b>1.620</b>   | <b>1.850</b>   |
| EUR / m <sup>2</sup> bei 2.256m <sup>2</sup> | <b>122</b>     | <b>140</b>     |

Kostensteigerung 2012 – 2023  
→ **ca. 60%** (Destatis 2023)



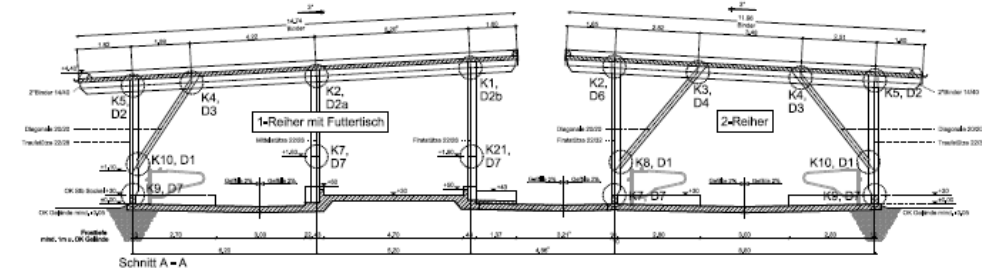
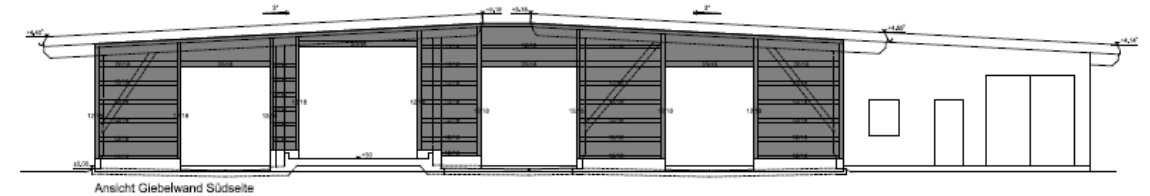
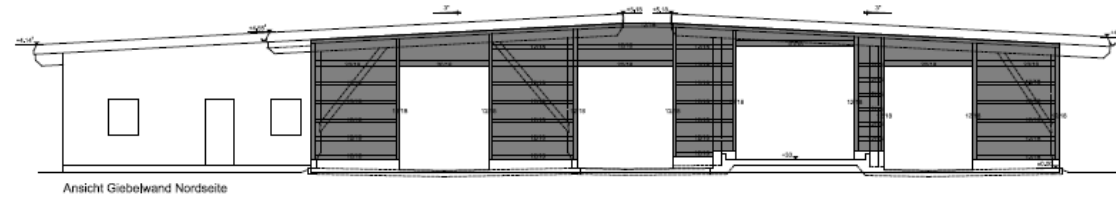
Pilotbetrieb A: Tragwerk in Stahl



Pilotbetrieb A: Tragwerk in Holz

# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit | Umweltwirkung

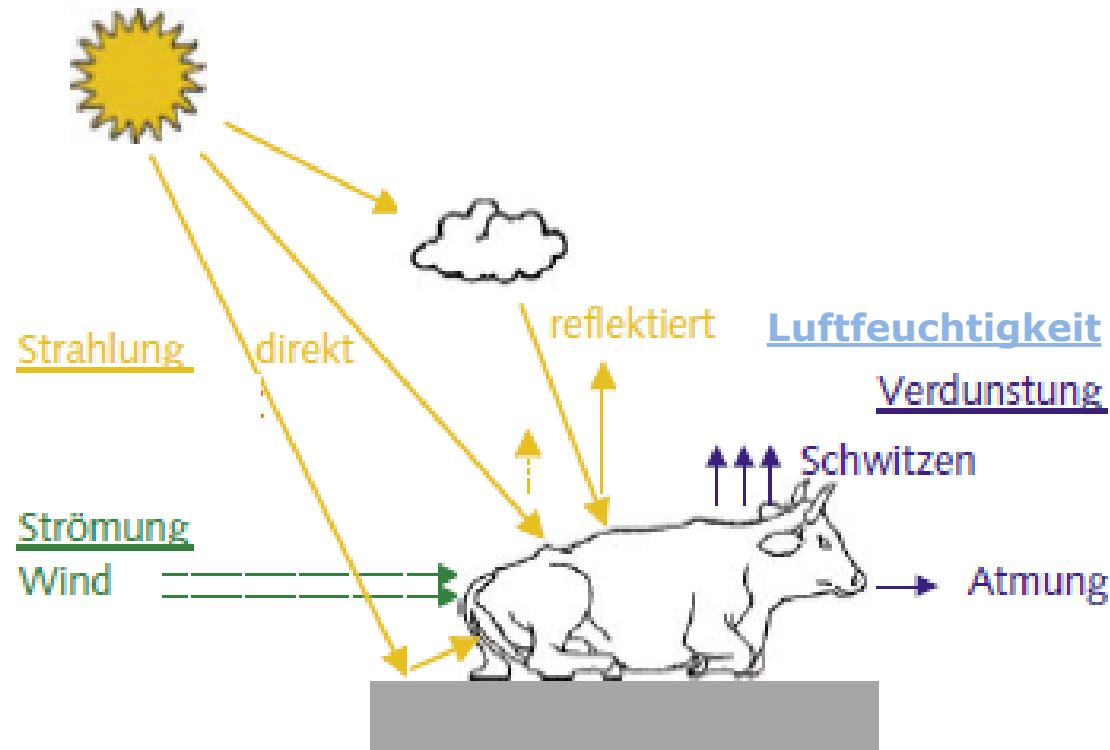
## Neubauten in mehrhäusiger Bauweise – Stabtragwerke in Massivholzbauweise



|                                                                              |  |                           |  |
|------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------|--|
|                                                                              |  |                           |  |
| Projekt: <b>Neubau Laufstall Giebel</b>                                      |  |                           |  |
| Bauart: <b>Konstruktionsplan</b>                                             |  |                           |  |
| Art: <b>Schnitt, Ansichten</b>                                               |  | Maßstab: <b>D1a</b>       |  |
| Gezeichnet: <b>Joachim Giebel</b><br><small>(Gezeichnet: 12.07.2018)</small> |  | Projekt-Nr.: <b>AM151</b> |  |
| Bereit: <b>TEAM</b><br><b>TRAGWERKSPLANUNG</b>                               |  |                           |  |
| Datum: <b>12.07.2018</b>                                                     |  |                           |  |
| Gezeichnet: <b>G. Oberhardt</b>                                              |  | Skala: <b>1:50</b>        |  |
| Geprüft: <b>G. Oberhardt</b>                                                 |  | Skala: <b>1:50</b>        |  |
| Bereit: <b>G. Oberhardt</b>                                                  |  | Skala: <b>1:50</b>        |  |

# Tierwohl

## Bauliche Maßnahmen – sommerlicher Hitzeschutz



Wärmeaustausch bei Rindern  
(nach FAT-Bericht 620, 2004)

### ↓ Globalstrahlung (Solarkonstante)

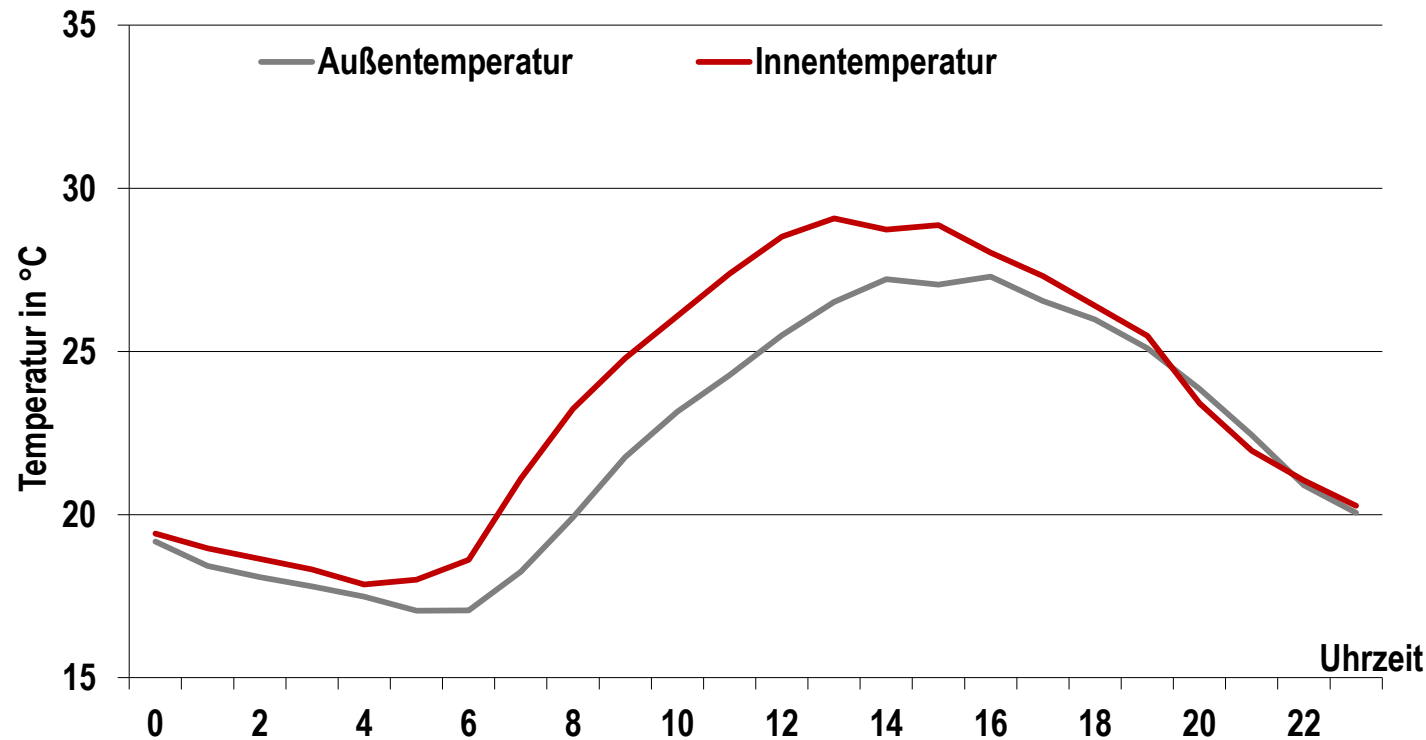
- ▶  $> 1.370 \text{ W / m}^2$
- ▶ direkte / diffuse Strahlung  
elektromagnetische Wellen  
( $0,8 - 800 \mu\text{m}$ )



# Tierwohl

## Bauliche Maßnahmen – sommerlicher Hitzeschutz | Gebäudehülle > Dachaufbau

### Temperaturmessung am Praxisbetrieb G.



Betrieb G.  
mittlerer  
Temperaturverlauf  
vom  
20.-25.06.2005  
mittlere  
Luftbewegung am  
Curtain ~ 1 m/s  
über gesamten  
Messzeitraum

Quelle:  
Mačuhová et.al,  
Lfl Schriftenreihe, 2008

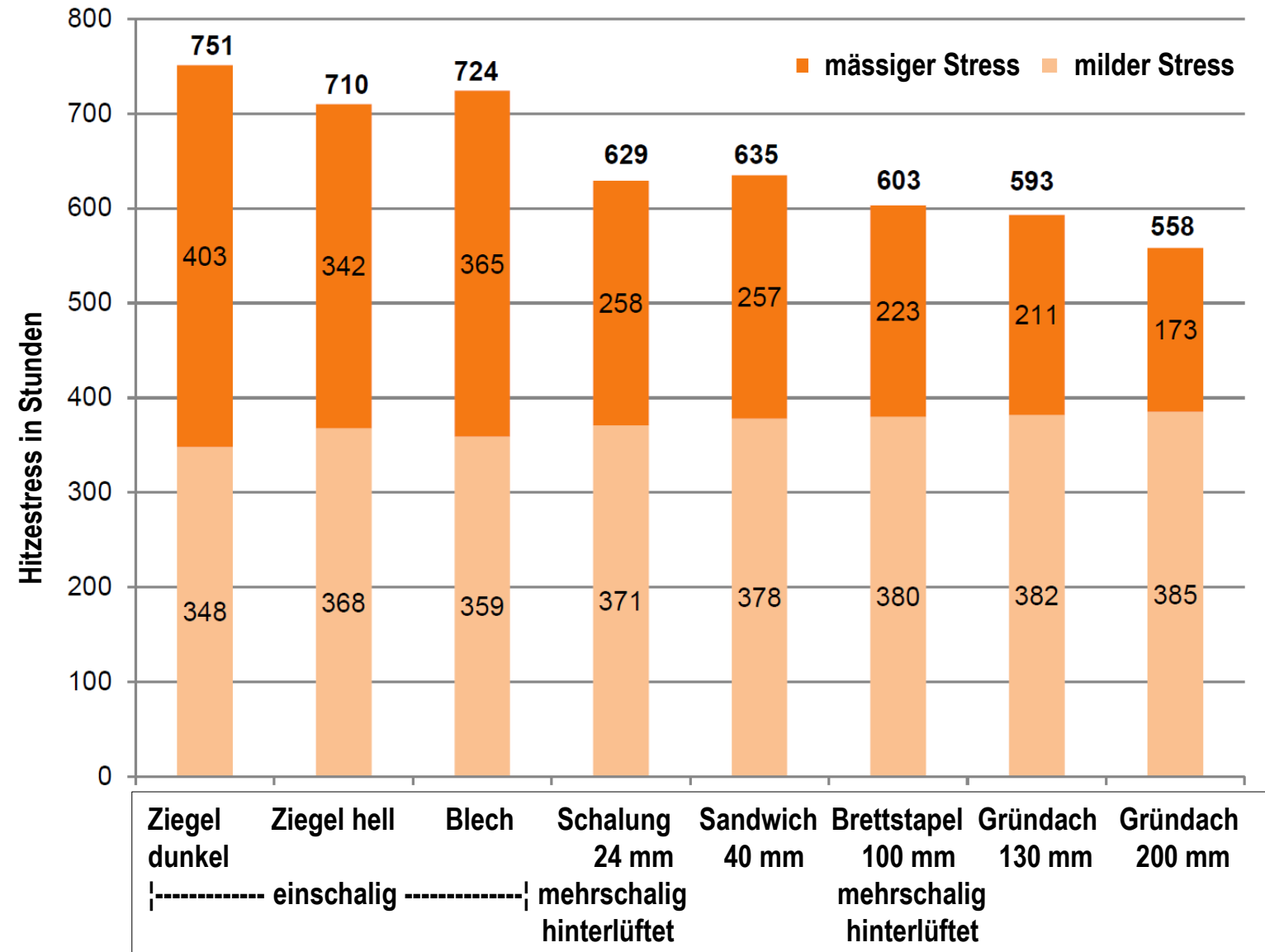
Bauphysikalische Eigenschaften von Baustoffen (Wärmedurchgang | Wärmespeicherung)

| Material                            | Rohdichte<br>$\rho$<br>[kg / m <sup>3</sup> ] | Wärmeleitfähigkeit<br>$\lambda$<br>[W / m·K] | Spez. Wärmekapazität<br>$c$<br>[kJ / kg·K] | Wärme-eindringkoeffizient<br>$b$<br>[kJ / m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> K] | Wärmespeicherzahl<br>$S = c \cdot \rho$<br>[kJ / m <sup>3</sup> ·K] |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Stahlbeton                          | 2.400                                         | 2,10                                         | 1,00                                       | 142                                                                          | 2.400                                                               |
| Sand / Kies                         | 1.800                                         | 0,70                                         | 1,00                                       | 70                                                                           | 1.800                                                               |
| <b>Holz (Fichte, Kiefer, Tanne)</b> | <b>600</b>                                    | <b>0,14</b>                                  | <b>1,60</b>                                | <b>26</b>                                                                    | <b>960</b>                                                          |
| Holzwolle-Leichtbauplatten          | 420                                           | 0,093                                        | 1,70                                       | 18                                                                           | 714                                                                 |
| <b>Polystyrol</b>                   | <b>15-30</b>                                  | <b>0,040</b>                                 | <b>1,45</b>                                | <b>2,2</b>                                                                   | <b>21-44</b>                                                        |
| <b>PU-Schaum</b>                    | <b>≥30</b>                                    | <b>0,035</b>                                 | <b>1,40</b>                                | <b>2,5</b>                                                                   | <b>45</b>                                                           |
| Mineralfaser-Dämmplatten            | 10-200                                        | 0,040                                        | 1,00                                       | 3,6                                                                          | 10-200                                                              |
| Aluminium                           | 2.700                                         | 200,00                                       | 0,80                                       | 1310                                                                         | 2.160                                                               |
| Stahl                               | 7.800                                         | 60,00                                        | 0,40                                       | 860                                                                          | 3.120                                                               |
| Wasser                              | 1.000                                         | 0,58                                         | 4,20                                       | 98                                                                           | 4.200                                                               |

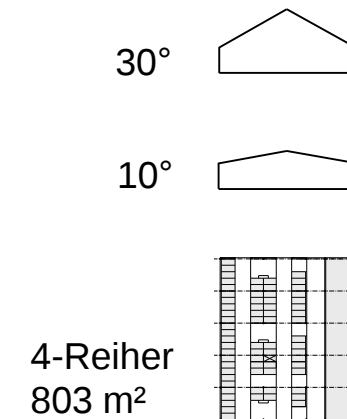
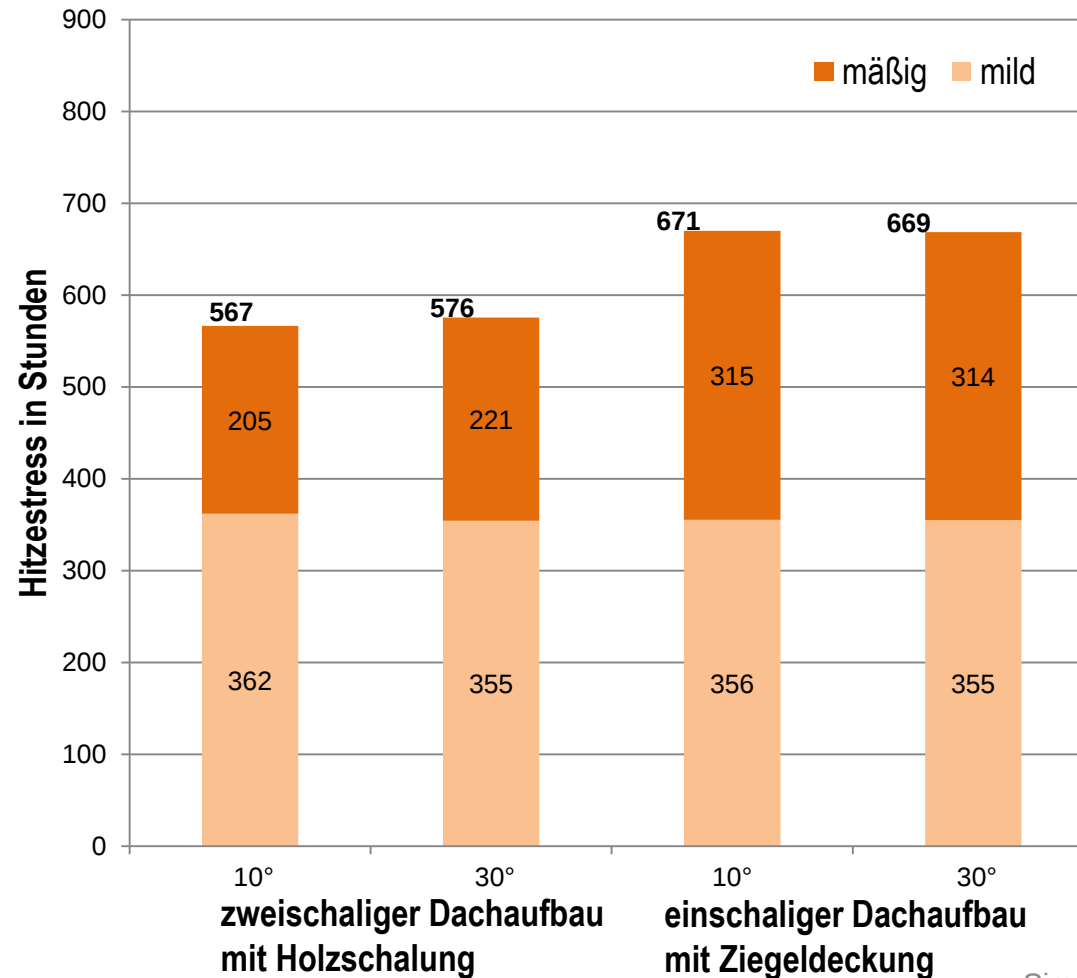
(Quelle: W. Pistol, 2007)

# Tierwohl

## Bauliche Maßnahmen – sommerlicher Hitzeschutz | Gebäudehülle > Dachaufbau



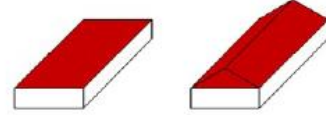
- Dachneigung, Gebäudeluftvolumen  
(Mittelwerte über beide Orientierungen)



- offene Trauffassade
- kein Dachüberstand
- Sonnenschutz über Reduktionsfaktor

# Tierwohl | Wirtschaftlichkeit

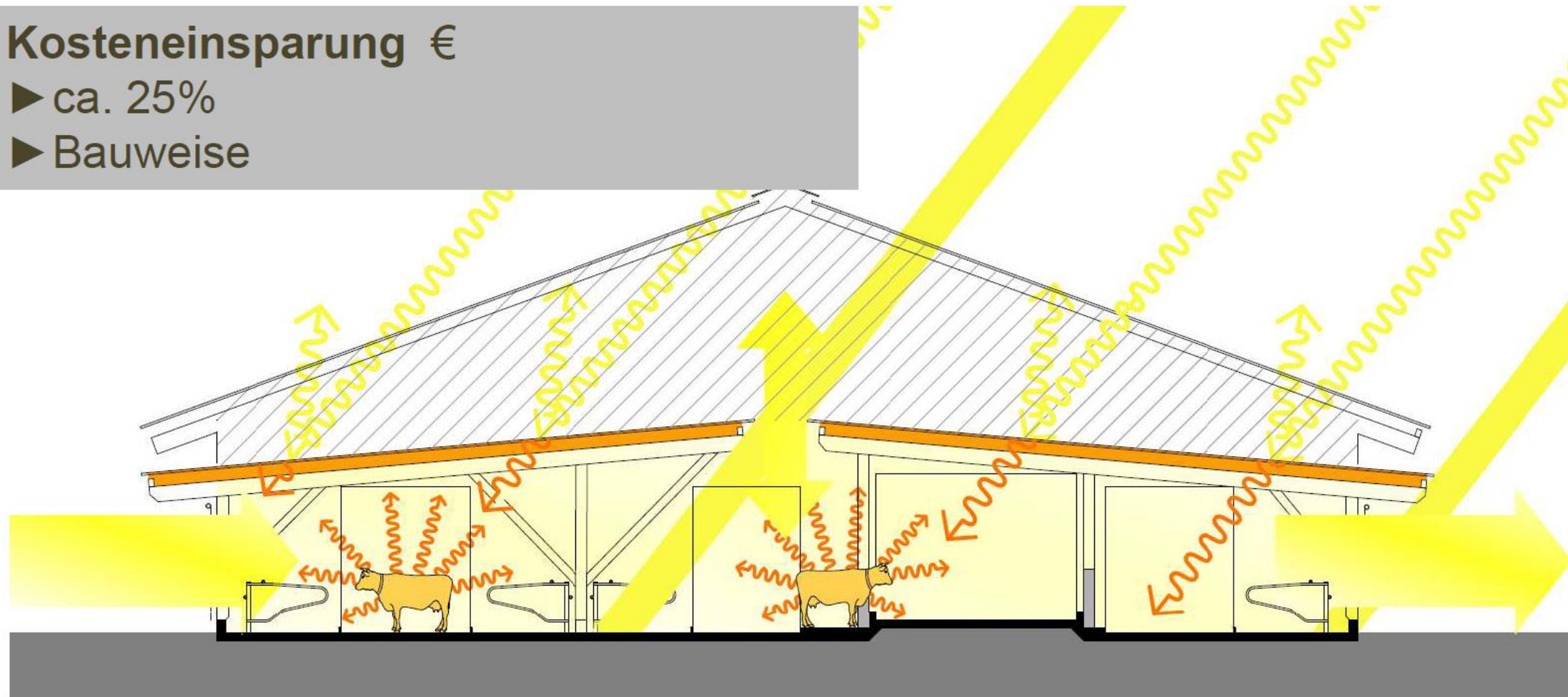
## Bauliche Maßnahmen – sommerlicher Hitzeschutz | Bauvolumen



Kosteneinsparung €

► ca. 25%

► Bauweise



# Schlusswort



Vielen  
Dank

