



proHolz Austria

1

## Ressourceneffizienz im Holzbau

Donnerstag, 20. Oktober 2022

Univ.-Prof. Stephan Birk, Technische Universität München  
Lehrstuhl für Architektur und Holzbau, Mitglied der TUM.wood-Gruppe

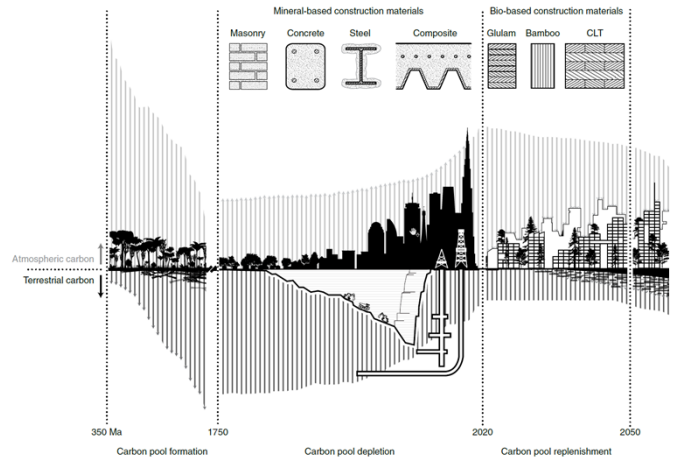
Ausgangsthese und Handlungsrahmen  
Forschungsprojekt STABU  
Forschungsprojekt HOLZHYBRID  
Einordnung und Fazit

proHolz Austria

2

### Ausgangsthese

Um das 1.5 Grad-Ziel des Pariser Abkommens aus dem Jahr 2015 in Reichweite zu halten, bedarf es einer **disruptiven Veränderung des Bauwesens**. Die Umsetzung kann durch eine **kreislauffeffektive Bauweise mit Holz** gelingen. Dies bedeutet u.a., wo immer es möglich ist, sind energieaufwändig hergestellte Bauprodukte durch **biobasierte Baustoffe** zu substituieren, Entwurf und Konstruktion von Gebäuden sind **ressourceneffizient und kreislauffähig** zu entwickeln.

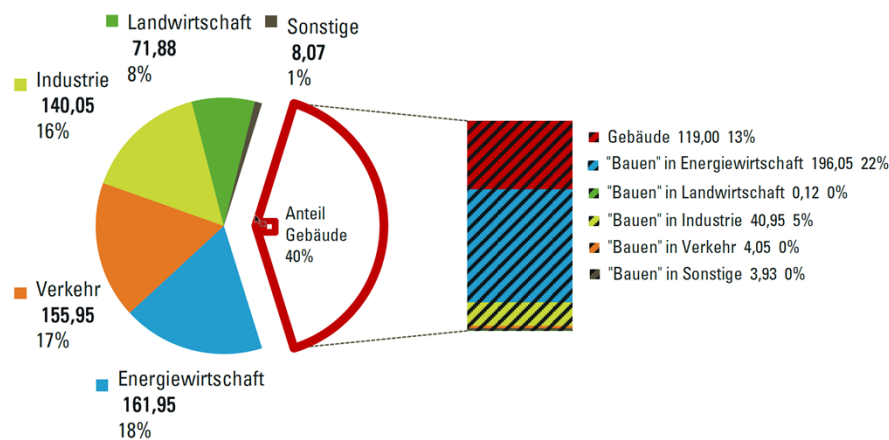


Quelle Abbildung: Churkina, G. et al. (2020) Buildings as a global carbon sink, nature

3

### Anteil Gebäudesektor...

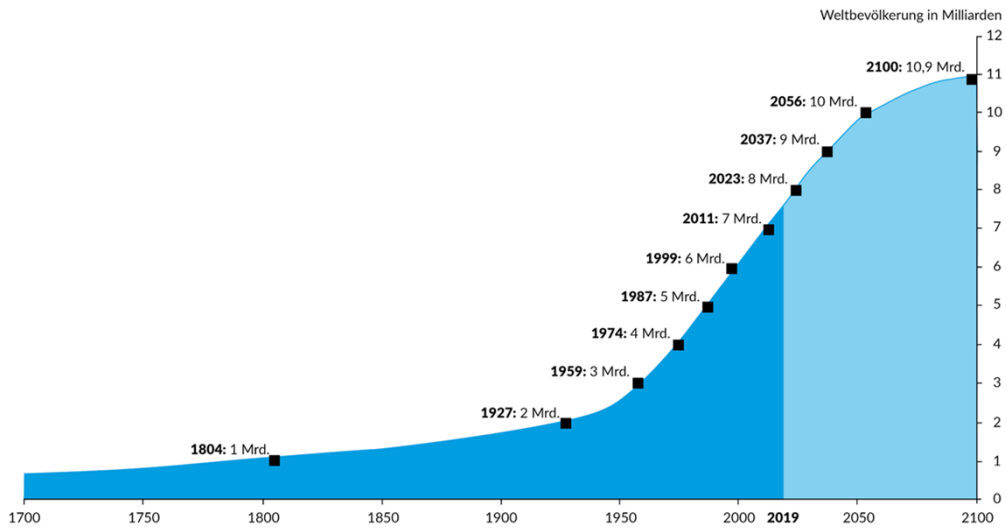
- Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>) 40%
- Primärrohstoffverbrauch 50%
- Primärenergieverbrauch 50%
- Festmüllaufkommen 36%



THG-Emissionen in Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalent - Σ 902,0 | Quelle: BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2020

4

## Bevölkerungsentwicklung



Quelle: Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (DSW) / Vereinte Nationen (2019) World Population Prospects

5

## Potential Holz

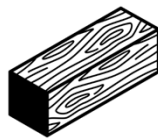
### Waldspeicher



Nachhaltig bewirtschafteter Wald

CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung 46% bei Biomassenzuwachs; Quellenwirkung bei Biomassenabnahme

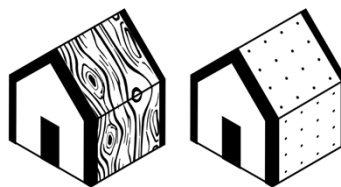
### Produktspeicher



Holzprodukte

CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung 2% verzögerte Freisetzung von biogenem Kohlenstoff

### Stoffliche Substitution



Holzprodukte

CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung 24% Ersatz energieaufwändig hergestellter Bauprodukte (Bereitstellung und Verbrauch)

### Energetische Substitution



Holzprodukte

CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung 28% Vermeidung fossiler Emissionen: Verbrennung des nachwachsenden Rohstoffs Holz

Quelle der Wirkungsanteile in %: Bauhus, J. et al. (2017) Beiträge der Forst- und Holzwirtschaft zum Klimaschutz. AFZ-Der Wald 3/2017

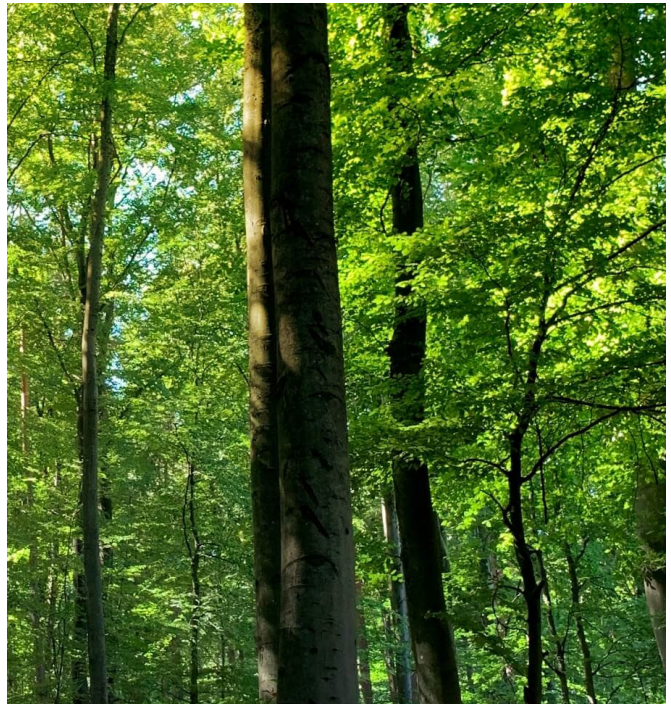
6

## Anforderungen Wald

Der Wald spielt in unserem Klimasystem eine bedeutende Rolle als...

- **Ökosystem** für den Erhalt der **Biodiversität**
- **Kohlenstoffspeicher** und CO<sub>2</sub>-Senke
- **Naherholungsraum**
- **Rohstofflieferant** für Bauwesen und Energiesektor

→ Es bedarf einer **ganzheitlichen Betrachtung** der Waldbewirtschaftung sowie der nachhaltigen forstwirtschaftlichen Nutzung!



7

## Potential Holz

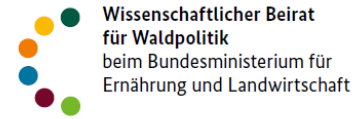
Holz und Holzwerkstoffe sind hervorragend geeignet, eine wesentliche Rolle bei der Bauwende zu spielen. Der Holzbau hat seit der Jahrtausendwende eine entscheidende Entwicklung vollzogen. **Wir haben das Wissen, die Technik, das Regelwerk und die Ressourcen, mehrgeschossig, sicher und langlebig mit Holz zu bauen.**

→ Bei steigender Holzbauquote besteht die Notwendigkeit der **kaskadischen Nutzung** und eines **ressourcenoptimierten Einsatzes** des Materials!



8

## Wald: Anpassung an Klimawandel



Gutachten Wiss. Beirat für Waldpolitik (D):  
Handlungsempfehlungen (für 13 Handlungsfelder)  
wesentliche Einflussmöglichkeiten zur  
**Aufrechterhaltung und Verbesserung** der  
Bereitstellung der **Ökosystemleistungen des  
Waldes im Klimawandel**.

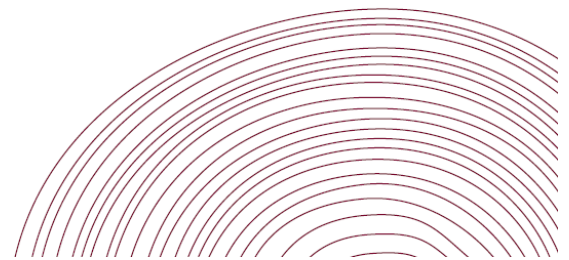
## Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel

Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik

Oktober 2021

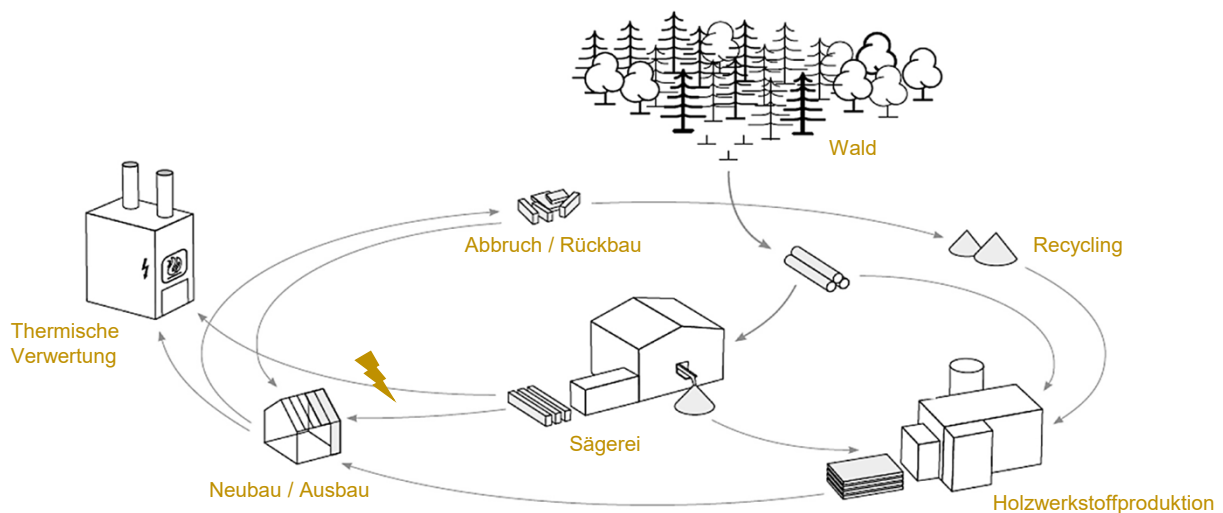
Eine der Empfehlungen ist es, nachhaltige  
Holzverwendung fördern:

»**Steigerung der Holzbauquote** durch sofortige  
Umsetzung von möglichst zahlreichen Holzbauten im  
mehrgeschossigen Wohn-, sowie im Gewerbe-, Büro-  
und Industriebau bis 2050 ist eine **aktive  
Klimaschutzleistung durch stoffliche Substitution  
und Erhöhung des Kohlenstoffspeichers**«



9

## Materialkreislauf: Wald, Holz und Energie



Quelle: Holzforschung München (2010)

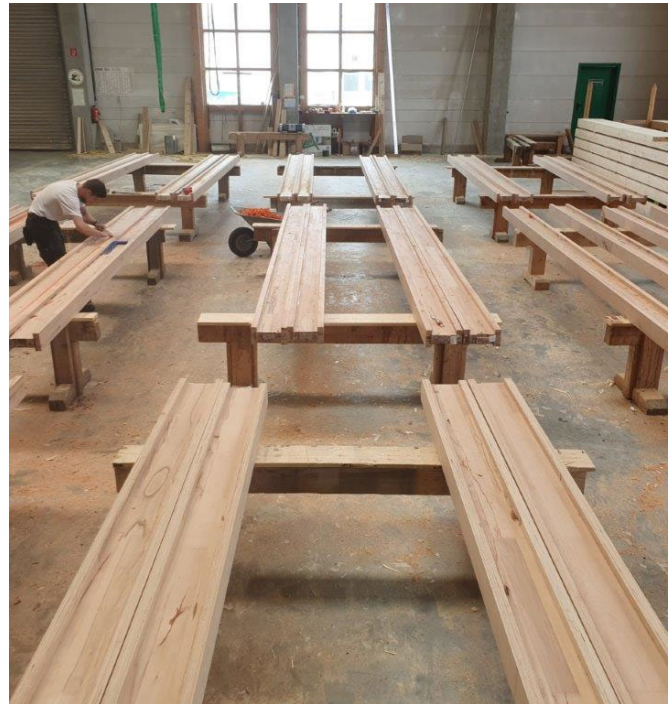
10

STABU

## Standardisierte Buchenholz-Hybridträger großer Spannweite (STABU)

Fördergeberin:  
FNR – Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe

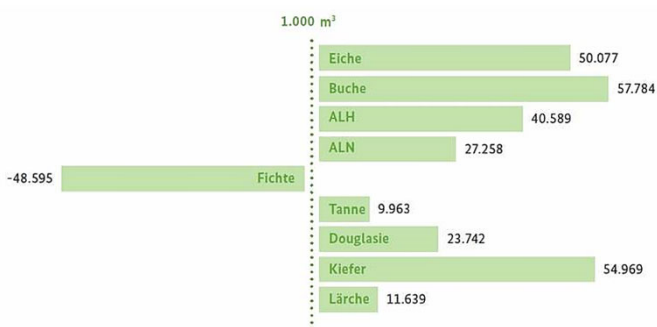
Steigerungspotential von Produktspeicher und stofflicher Substitution durch Buchenholzprodukte niedriger Holzqualität, 2018-21



Graf J., Birk S. et al.

11

## Veränderung Wälder



Veränderung Holzvorrat  
2002-12



Heutige  
Waldgeneration

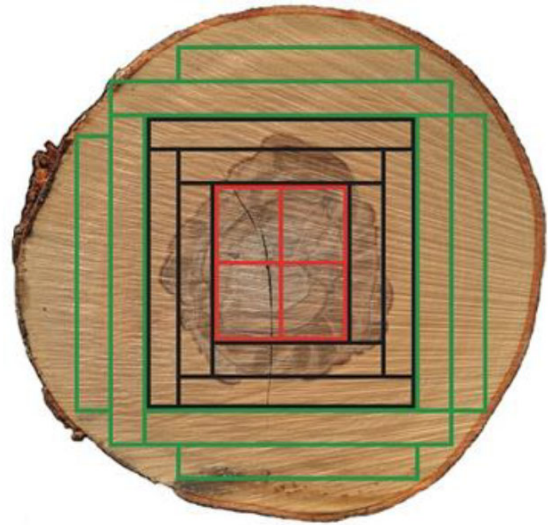
Zukünftige  
Waldgeneration

Quelle: Deutscher Holzwirtschaftsrat (DWHR)

12

## Buchenholz

- GRÜN: Splintholz, gute Qualitäten
- SCHWARZ: schlechtere Qualitäten  
Festigkeit beeinflussende Merkmale: u.a.  
Rotkern, Risse, Fehlstellen, Fauläste, Markröhre  
mit welligem Verlauf
- ROT: Kernholz, Verwendung als Lagerhölzer oder  
thermische Verwertung



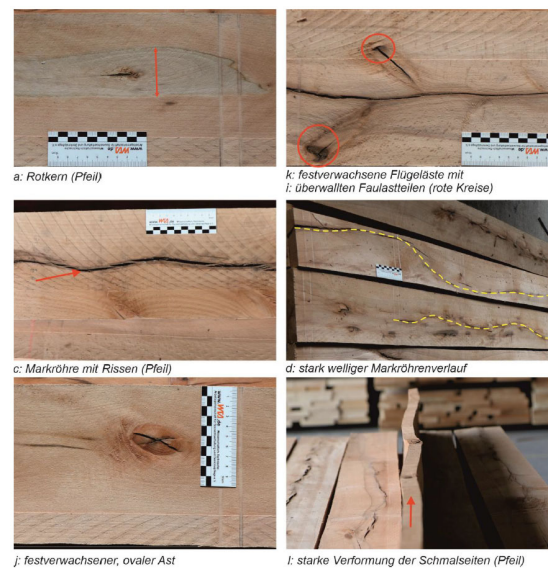
Prinzip Blockbandsägeneinschnitt

13

## Buchenholz niedriger Qualität (Buche nQ)



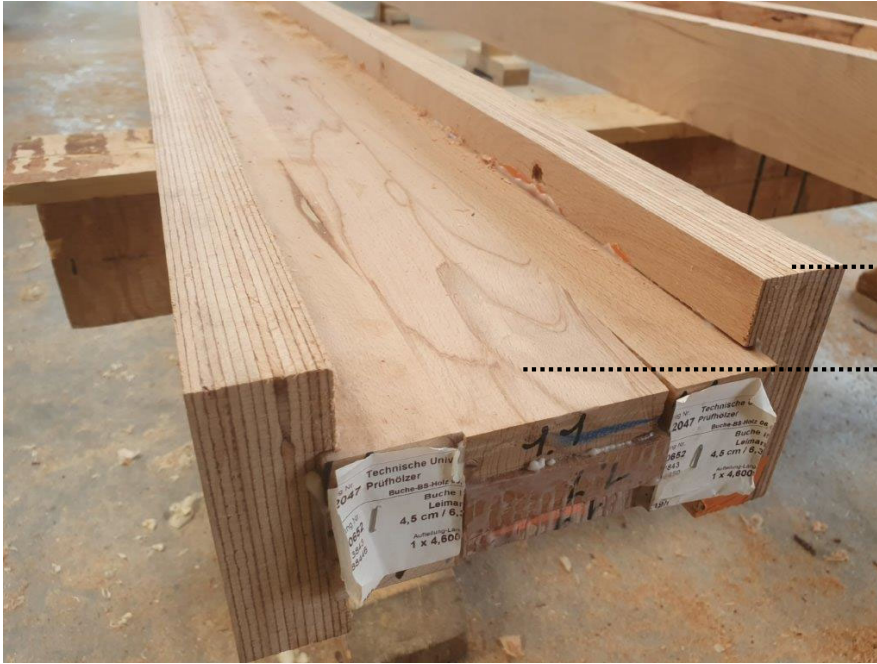
Brettstapel aus Buchenstammneren (Verwertungsrest) produzierten Rohware



Übersicht typische Merkmale von Brettern aus dem Stammneren

14

STABU



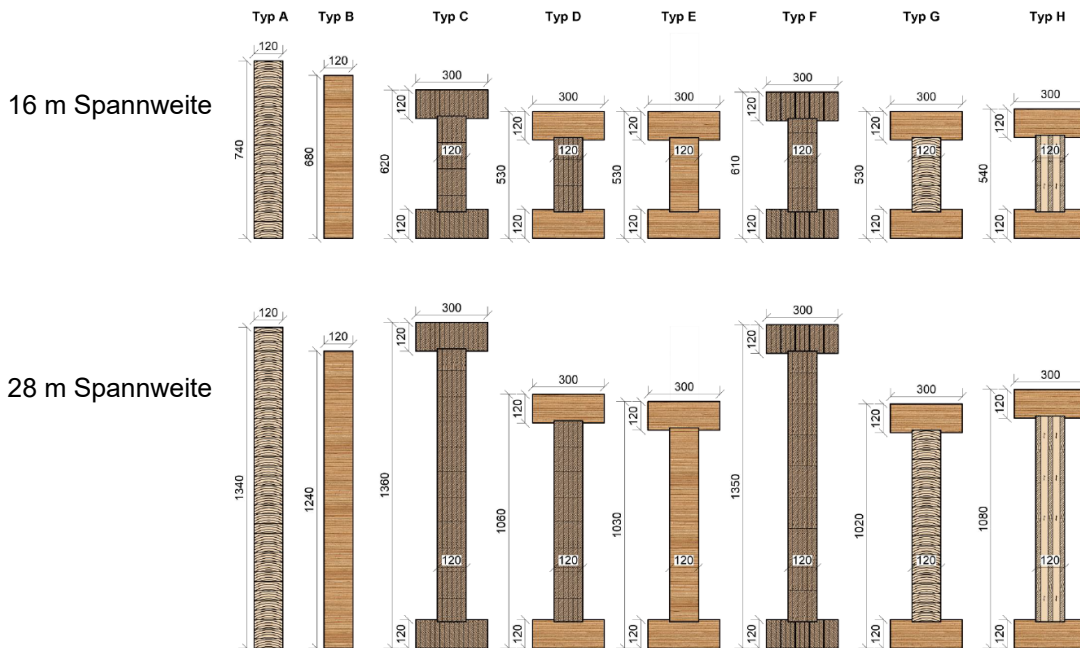
Flansch:  
Buchenfurnierschichtholz

Steg: Bretter aus  
Buche nQ

Graf J., Birk S. et al.

15

I-förmige Buchenholzhybridträger



Graf J., Birk S. et al., Vergleichende Übersicht I-Träger: 16 m Spannweite (oben) und 28 m Spannweite (unten), Achsabstand 1.5 m

16



### STABU

Trägerart	30,00 m
Spannweite	4,50 m
Umfeldträger	1,00 m
Trägerhöhe	30 cm
Flächenbreite	

Deckenbau	50 mm
Isolierung	24 mm
Blattstärke	200 mm
Deckenplatte	160 mm

In den Zeichnungen dargestellt: Träger Typ D

Graf J., Birk S. et al., Werkhalle mit 16 m Spannweite



17

### STABU

Trägerart	30,00 m
Spannweite	1,00 m
Umfeldträger	1,00 m
Trägerhöhe	30 cm
Flächenbreite	

Deckenbau	50 mm
Isolierung	24 mm
Blattstärke	200 mm
Deckenplatte	160 mm

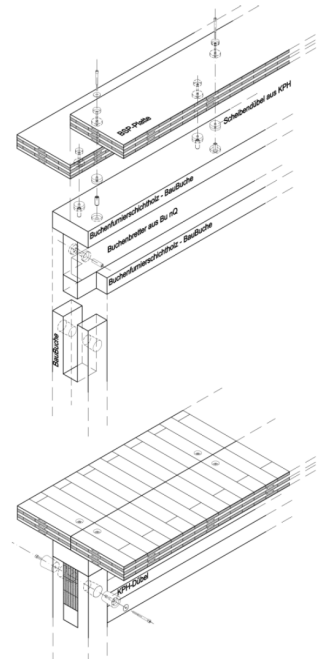
In den Zeichnungen dargestellt: Träger Typ D

Graf J., Birk S. et al., Sporthalle mit 28 m Spannweite



18


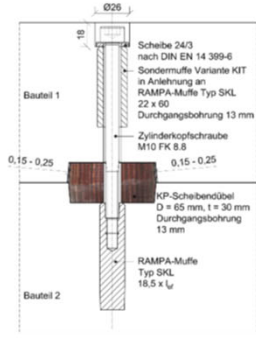
STABU



Graf J., Birk S. et al., Reversible Einzelbauteile eines I-profilierten Trägers mit Anschluss an Stützen

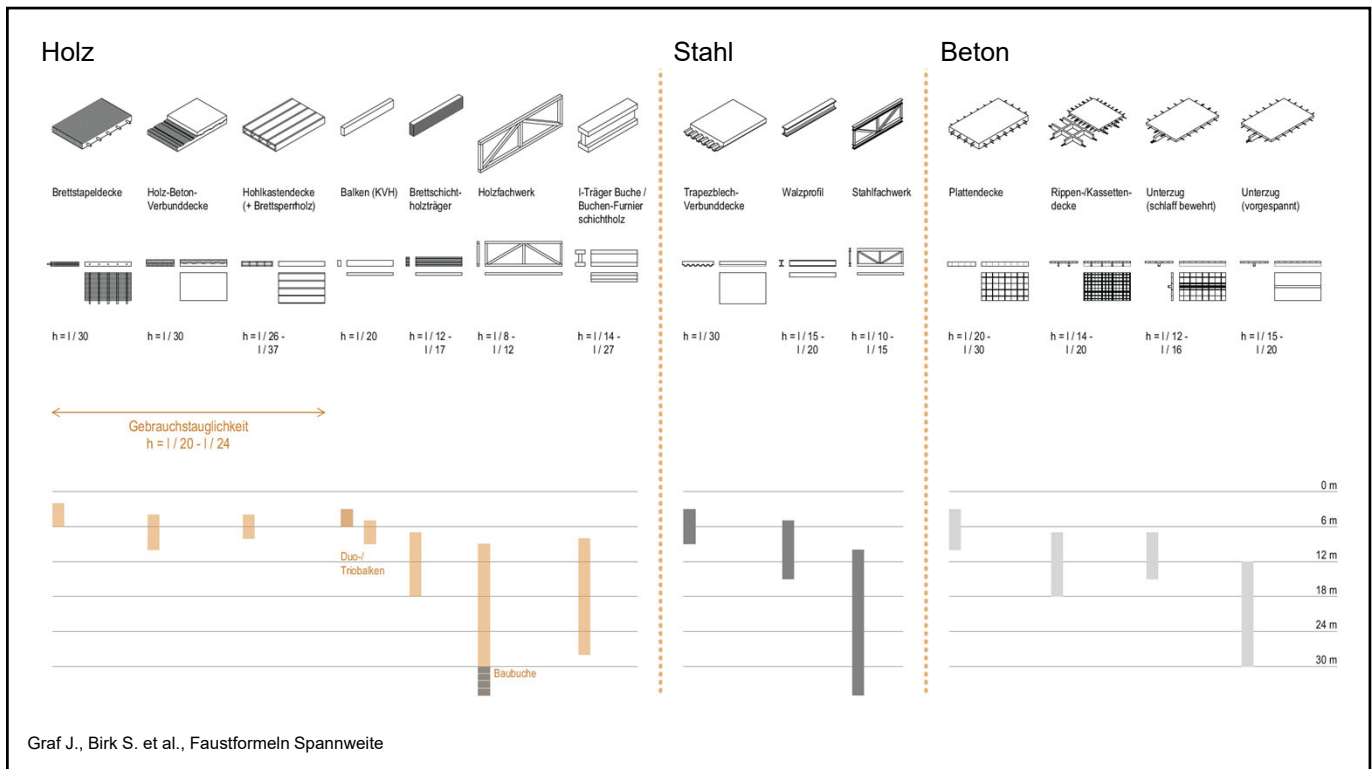
19

STABU

Bauwerk Bauelemente	Verbindung Bauelemente	Verbindung Kraftübertragung	Verbindung Reversibilität	Verbindung Bemessungswerte
<p>Werkhalle (Bild 1)</p> <p>Haupttragwerk: Hauptträger / Dachplatte</p> <p>Hauptträger: I-profilierter Holzträger (Einfeldträger)</p> <p>Dachplatte: Brettsper Holz 5-lagig (Einfeldplatten)</p>	<p>Verbindung Hauptträger / Dachplatte</p> <p>Dachplatte (Bauteil 1) Faserrichtung horizontal</p> <p>I-profilierter Dachträger (Bauteil 2) Faserrichtung horizontal</p>	 <p>KP-Scheibendübel</p> <p>Hersteller: DEUTSCHE HOLZVEREDELUNG Schmeing GmbH &amp; Co. KG Würdinghauser Straße 53 57399 Kirchhundem</p>	 <p>Scheibe 24/3 nach DIN EN 14 399-6 Sondermuffe Variante KIT in Anlehnung an RAMPA-Muffe Typ SKL 22 x 60 Durchgangsbohrung 13 mm</p> <p>Zylinderkopfschraube M10 FK 8.8</p> <p>KP-Scheibendübel D = 65 mm, l = 30 mm Durchgangsbohrung 13 mm</p> <p>RAMPA-Muffe Typ SKL 18,5 x L<sub>r</sub></p>	<p>KP-Scheibendübel: F<sub>V,k</sub> = <b>25 kN</b> in Kombination mit: Bauteil 1 / Bauteil 2: Brettsper Holz / BauBuche (Obergurt Hauptträger)</p> <p>Verschiebungsmodul: Mittelwert aus Bauteil 1: K<sub>ser</sub> = 15,2 KN/mm (Nadelholz / Nadelholz) und Bauteil 2: K<sub>ser</sub> = 28,7 KN/mm (BauBuche / BauBuche)</p> <p>Verschiebungsmodul Verbindung K<sub>ser</sub> = <b>21,95 KN/mm</b></p>
L = 30,80 m	Material Bauteil 1 Brettsper Holz C 24	Typ: Dehonit BE 335-1	Zylinderkopfschraube M10 GK 8.8	
B = 16,80 m	Material Bauteil 2 BauBuche GL 75	Ø 65 mm Höhe 2 x 15 = 30 mm	Bauteil 1: Sondermuffe RAMPA (Einschraubmutter) SKL 22 x 60 Durchgangsbohrung 13 mm	
H = 8,50 m		Anlauf oben / unten 5°	Durchgangsbohrung 13 mm	
Trägerabstand 4,50 m Trägerhöhe 960 mm		Durchgangsbohrung 13 mm		
Dachplattenhöhe 160 mm		Toleranz in Bauteil 1: 0,3 – 0,5 mm	Bauteil 2: RAMPA Muffe SKL 18,5 x 40	

Graf J., Birk S. et al., Materialpass: Wissenspeicher für Rückbau und Wiederverwendung

20



21

**Kreislauffektivität**

Wirkungsvolle Maßnahmen, die ein Wirtschaften in Kreisläufen fördern und einen Beitrag zur Ressourceneffizienz leisten:

- Langlebigkeit
- Nutzungsflexible Geschosebenen und -höhen
- Elementierung von Bauteilen
- Standardisierung von Bauteilen und -elementen
- Reversibilität von Anschlüssen
- Formschlüssige Verbindungen
- Material- und Gebäudepässe
- kreislaufgerechte Planungsbedingungen

→ **Kreislauffähigkeit auf fünf Ebenen: Gebäude, Bauteil, -element, Komponente, Material**

Gebäude, Bauteil, Bauelement, Komponente, Material

Abb.: Graf J., Birk S. et al.

22

## HOLZHYBRID

## Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen (HOLZHYBRID)

Fördergeberin:  
FNR – Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe

Kreislaueffektives Raumgerüst für die Nutzungen  
Parken, Wohnen und Arbeiten, 2019-22

Graf J., Birk S. et al.



23

## HOLZHYBRID

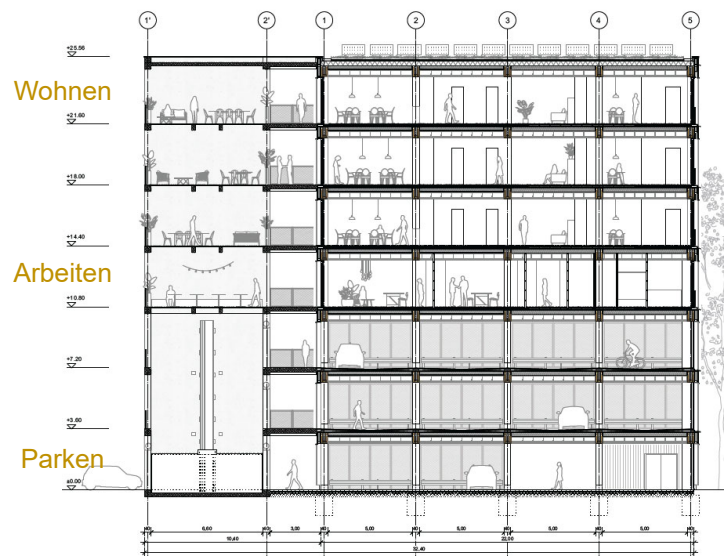
## Beteiligte

- Projektleitung und reversibles Tragwerk: AG Graf, TUK
- Kreislaufgerechte Architektur: AG Birk, TUK/ TUM
- Lösbare Holzverbindungsmittel: AG Blaß, KIT
- BIM/ Dig. Zwilling: AG Sadegh-Azar, TUK
- Brand- und Schallschutz: AG Winter, TUM
- TGA und Energetik: AG Auer, TUM
- Ökobilanzierung: AG Pauliuk, UNI FR
- Forstwissenschaft: AG Spiecker, UNI FR

## Festgelegte Rahmenbedingungen

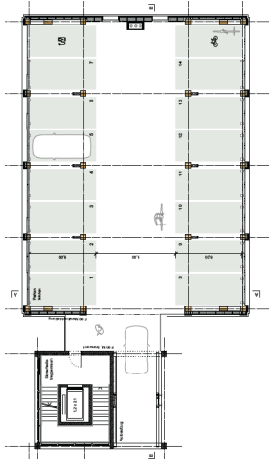
- Innerstädtischer Baustein, erweiterbar
- Gebäudeklasse 5, Nutzungseinheit  $\leq 400\text{qm}$
- Ausbaustufen: Parken, Arbeiten, Wohnen
- Exemplarischer Typ: 3+1+3
- Vertikalerschließung Autos: Aufzug
- Reale Planungsanforderungen (D):  
Regelwerk, Normen, Richtlinien
- Maximale Kreislauffähigkeit

Graf J., Birk S. et al.



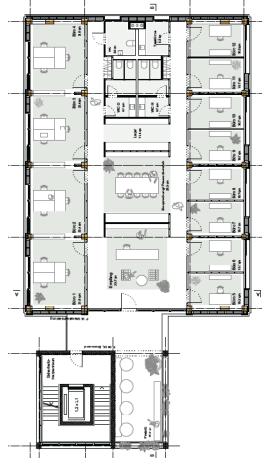
24

## HOLZHYBRID



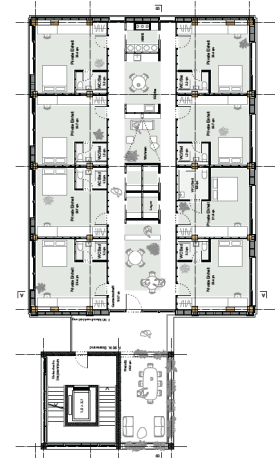
### PARKEN

Vertikalerschließung: mit Autoaufzug  
 Gebäudehülle: nicht thermisch, Anprallschutz  
 Bodenaufbau: CPC-Platte (Wasserführung)  
 Innenausbau: keiner  
 TGA: gering, dezentrale Schächte



### ARBEITEN

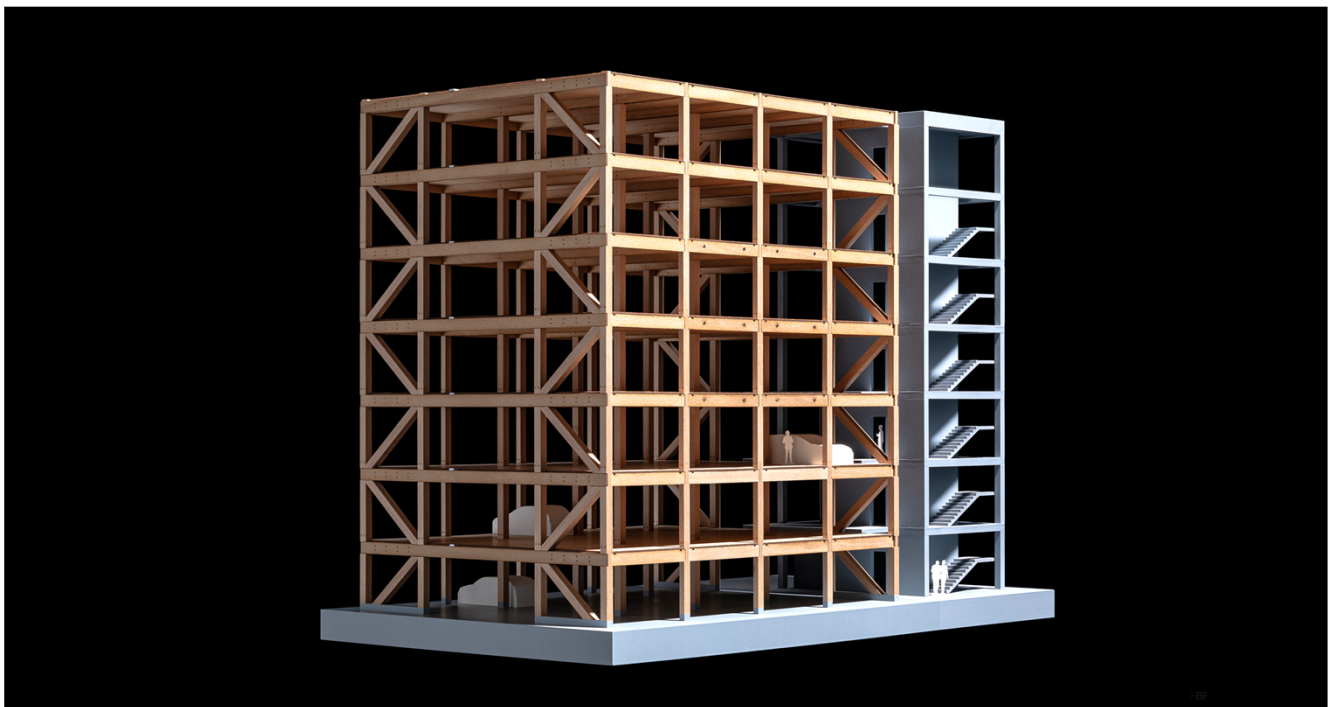
Vertikalerschließung: ohne Autoaufzug  
 Gebäudehülle: thermisch  
 Bodenaufbau: Trittschall, Lehm, Belag  
 Innenausbau: flexibel  
 TGA: dezentrale Schächte belegt



### WOHNEN

Vertikalerschließung: ohne Autoaufzug  
 Gebäudehülle: thermisch  
 Bodenaufbau: Trittschall, Lehm, Belag  
 Innenausbau: flexibel  
 TGA: dezentrale Schächte belegt

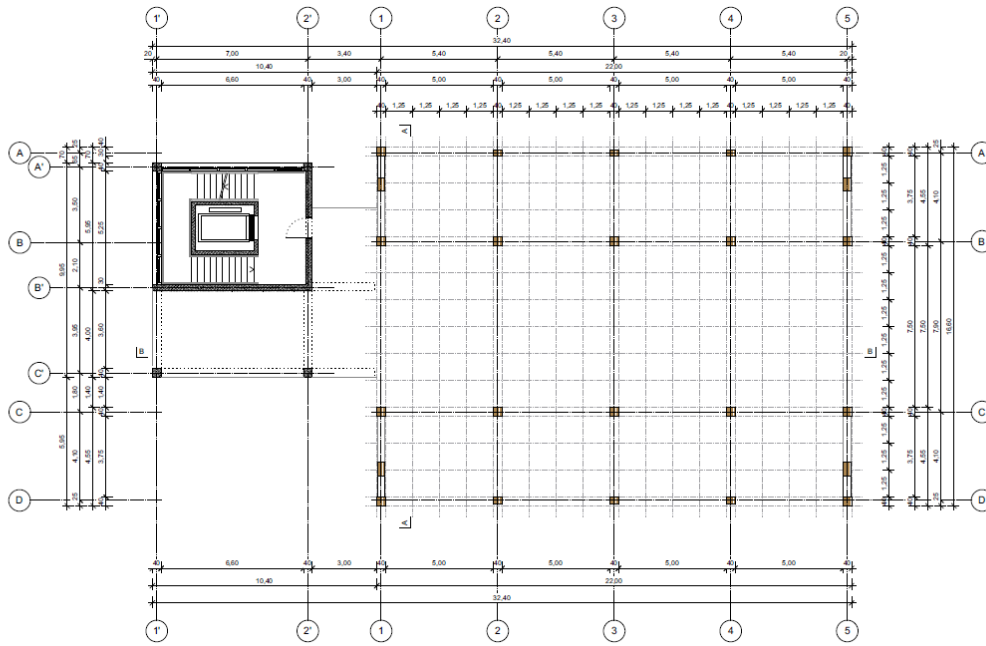
25



Graf J., Birk S. et al., Raumgerüst aus Holz mit maximaler Nutzungsflexibilität

26

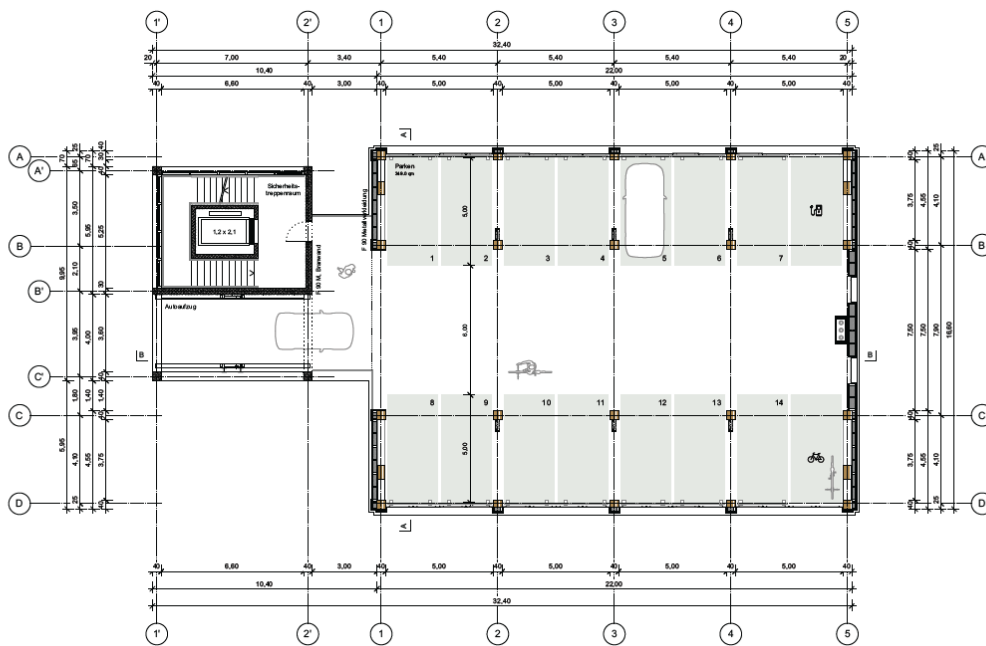
HOLZHYBRID



Graf J., Birk S. et al., Raumgerüst aus Holz mit maximaler Nutzungsflexibilität

27

HOLZHYBRID



Graf J., Birk S. et al., Nutzungsflexibilität: Ausbaustufe Parken

28



Graf J., Birk S. et al., Nutzungsflexibilität: Ausbaustufe Parken

29

HOLZHYBRID



Graf J., Birk S. et al., Nutzungsflexibilität: Ausbaustufe Arbeiten

30







Graf J., Birk S. et al., Nutzungsflexibilität: Ausbaustufe Wohnen

33



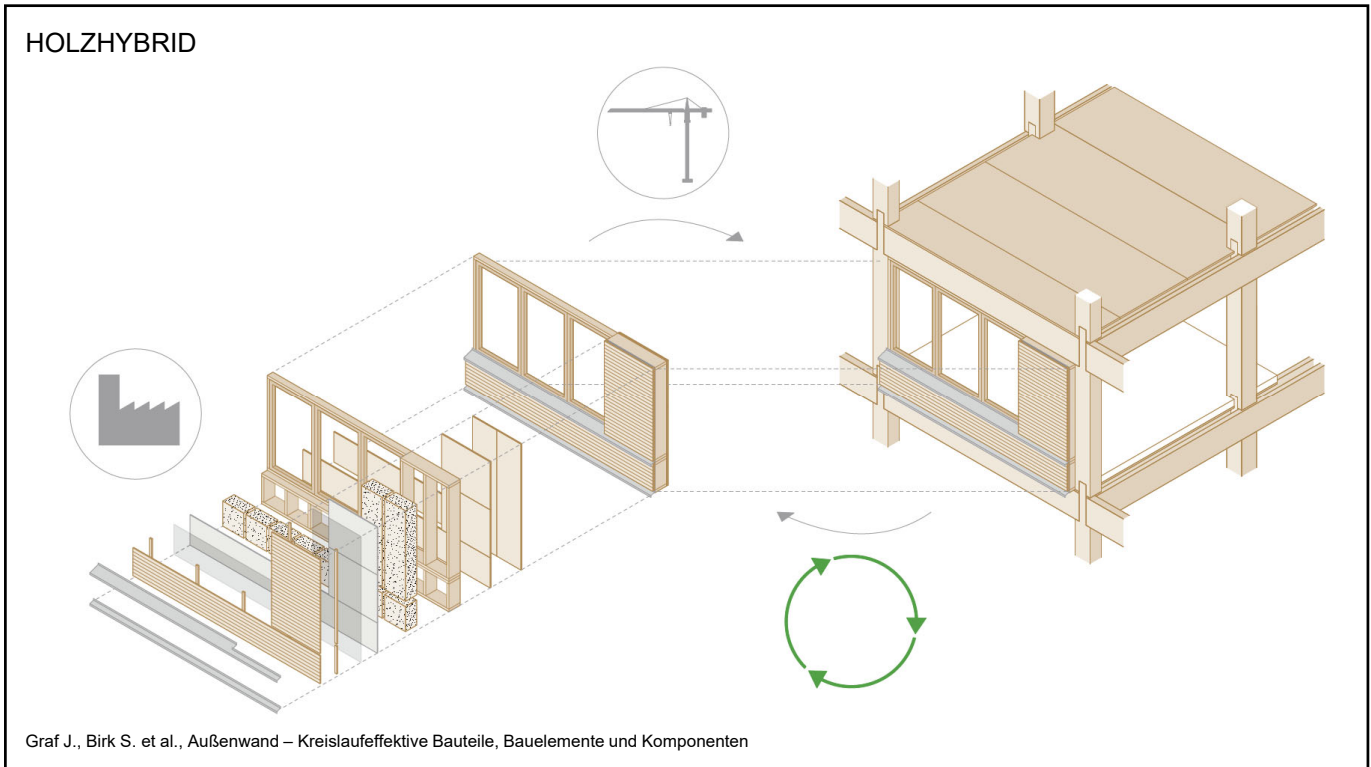
Graf J., Birk S. et al., Kreislauffeffektive Bauteile (Tragwerk)

34



Graf J., Birk S. et al., Hohlkastendecke, Zangen, Stütze – Reversible Verbindung

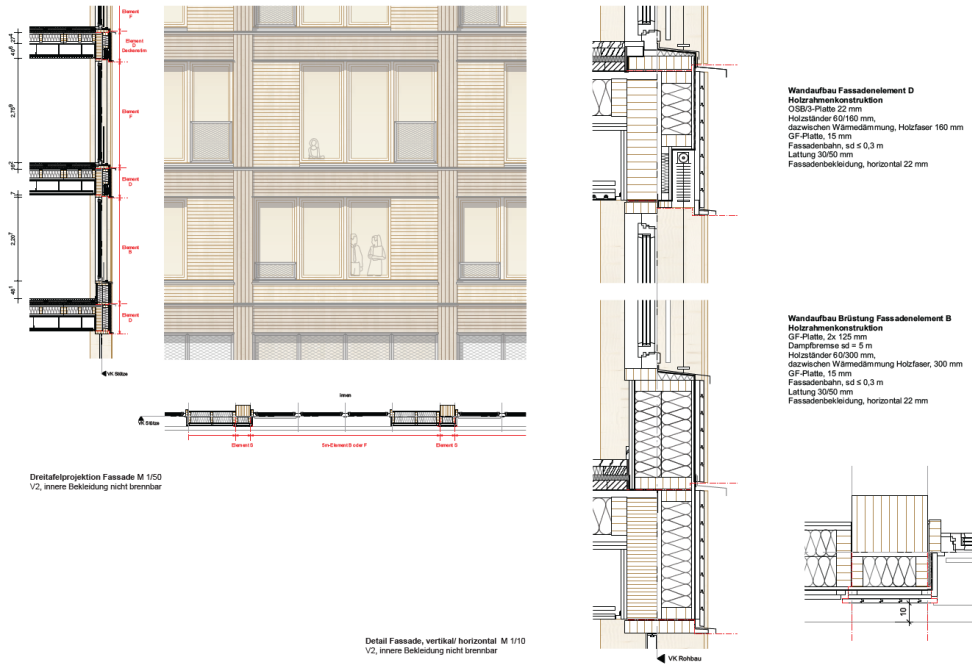
35



Graf J., Birk S. et al., Außenwand – Kreislauffeffektive Bauteile, Bauelemente und Komponenten

36

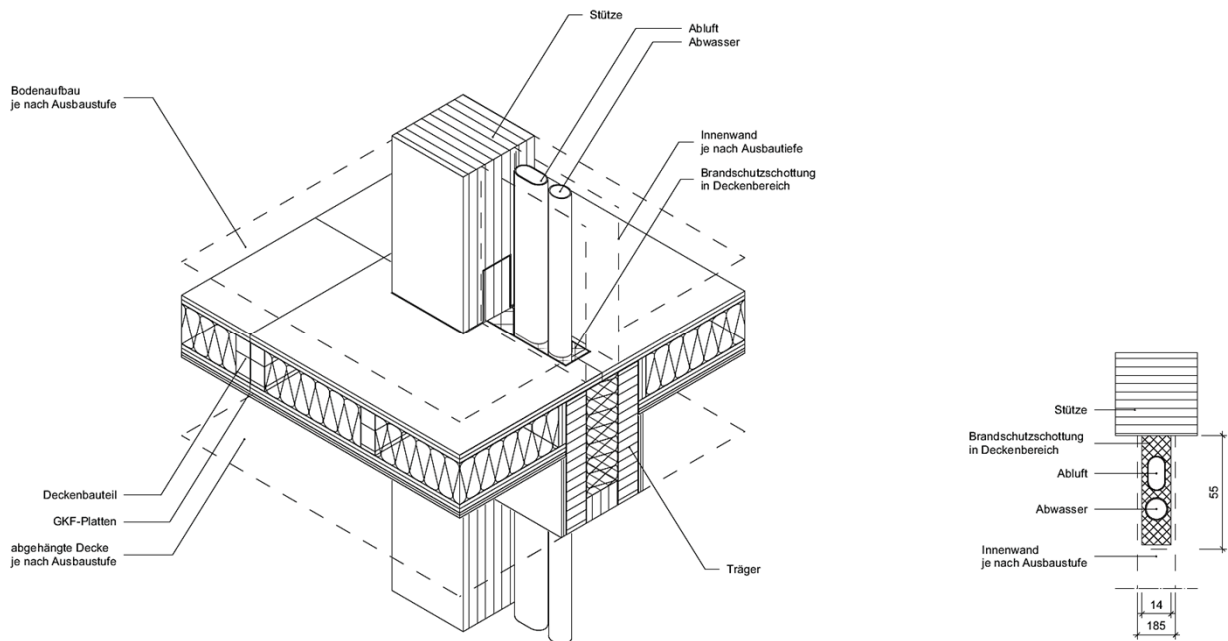
HOLZHYBRID



Graf J., Birk S. et al., Außenwand – Ebene Bauteil

37

HOLZHYBRID



Graf J., Birk S. et al., Intergrale TGA - Ebene Bauelement und Komponente

38

### HOLZHYBRID

**Parken**

Komponente: CPC-Platte  
 Bauelement: Tragkonstruktion Deckenkörper  
 Bauelement: Installationsebene, Abhangelement (mit Brandschutzanforderung)

**Arbeiten und Wohnen**

Komponenten: Trittschall, Lehmsteine, Holzbelag  
 Bauelement: Tragkonstruktion Deckenkörper  
 Bauelement: Installationsebene, Abhangelement (mit Brandschutzanforderung)

Graf J., Birk S. et al., Kreislauffeffektive Bauteile, Bauelemente und Komponenten

39

### Ebenen der Kreislauffähigkeit

Gebäude	Bauteil (Bsp. Außenwand)	Bauelement (Bsp. Konstruktionsschicht)	Komponente (Bsp. Holzwerkstoffplatte)	Material (Bsp. Holz)
Nutzungsflexibilität sowie Veränderbarkeit, bedeutet Langlebigkeit der Grundrissstruktur	Der zerstörungsfreie Rück-, bzw. Ausbau des standardisierten Bauteils garantiert die Wiederverwendung an anderer Stelle / in anderen Bauwerken	Die Ausbaufähigkeit aus der Bauteilebene erlaubt in Abhängigkeit der tektonisch lösbaren Elementgruppen die Anpassung an Austauschzyklen	Sortenreinheit und reversible Verbindungen garantieren die Rückbaubarkeit aus der Bauelementebene sowie die Wieder- und Weiterverwendung der Komponenten	Kreislauffähig sind Materialien wie Holz oder Lehm im biologischen Kreislauf bzw. wie Stahl und Kupfer im technischen Kreislauf

Graf J., Birk S. et al.

40

## Fazit

- **Bauen mit Holz ist aktive Klimaschutzleistung** aufgrund stofflicher Substitution und Erhöhung des Kohlenstoffspeichers
- **Nachhaltige Holzverwendung** ermöglicht anstehenden **Umbau der Wälder**
- **Ressourceneffizienz im Holzbau** ist durch **Kreislaufeffektivität** möglich, daraus folgt...
- Anpassung der Architektur (?), des Planungsprozesses, **Standardisierung von Bauteilen und -elementen** sowie **Dokumentation** (digitaler Zwilling, Material- und Bauteilpässe)
- So entstehen **Produktspeicher** – Materiallager, die eine werterhaltende, wiederholende Verwendung (und Verwertung) von Bauteilen, Bauelementen und Komponenten erlauben



41

## pro:Holz Webinar 2.2022

mehrgeschossiger Holzbau



Technische Universität München  
 Lehrstuhl für Architektur und Holzbau  
 TUM.wood – Forschung und Lehre  
[www.holz.tum.de](http://www.holz.tum.de)

Birk  
 Heilmeyer  
 und Frenzel  
 Architekten

Büro für (Holzbau)Architektur  
 Adlerstraße 31, 70199 Stuttgart  
 T +49 711 664 822 0, [info@bhundf.com](mailto:info@bhundf.com)  
[www.bhundf.com](http://www.bhundf.com), @bhundf

proHolz Austria

42