



# Aktuelle Forschung zur Kreislaufführung von Holz

**BauZ!, 16.04.2024, TU Wien**

Dr. Martin Weigl-Kuska



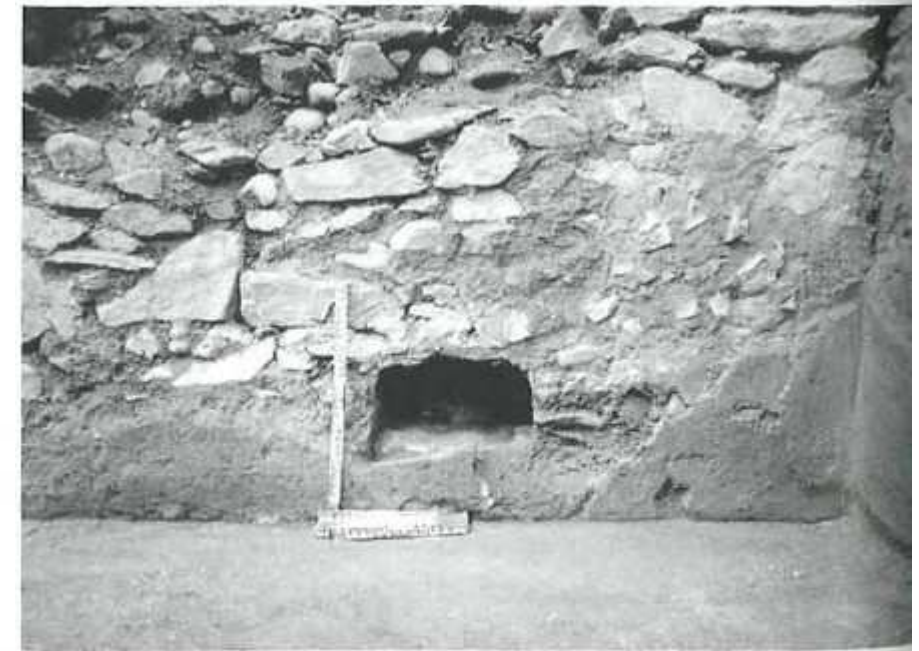
# „Von der Steinzeit zur Holzzeit“

- Reststoffverwertung hatte schon früh System
- Antike (römische) Beispiele für Recycling von **nicht abbaubaren Materialien**

- Schindler Kaudelka, E. (2007) Deponierung und Recycling. Erste Gedanken zur Abfall- und Müllwirtschaft auf dem Magdalensberg, Rudolfinum- Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten, 119-129
- Furger, A.R. (2013) Knochen, Altglas und Metallschrott: Recycling vor 1800 Jahren im römischen August Raurica, Ferrum 85, 15-26



**Klein geschlagener Schrott von grossen Bronzestatuen wurde an verschiedenen Stellen in Augusta Raurica für die Weiterverwendung (Wiedereinschmelzen) aufbewahrt. Beispiel aus Augst/BL, Insula 27. Massstab ca. 1:3**  
[Fotos: Philippe Wernher, Ausgrabungen Augst/Kaiseraugst]



*Abb. 5: Amphorenwandscherben zur Verbesserung der Trockenqualität von Wandverputz, Magdalensberg AA/46. Aufn. H. Dolenz*

## **Bauholz-Recycling**

Manchmal erweisen sich Balken und andere Bauteile aufgrund der dendrochronologischen Untersuchung (Jahringdatierung) als bedeutend älter als die übrigen Elemente eines Hauses: ein Beleg für Bauholz-Recycling und Wiederverwendung!

Solange der Mensch Häuser aus Holz baut, hat er bei Um- und Neubauten noch brauchbare alte Balken wiederver-

# „Von der Steinzeit zur Holzzeit“

## ■ Recycling & Re-use von Altholz ist so alt wie die Menschheitsgeschichte

- Creasman, P.P. (2013) Ship Timber and the Reuse of Wood in Ancient Egypt, *Journal of Egyptian History* 6, 152–176
- Albrech, N. (2014) Römische Brunnen und Brunnenfunde im rechtsrheinischen Obergermanien und in Rätien, Dissertation Universität Heidelberg, 261 Seiten
- Klein, A.; Grabner, M. (2015) Analysis of Construction Timber in Rural Austria: Wooden Log Walls, *International Journal of Architectural Heritage*, 9:5, 553-563

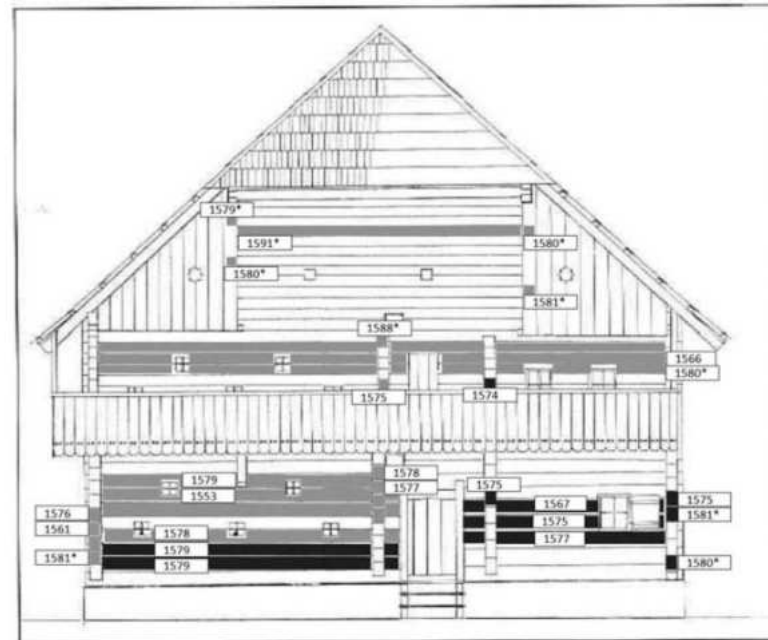


FIG. 10. Drawing of the residential building called *Stuerling* from the alpine part of Styria, extended with the documentation of the study samples.

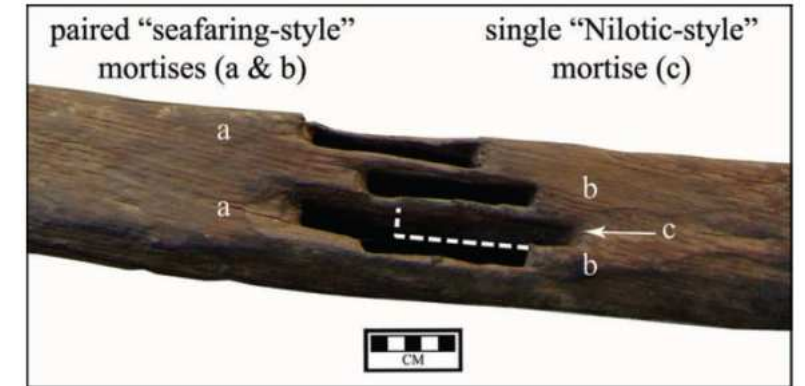
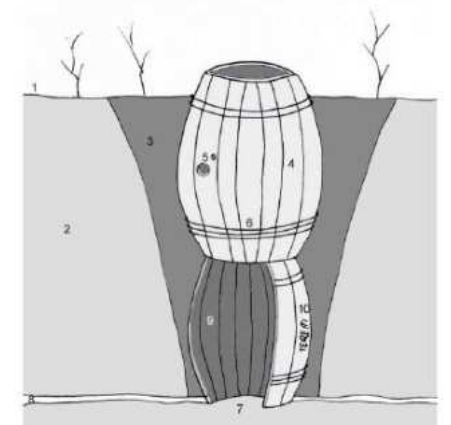


Fig. 3 Evidence of multiple reuses: mortises stacked five across, representing at least three previous iterations; CG 4926, courtesy Egyptian Museum, Cairo (author's photo).



# Wir sind noch immer in der Steinzeit...

- Die höchsten Re-use bzw. Recyclingraten im Bauwesen bestehen für mineralische Restmassen
- Fast alles kann man zerkleinern, einschmelzen, umformen
- Holz ist ein Störstoff in der Rückgewinnung mineralischer Baurestmassen
  - Holz hat derzeit keinen Fokus in der Schad- und Störstofferkundung
  - Holz muss entfernt werden, bevor Abbruch erfolgen kann
  - Kaskadische Holznutzung scheint damit selbstverständlich zu sein
- Altholznutzung abseits der Kaskade ist **noch** eine Nische

# Altholz Verwertung Ist-Stand

- **Quellensortierung**
  - „intuitive“ Sortierung entsprechend Begleitstoffen und Kontaminationen
- **Sammlung gewerblich und kommunal**
  - Altholz stofflich → v.a. Holzwerkstoffindustrie
  - Altholz thermisch → v.a. Heiz(Kraft)Werke
- **Verwertung in AT**
  - Ca. 350.000 t p.a.
  - Importmarkt
- **Keine Ausrichtung auf hohe Verwertung entsprechend Abfallhierarchie**



# Altholz für die Innenanwendung

- Ergebnisse aus einem Sortierversuch
- Sortierung durch geschultes Personal
- Altholz für dekorative Zwecke
- Analyse der ausgesonderten und als verwertbar befundenen Proben
- Schaffung der Grundlagen für die analytisch gestützte Qualitätssicherung



- **Gesetze, Normen, sonstige Regulative müssen weiterentwickelt werden**

# Ergebnisse aus einem Sortierversuch

- Sortierung durch Unternehmen: 87% tatsächlich über Grenzwerten

Fluor	Chlor	Schwefel	Schwermetalle								PCP/Lindan		PAK	PCBs	
			As	Pb	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	PCP	Lindan	PAK gesamt (16 nach EPA)	PCB gesamt	
mg/kg			mg/kg TS								mg/kg TS		mg/kg TS	mg/kg TS	
<10	81	294	<0,50	0,92	0,27	< 1,0	1,9	<0,05	< 1,0	11	0,4	<0,5	65	<	0,036
<10	53	1297	<0,50	< 0,50	0,18	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	9,0	0,6	>5	4770	<	3,0
<10	741	531	<0,50	9,2	0,62	< 1,0	2,3	<0,05	< 1,0	24	0,1	<0,5	18	<	0,034
<10	69	458	<0,50	< 0,50	0,23	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	9,1	1,0	1,8	4,2	<	0,028
<10	106	562	<0,50	15	0,51	1,2	2,1	<0,05	< 1,0	55	0,3	1,3	192	<	0,318
<10	56	1930	<0,50	< 0,50	0,15	< 1,0	2,0	<0,05	< 1,0	9,9	0,3	n.a.	20700	<	3,0
<10	107	971	<0,50	0,82	0,21	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	19	0,2	>5	8500	<	3,5
<10	279	964	<0,50	1,5	0,36	< 1,0	1,9	<0,05	< 1,0	62	0,4	>5	1950	<	3,4
<10	163	289	<0,50	< 0,50	0,33	< 1,0	1,3	<0,05	< 1,0	6,7	0,2	<0,5	54	<	0,038
<10	<50	545	<0,50	0,78	0,19	< 1,0	1,7	<0,05	< 1,0	14	7,0	>5	4530	<	3,0
<10	300	916	<0,50	1,7	0,12	< 1,0	1,4	<0,05	< 1,0	18	2,5	>5	369	<	3,1
<10	499	1281	<0,50	2,2	0,15	< 1,0	1,9	<0,05	< 1,0	15	1,5	>5	714	<	3,6
<10	81	274	<0,50	2,6	0,32	< 1,0	4,4	<0,05	< 1,0	11	0,4	<0,5	1,9	<	0,036
<10	250	203	<0,50	0,51	0,22	< 1,0	1,1	<0,05	< 1,0	6,3	0,5	<0,5	2,4	<	0,052
<10	<50	322	<0,50	5,6	0,56	1,1	<1,0	<0,05	< 1,0	14	0,2	<0,5	3,2	<	0,038
<10	54	103	<0,50	2,4	0,16	< 1,0	1,5	<0,05	< 1,0	7,5	0,2	<0,5	0,72	<	0,038
<10	573	4462	<0,50	4,5	0,21	< 1,0	4,0	<0,05	< 1,0	27	0,3	<0,5	0,95	<	0,051
<10	93	393	<0,50	1,1	0,19	< 1,0	2,0	<0,05	< 1,0	8,8	0,3	<0,5	4,6	<	0,033
<10	164	1908	<0,50	38	0,83	1,0	<1,0	<0,05	<1,0	2337	0,3	<0,5	0,90	<	0,037
<10	80	493	<0,50	1,7	0,48	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	32	0,3	<0,5	63	<	0,03
<10	61	2680	<0,50	4,7	0,72	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	14	0,1	<0,5	0,77	<	0,036
<10	62	326	<0,50	4,0	0,39	1,3	5,8	<0,05	< 1,0	26	1,4	1,3	3,0	<	0,035
<10	1113	3079	<0,50	0,71	0,35	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	11	0,1	<0,5	2,6	<	0,029
<10	94	346	<0,50	1,0	0,64	< 1,0	1,7	<0,05	< 1,0	16	0,6	<0,5	0,52	<	0,046
<10	135	1428	<0,50	40	0,78	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	2505	<0,1	0,8	1,0	<	0,031
<10	53	285	<0,50	3,8	0,41	< 1,0	6,1	<0,05	< 1,0	30	1,1	1,5	19	<	0,305
<10	177	276	<0,50	2,5	0,13	< 1,0	9,2	<0,05	< 1,0	14	1,1	2,0	0,85	<	0,051
<10	94	220	<0,50	8,9	0,24	5,2	1,7	<0,05	< 1,0	81	1,0	1,0	13	<	0,045
<10	487	1522	<0,50	9,8	0,33	< 1,0	1,4	<0,05	2,4	152	1,2	1,3	26	<	0,538
<10	166	728	<0,50	5,4	0,38	< 1,0	<1,0	<0,05	< 1,0	16	<0,1	<0,5	933	<	0,509
<10	129	851	2,8	12	0,46	< 1,0	2,7	<0,05	1,0	26	1,3	>5	2360	<	0,524



# Ergebnisse aus einem Sorterversuch

- Analytik findet unter unauffälligem Altholz noch 27% über Grenzwerten


Fluor	Chlor	Schwefel	Schwermetalle								PCP/Lindan		PAK	PCBs	
			As	Pb	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	PCP	Lindan	PAK gesamt (16 nach EPA)	PCB gesamt	
mg/kg			mg/kg TS								mg/kg TS		mg/kg TS	mg/kg TS	
<10	<50	204	<0,50	0,68	<0,10	3	9,7	<0,05	1,3	11	0,2	0,2	0,41	<	0,036
<10	<50	54	<0,50	0,8	0,13	1,8	2,1	<0,05	<1,0	8,6	0,2	0,2	0,25	<	0,03
<10	<50	60	<0,50	0,88	0,32	1,4	1,8	<0,05	<1,0	9,3	0,7	<0,1	0,12	<	0,033
<10	<50	52	<0,50	0,99	0,19	1,2	1,5	<0,05	<1,0	9,8	0,6	<0,1	0,13	<	0,038
<10	<50	61	<0,50	1,1	0,26	1,1	1,1	<0,05	<1,0	7,8	0,5	<0,1	0,15	<	0,039
<10	<50	110	<0,50	0,94	0,23	<1,0	1,3	<0,05	<1,0	8,1	0,2	0,2	0,29	<	0,038
<10	<50	85	<0,50	1,0	0,26	1,0	<1,0	<0,05	<1,0	8,2	0,2	0,2	0,12	<	0,038
<10	<50	51	<0,50	0,93	0,31	1,1	1,1	<0,05	<1,0	9,0	0,2	0,2	0,11	<	0,038
<10	<50	100	<0,50	0,50	0,16	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	8,2	0,5	<0,5	0,09	<	0,03
<10	<50	183	<0,50	0,35	0,23	<1,0	1	<0,05	<1,0	13	0,5	<0,5	0,11	<	0,033
<10	483	1599	<0,50	3,9	0,58	<1,0	1,6	<0,05	1,3	52	0,4	<0,5	0,59	<	0,03
<10	<50	158	<0,50	<0,50	1,0	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	7,9	0,2	<0,5	0,17	<	0,03
<10	218	547	<0,50	0,58	0,29	<1,0	1,0	<0,05	<1,0	6,8	0,2	<0,5	0,13	<	0,05
<10	2293	7396	0,57	0,98	0,26	<1,0	1,3	<0,05	1,1	325	0,2	<0,5	0,17	<	0,03
<10	<50	307	<0,50	<0,50	<0,10	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	8,9	0,2	<0,5	0,08	<	0,03
<10	61	2680	<0,50	<0,50	<0,10	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	27	0,5	<0,5	0,08	<	0,033
<10	136	6278	0,92	0,97	0,33	<1,0	1,3	<0,05	<1,0	18	0,4	<0,5	0,09	<	0,03
<10	1072	2540	<0,50	4,5	0,35	<1,0	1,4	<0,05	<1,0	28	0,2	<0,5	2,2	<	0,05
<10	<50	164	<0,50	<0,50	<0,10	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	12	3,0	<0,5	0,12	<	0,03
<10	<50	262	<0,50	2,2	0,16	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	12	0,5	<0,5	0,12	<	0,042
<10	227	906	<0,50	2,3	0,27	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	9,6	0,5	<0,5	0,11	<	0,031
<10	189	929	<0,50	1,0	0,27	1,3	<1,0	<0,05	<1,0	11	0,4	<0,5	0,14	<	0,03
<10	299	3721	<0,50	2,2	0,39	1,9	3,7	<0,05	1,2	13	0,5	<0,5	0,12	<	0,03
<10	673	1321	<0,50	5,4	0,44	1,6	2,7	<0,05	1,1	86	0,2	<0,5	0,11	<	0,03
<10	217	669	<0,50	1,5	0,32	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	8,2	0,3	<0,5	0,17	<	0,031
<10	381	776	<0,50	2,0	0,28	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	10	0,3	<0,5	0,15	<	0,03
<10	175	682	<0,50	1,8	0,26	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	7,7	0,2	<0,5	0,09	<	0,031
<10	103	533	<0,50	3,5	0,24	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	9,5	1,3	<0,5	0,35	<	0,03
<10	74	343	<0,50	2,0	0,28	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	185	0,3	<0,5	0,11	<	0,03
<10	114	732	<0,50	2,9	0,25	<1,0	<1,0	<0,05	<1,0	11	1,0	<0,5	0,34	<	0,03

Qualitätssicherung über Spektroskopie wurde etabliert

- Quellensortierung ist gut aber reicht nicht aus

# Projekt TimberLoop

- „Dieses Projekt wird aus Mitteln des Waldfonds, einer Initiative des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft gefördert und im Rahmen des Programms Think.Wood der Österreichischen Holzinitiative durchgeführt.“

 Bundesministerium  
Land- und Forstwirtschaft,  
Regionen und Wasserwirtschaft



 Waldfonds  
Republik Österreich  
Eine Initiative des Bundesministeriums für  
Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

- Mit freundlicher Unterstützung durch

 FACHVERBAND  
HOLZINDUSTRIE  
ÖSTERREICH



# Partnerunternehmen



- Holzbau



- Parkett



- Kreislaufwirtschaft



- Forschung

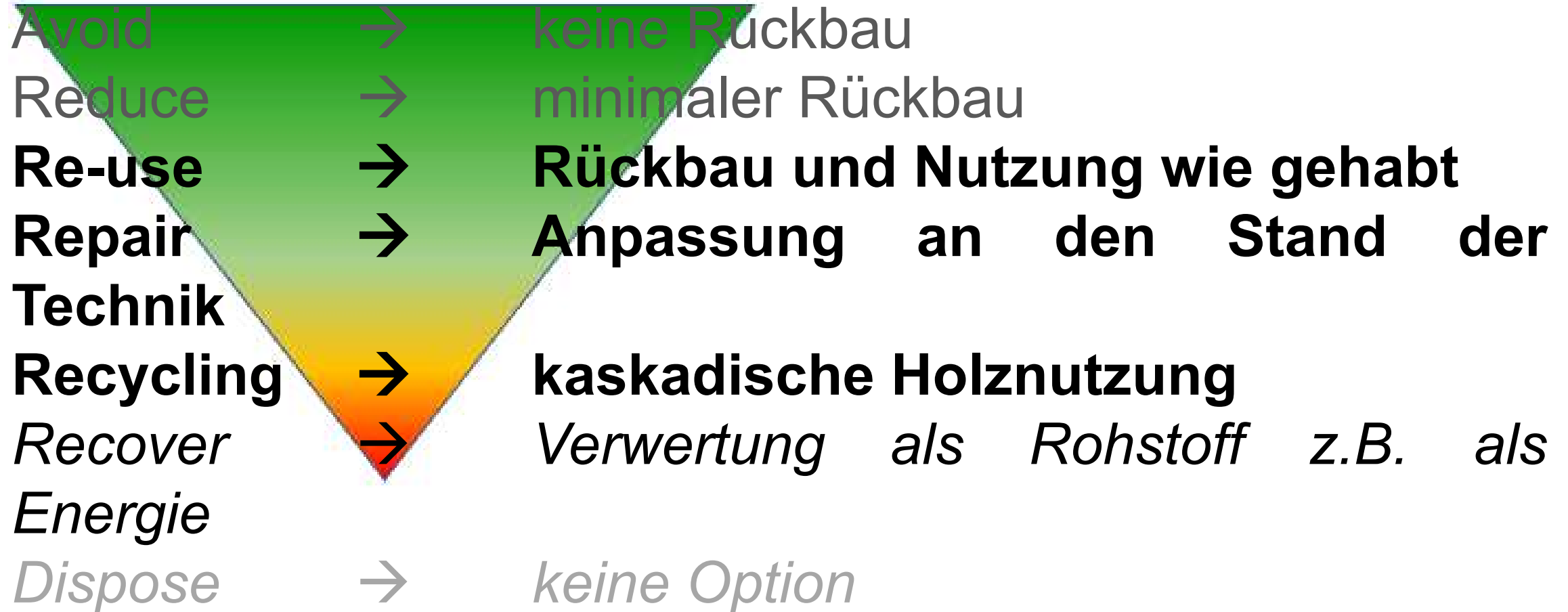


- Holzwirtschaft

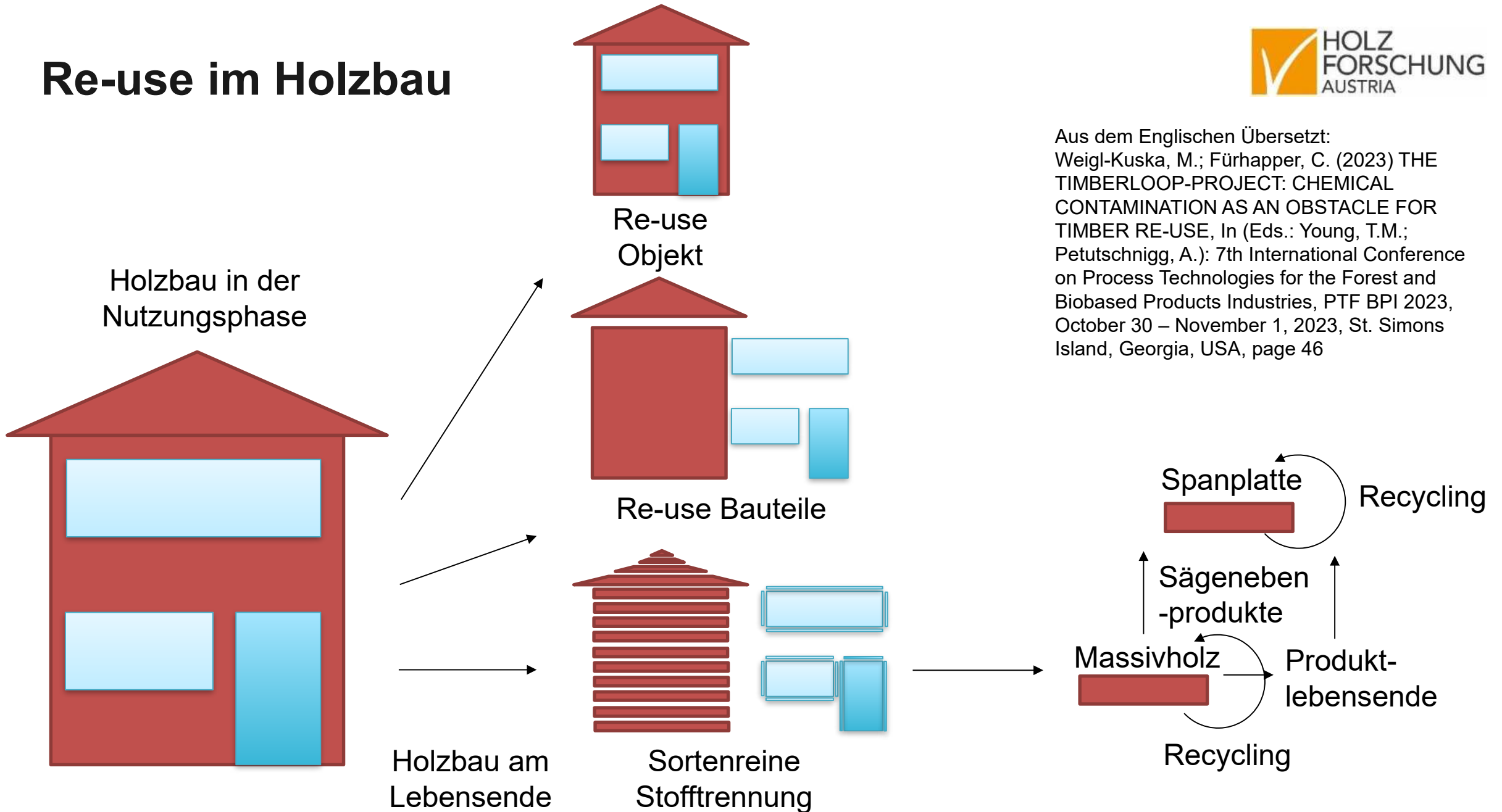


<https://projekte.ffg.at/projekt/4695470>

# Abfallhierarchie – Szenarien für einen 2. Lebenszyklus von Holz

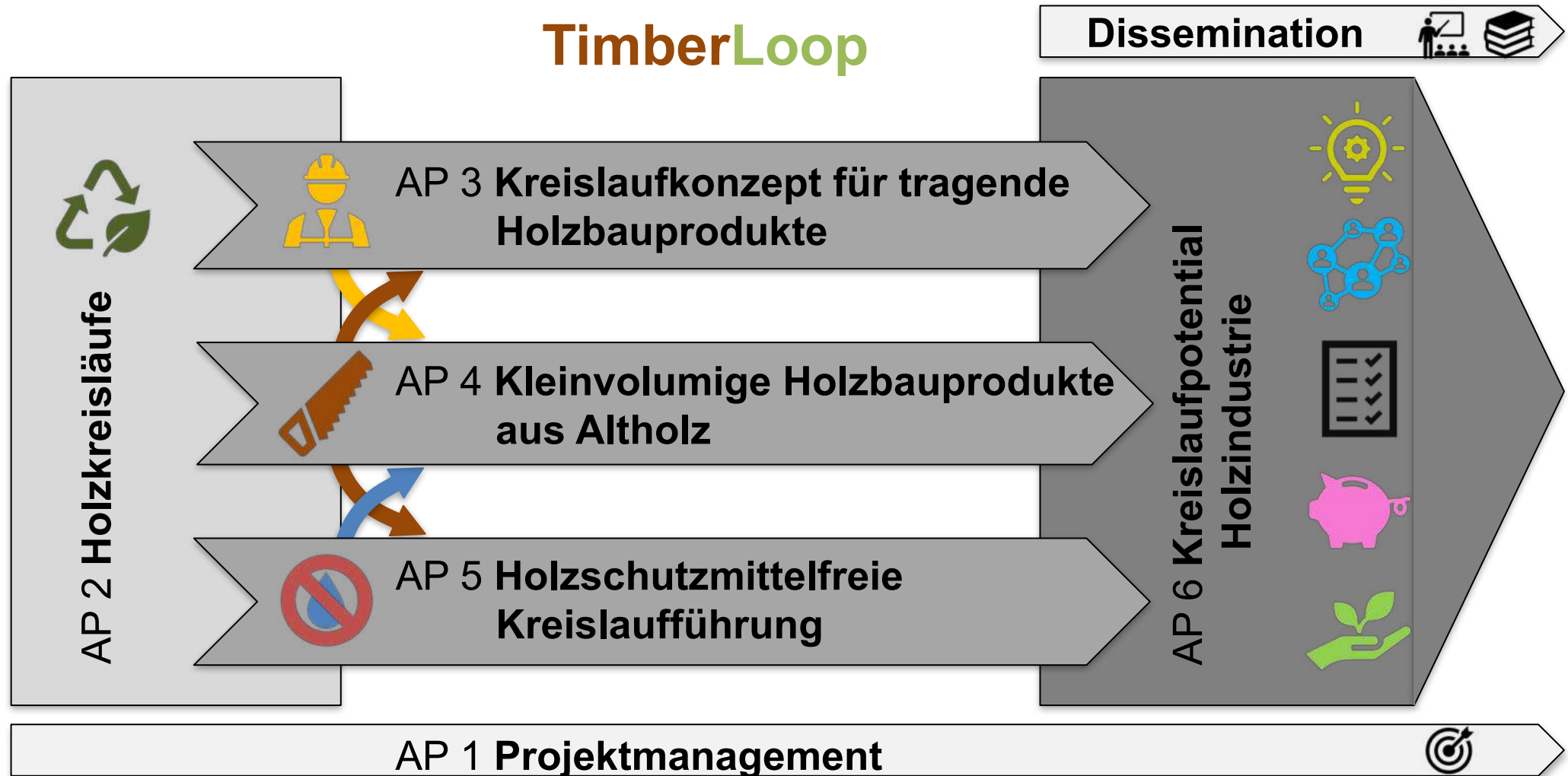


# Re-use im Holzbau



Aus dem Englischen Übersetzt:  
Weigl-Kuska, M.; Fürhapper, C. (2023) THE  
TIMBERLOOP-PROJECT: CHEMICAL  
CONTAMINATION AS AN OBSTACLE FOR  
TIMBER RE-USE, In (Eds.: Young, T.M.;  
Petutschnigg, A.): 7th International Conference  
on Process Technologies for the Forest and  
Biobased Products Industries, PTF BPI 2023,  
October 30 – November 1, 2023, St. Simons  
Island, Georgia, USA, page 46

# Forschungsprojekt TimberLoop



# Re-use für tragende Holzbauprodukte

- Entwicklung von Konzepten für die **Planung und Dimensionierung** für den nächsten Produktlebenszyklus



© HFA



# Re-manufacture

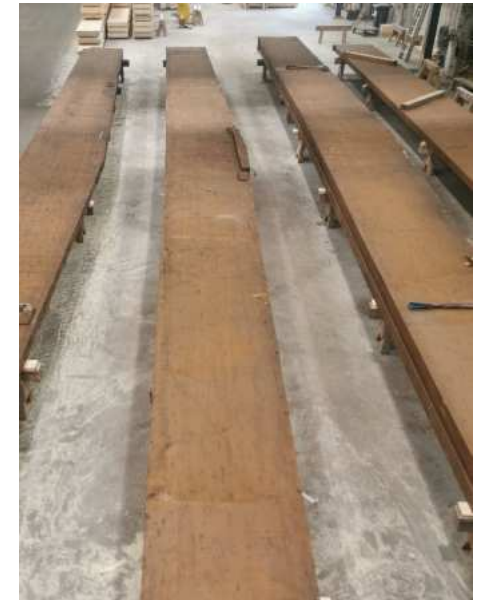
- Entwicklung von Methoden zur Auftrennung von Holzbauprodukten am ersten EoL und Performance Assessments für **daraus neu geschaffene Holzbauprodukte**



© HFA



Re-manufacture?





# Pre-demolition Audit

September 2023

DIN SPEC 91484



ICS 91.100.01; 91.200

Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotentials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition-Audit); Text Deutsch und Englisch

Procedure to record building materials as a base to evaluate the potential for a high-quality reutilization prior to demolition and renovation work (pre-demolition audit); Text in German and English

- TimberLoop: Adaptierung für Holz
- Ziel
  - Assessment von Material für den Rückbau
  - Assessment möglicher Re-use

## DIN-Standard für Bauprodukte zur Wiederverwendung

Die neue DIN SPEC 91484 soll eine einheitliche Methode bieten, um das volle Potenzial von Bauprodukten für hochwertige Anschlussnutzungen zu erfassen.

18.08.2023



Markus Vogelbacher, Pixelio.de

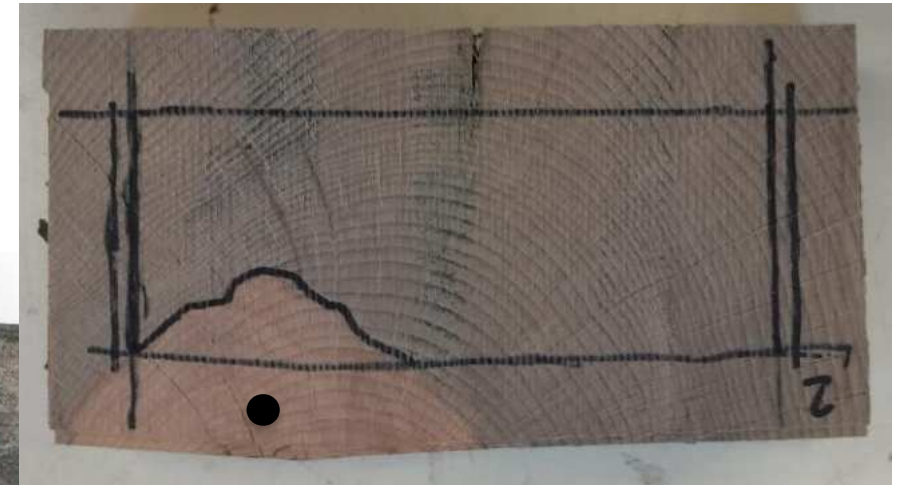
# Einflussfaktor Probenahme



A



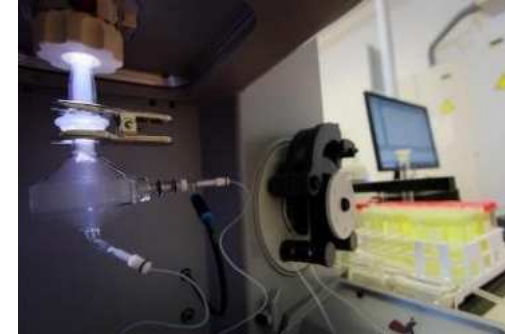
B



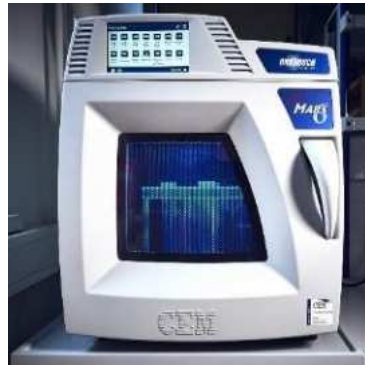
C

# Stationäres Labor

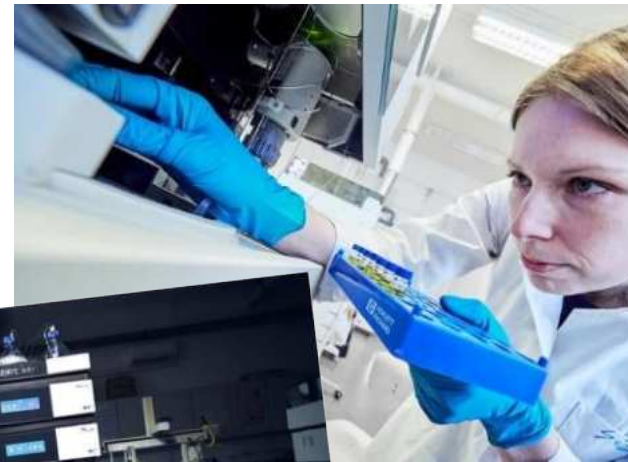
GC-MS/ECD/FID für Organik



ICP/OES für Anorganik



ASE-Extraktor,  
Mikrowellendruck-  
aufschluss,  
Ultraschallextraktion



HPLC-Flüssig-  
chromatographie

Rasterelektronen  
Mikroskopie



IC-Ionen-  
chromatographie



# Mobiles Labor

Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA),  
mobiler und stationärer Einsatz





# Kreislaufführung Fenster

- Untersuchte Materialien: Holzfenster  
 alt - 1920 bis ca. 1980  
 neu - ab ca. 1980
- Häufig detektierte Problemstoffe:  
 alt: Schwermetalle: Zink, Blei >>> Chrom,  
 Cadmium, Arsen  
 neu: Biozide PCP/Lindan,  
 Dichlofluanid
- Problemstoffquellen: Beschichtung,  
 neu auch Holzschutz
- Gesteigerte Kreislaufführung schwierig,  
 ■ da v.a. Metalle teilweise weit eindringen



# TimberLoop → Grade2New

https://www.holzforchung.at/forschung-entwicklung/projektliste/details/grade2new/  



Holzforchung Austria / Forschung & Entwicklung / Projektliste /

## GRADE2NEW

**Forschungsschwerpunkt:** Roh- und Werkstoffe **Projektstatus:** laufend

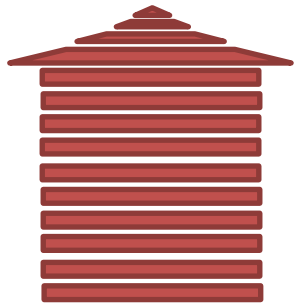
Um die Wettbewerbsvorteile des nachwachsenden Rohstoffs Holz zu sichern und auszubauen, soll in Europa die Kreislaufführung von Holzbauprodukten ausgebaut werden. Dies stellt den Holzbau aufgrund der natürlichen Alterung und Variabilität des Holzes vor besondere Herausforderungen. Das Projekt Grade2New hat die Aufgabe, praxistaugliche Ansätze zur maschinellen und visuellen Festigkeitssortierung von Altholz zu entwickeln, insbesondere von Stablamellen aus quer zur Klebefuge aufgetrenntem Brett-schicht-holz. Das im Projekt generierte Wissen soll direkt für die europäische Normung genutzt werden und so zeitnah für die österreichische Holzindustrie nutzbar gemacht werden.

### PROJEKTBLDER

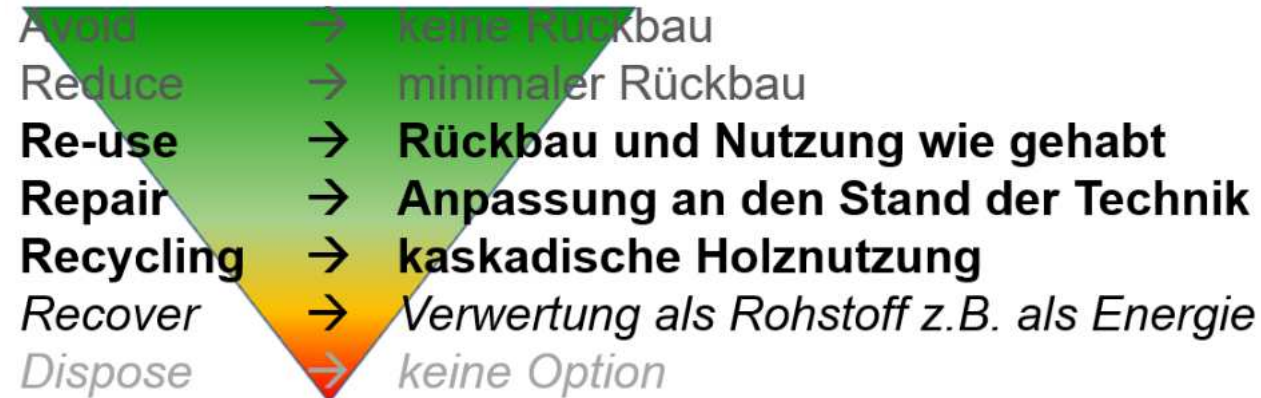


**Dr. Andreas Weidenhiller**  
T: +43 1 798 26 23-917  
E: [a.weidenhiller@holzforchung.at](mailto:a.weidenhiller@holzforchung.at)

# TimberLoop → Grade2New



Sortenreine  
Stofftrennung



- Grade2New verfolgt effektives Upcycling
  - Einordnung zumindest oberhalb von Repair
- Produkte durchlaufen industrielle Qualitätssicherung
- Anforderungen der EU-Taxonomie im Fokus



**Dr. Martin Weigl-Kuska**

[m.weigl-kuska@holzforschung.at](mailto:m.weigl-kuska@holzforschung.at)

Tel. +43/1/798 26 23-839

[www.holzforschung.at](http://www.holzforschung.at)