

# Umsetzung der zirkulären Wertschöpfung für Fenster

Architekturtag, Stuttgart, 11. November 2024

**Prof. Dr. Sabine Flamme**

Sprecherin des Vorstands des IWARU  
Leitung der Arbeitsgruppe Ressourcen

IWARU - Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt  
Arbeitsgruppe Ressourcen Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme



# Agenda

## Zirkuläre Bauwirtschaft

- Ressourcenrelevanz der Bauwirtschaft
- Aktuelle Verwertungssituation für Fenster
- Umsetzung einer zirkuläre Wertschöpfung
- Fazit



[Foto: EPPA ivzw]

# Ressourcenrelevanz der Bauwirtschaft

## Site Usage

7,649 visits

25,423 Pageviews

3.32 Pages/Visit

43.64% Bounce Rate

00:04:08 Avg. Time on Site

28.30% % New Visits

## Traffic Sources Overview



- Direct Traffic  
3,097.00 (40.41%)
- Search Engines  
2,910.00 (38.04%)
- Referring Sites  
1,642.00 (21.47%)

## Map Overlay



## Visitors Overview



Visitors  
2,958

## Content Overview

Pages	Pageviews	% Pageviews
/	5,932	23.33%
/information-resources	1,306	5.14%
/decisions	867	3.41%
/information-privacy	697	2.74%
/information-privacy-guidelines	692	2.72%

# Ressourcenrelevanz

## Bausektor

Der Bausektor steht in Deutschland für...

**63 % des Ressourcenverbrauchs**

[Destatis 2019]



**28 % des Flächenverbrauchs**  
seit 1992

[UBA, 2022]

**40 % der Treibhausgase**

[BBSR 2020]

**55 % des Abfallaufkommens**

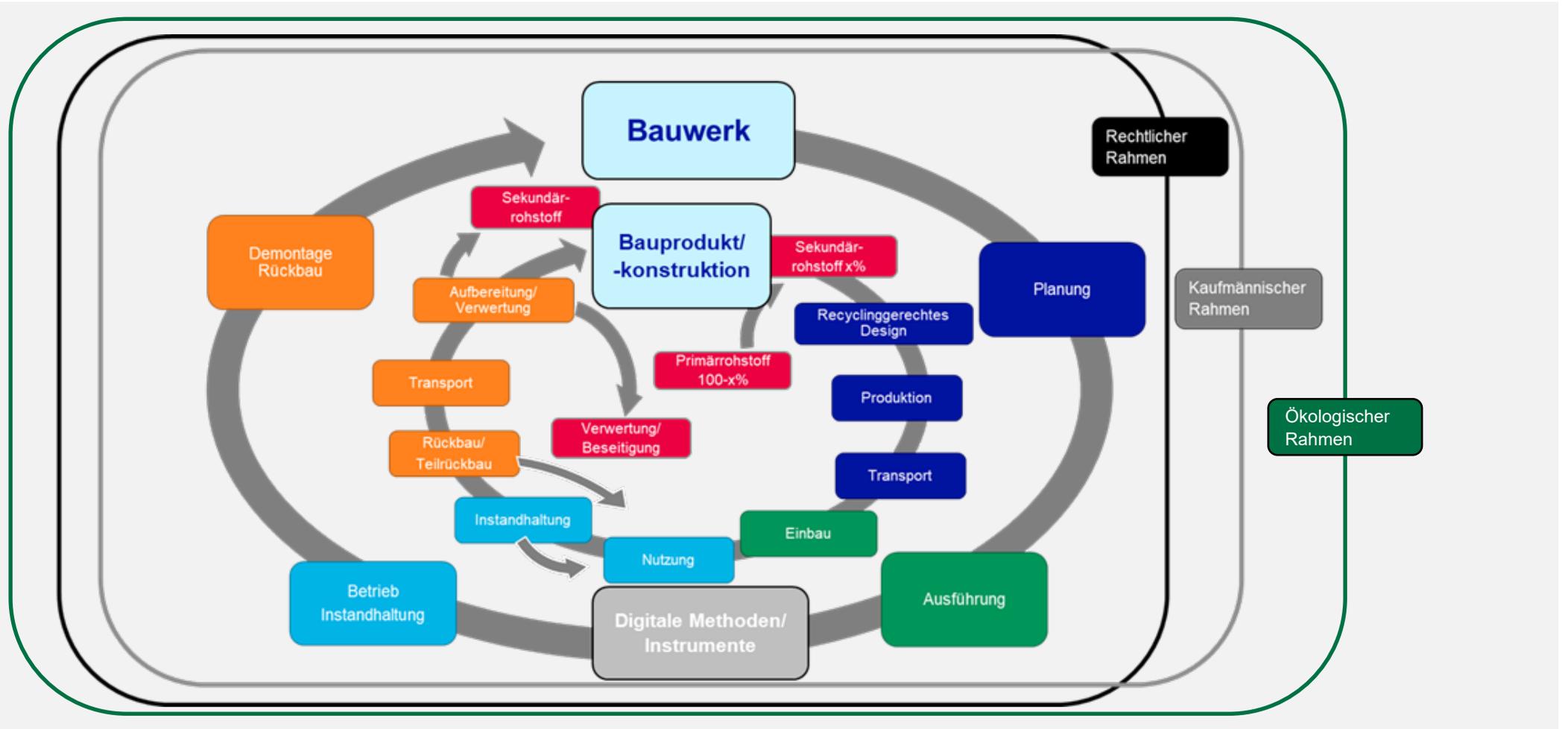
[Destatis 2020a]



**Rohstoffversorgung  
/ Entsorgung  
???**

# Zirkuläre Wertschöpfung

## Herausforderungen im Bausektor



The background is a grayscale photograph of a construction site. On the left, a crane's arm is visible, positioned over a large, neatly stacked pile of concrete blocks. The right side of the image is partially obscured by a blue graphic overlay consisting of diagonal lines and solid blue shapes.

# Aktuelle Situation am Beispiel Fenster

# Stoffströme

## Fenster

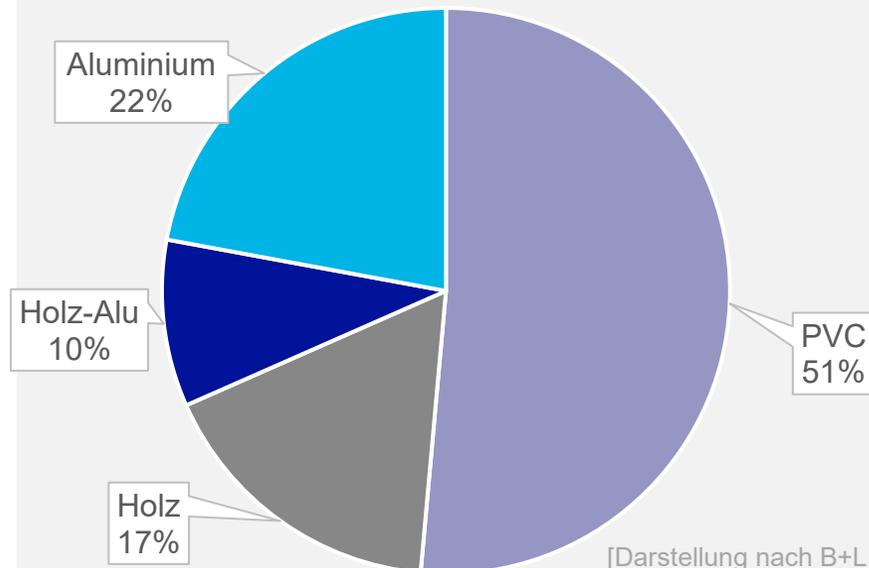
Der Fenstersektor steht in Deutschland für jährlich:

### Produktionsmenge 2022

**12,2 Mio. Fenstereinheiten**

Entspricht hochgerechnet ~ca.0,59 Mio. Mg

[B+L 2023a]

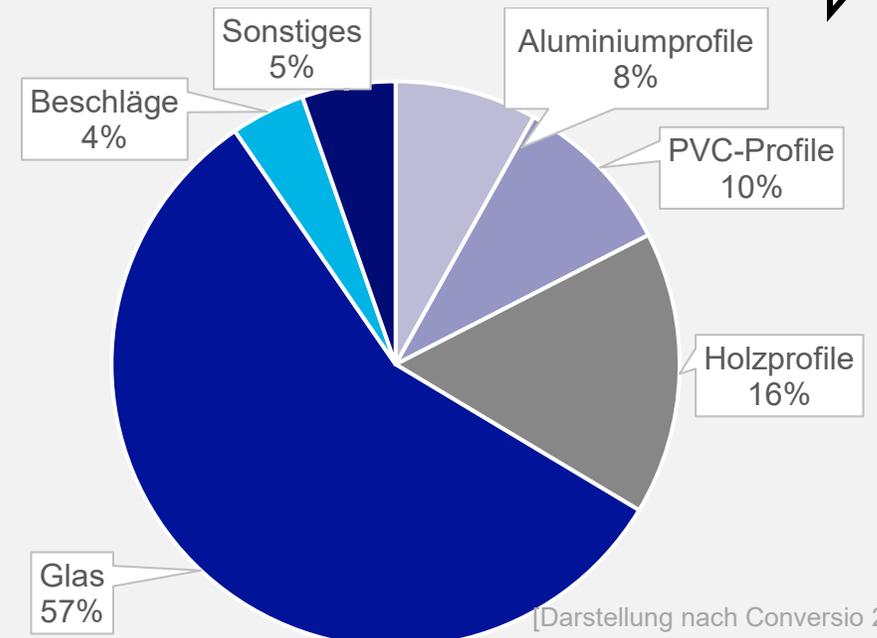


### Abfallaufkommen 2022

**~ 10 Mio. Fenstereinheiten**

Entspricht hochgerechnet ~ ca. 0,48 Mio. Mg

[Conversio 2023c]



# Aktuelle Verwertungssituation

Bereits Kreisläufe aufgebaut

## ▪ REWINDO

- Zusammenschluss deutscher **Kunststoffprofilhersteller**
- Recycling von **Verschnitten und Altfenstern/ Alttüren**
- Selbstanlieferung/ Abholung bei vielen Partnern

## ▪ A|U|F

- Zusammenschluss von **Stakeholdern der Aluminiumindustrie**
- **Closed Loop:** Fenster, Türen, Fassaden aus Aluminium



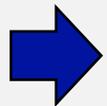
# Aktuelle Verwertungssituation

## Kunststoffprofile - PVC

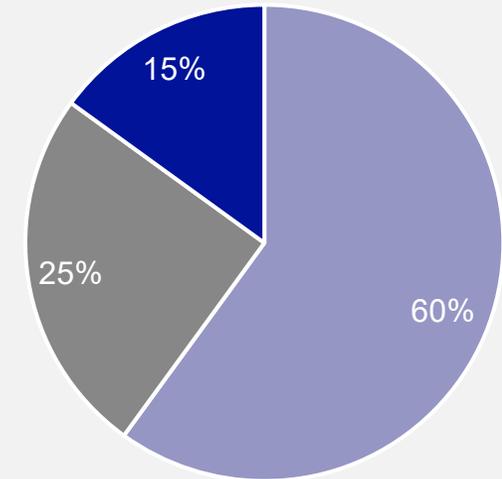
- > **65 %** der anfallenden Kunststoffprofile im Rewindo System
- > **70 %** Recyclingquote bei Kunststoffprofilen [Conversio 2023c, Rewindo 2021]

→ Einsatzfelder der Rezyklate

- überwiegend **Profilkern aus PVC-Rezyklat**
- **sortenreine Abfallfraktionen** Voraussetzung
- Fremdstoffe und Additive hemmen Rezyklierbarkeit
  - **qualitativ geeignete Mengen sind wesentliche Herausforderung**



**weiterer Ausbau** der Rücknahme!



- Fenster-, Tür- und Nebenprofile
- Rohre
- Bauprofile und sonstige Profile

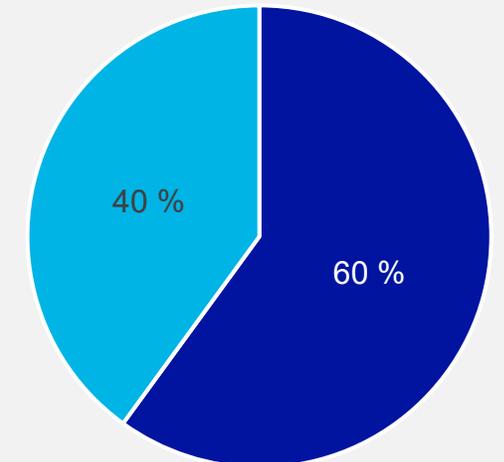
[Darstellung nach Rewindo 2021]

# Aktuelle Verwertungssituation

## Aluminiumprofile

- **> 60 %** der anfallenden Aluminiumschrotte aus dem Hochbau über AUF [A|U|F 2023]
- Schrotte werden werkstofflich verwertet:
  - Legierungen
  - Exporte
- **Sekundärmetallanteil bei 30-40 %**; Zielsetzung **> 45 %** („Metallprofil zu Metallprofil“) [A|U|F 2021a]

Aluminiumprofile für den Hochbau



■ Primäranteil ■ Sekundäranteil  
[Eigene Darstellung nach AUF 2021a]

**weiterer Ausbau** der Rücknahme!



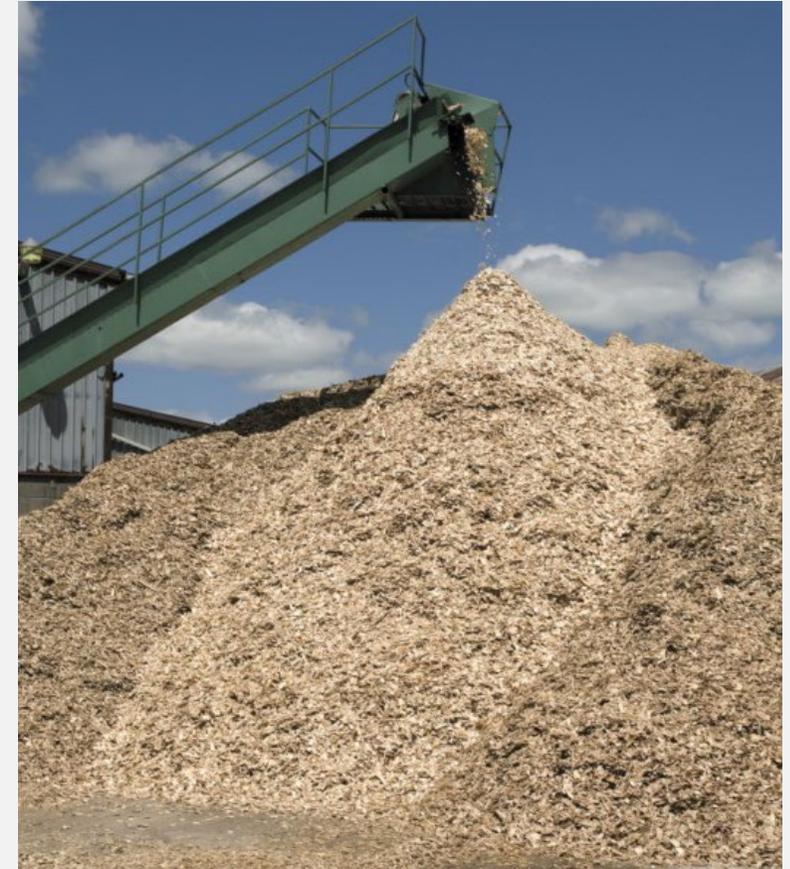
# Aktuelle Verwertungssituation

## Holzprofile

- Zuordnung in Altholzkategorien **A I bis A IV** nach AltholzV
  - i. d. R.: Einstufung als **gefährlicher Abfall**, (Holzschutzmittelbehandlung)
  - bedeutet: **energetische Verwertung** in Anlagen nach der 17. BImSchV (einige Biomassekraftwerke haben entsprechende Genehmigung)
  - gilt aber **nicht als Biomasse** gem. erneuerbarem Energiegesetz



**über Analytik oder weitere Vorbehandlung** Nachweis, dass Grenzwerte für **A II** eingehalten werden können, dann stoffliche Verwertung z. B. in der Spanplattenindustrie möglich



[Foto: BAV E.V.]

# Aktuelle Verwertungssituation

## Flachglas

- **größter Stoffstromanteil** bei Fenstern: **57 %** [Conversio 2023d]
- **sehr hohe Qualitätsansprüche** – Anforderungen an Reinheit und Qualität limitiert Einsatz von Scherben:
  - bisher überwiegend Rückführung von Eigenscherben und Verschnittresten aus dem Herstellungs- und Verarbeitungsprozess (**preconsumer**) von Flachglas
  - Scherbenanteil im Flachglas liegt bei **20-40 Gew.-%**
  - techn. möglich wäre mehr, **aber keine ausreichende Verfügbarkeit von hochwertigem Granulat** in der Praxis
- zz überwiegend Einsatz in **anderen Produkten** (Behälterglas, Mineralwolle, Glasperlen, ...)

[UBA 2019]

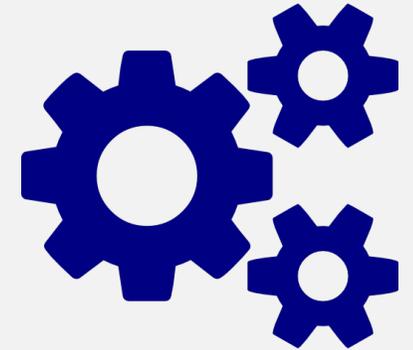
 **Verbesserung der Erfassung von sortenreinen (postconsumer Scherben)**



# Aktuelle Situation

## Sonstige Bestandteile

- **Beschläge** (überwiegend Metalle: Stahl, Aluminium, Messing in Aufbereitungsanlagen maschinell sortiert und Verwertung zugeführt)
- **Kunststoffanteile** (z. B. Fenstergriffe) werden ebenfalls nach Kunststoffarten sortiert und der Verwertung zugeführt
- **Montagehilfsstoffe** (Bauschaum, Dichtungen und Dämmstoffe) mengenmäßig unbedeutend, aber:
  - oft erhöhter Aufwand in der Demontage
  - mögliche Fremdstoffe:
    - vermindern die Sortenreinheit - Qualitätsverlust
    - erschweren den Recyclingprozess
    - Schadstoffeintrag?



**Trennbarkeit bei der Planung berücksichtigen**

The background of the slide is a white puzzle with one piece missing, revealing a dark silhouette of a person. The puzzle is set against a white background with blue geometric shapes (triangles and a hatched rectangle) on the right side.

# Aktuelle Arbeiten im Bereich zirkulärer Wert- schöpfung für Fenster

# Roadmap zirkuläre Wertschöpfung

## 3-stufiger Ansatz

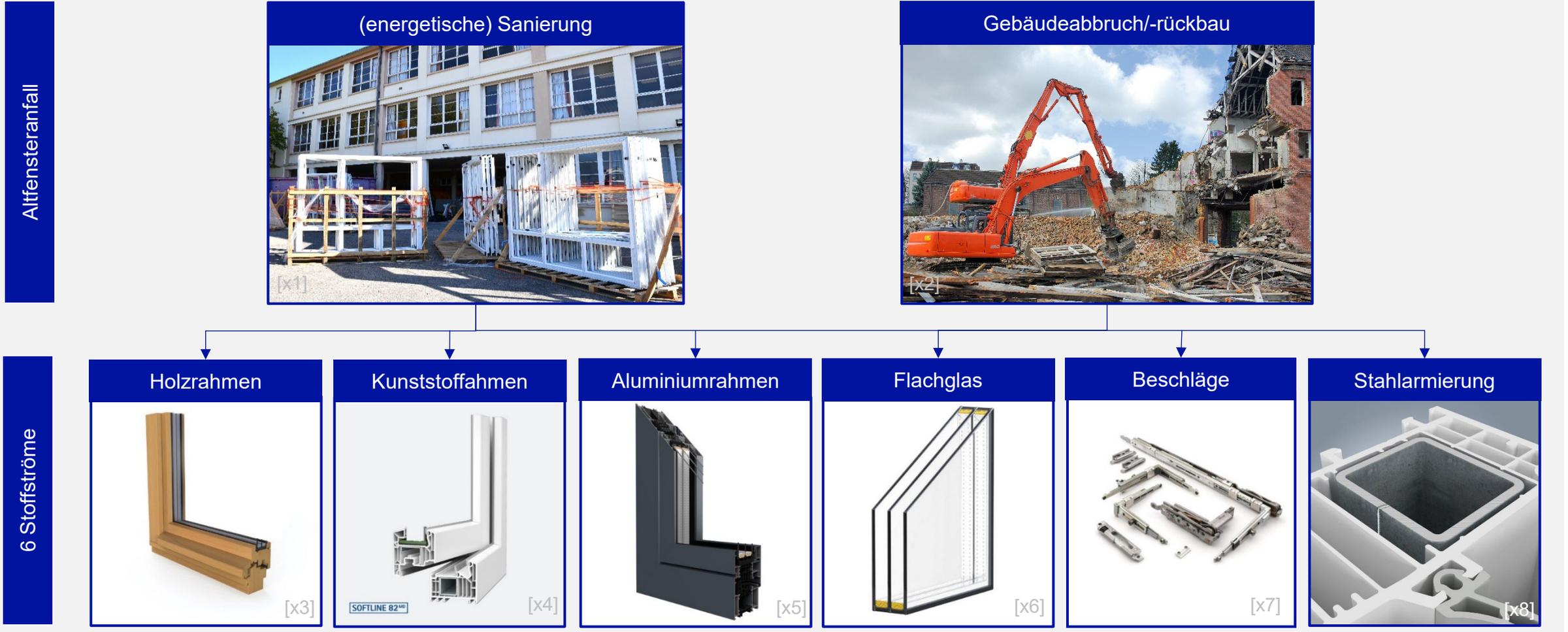
- **Studie zum Verwertungspotenzial von Altfenstern (über ca. 2 Jahre)**
  - **Stufe 1:** Abfallmengenszenario durchgeführt durch die Conversio Market & Strategy GmbH
    - Ergebnisse bereits vorgestellt
  - **Stufe 2: End-Of-Life Konzept für Fenster durch das IWARU**
    - **Ergebnisse Anfang 2025**
  - **Stufe 3:** Entwicklung eines zukunftsfähigen Ansatzes (technisch, wirtschaftlich, ökologisch)



[Conversio 2023]

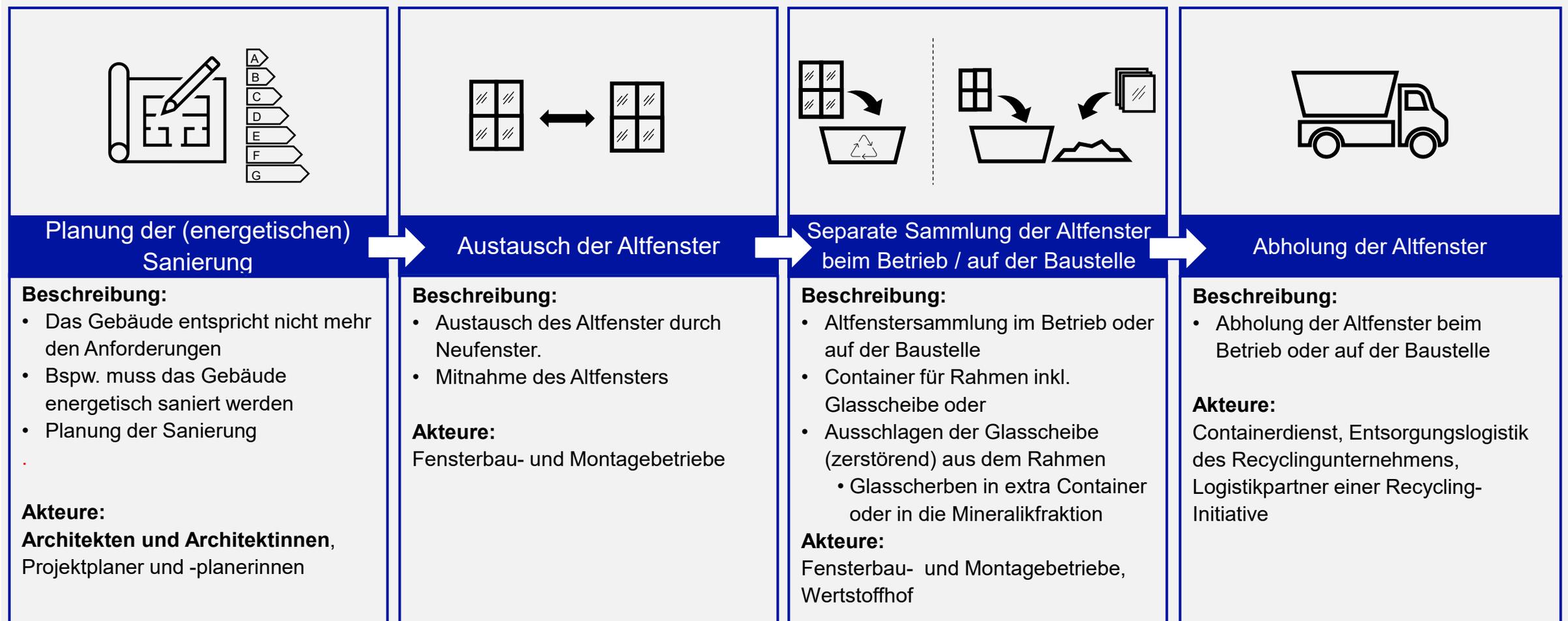
# Stufe 2: End-of-Life Konzept für Fenster

## Anfall und Stoffströme



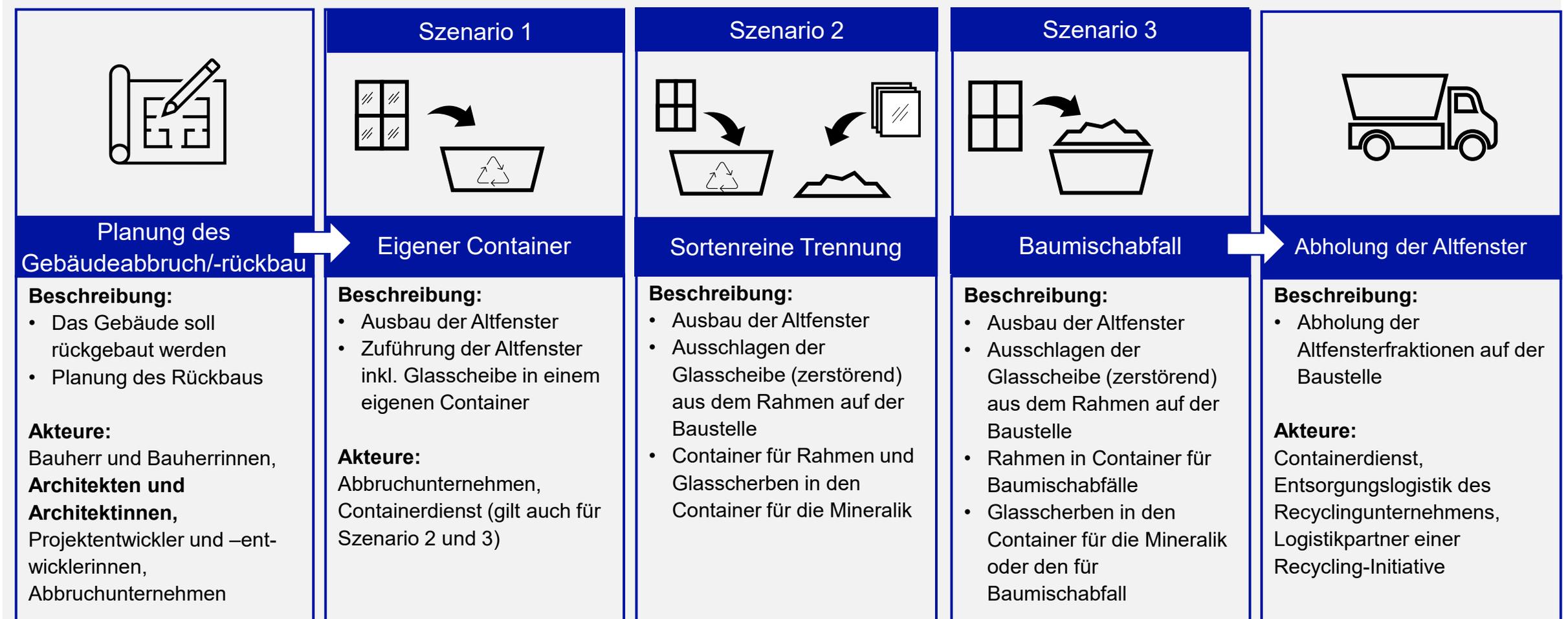
# Erfassung bei einer Sanierung

## Allgemeiner Prozess



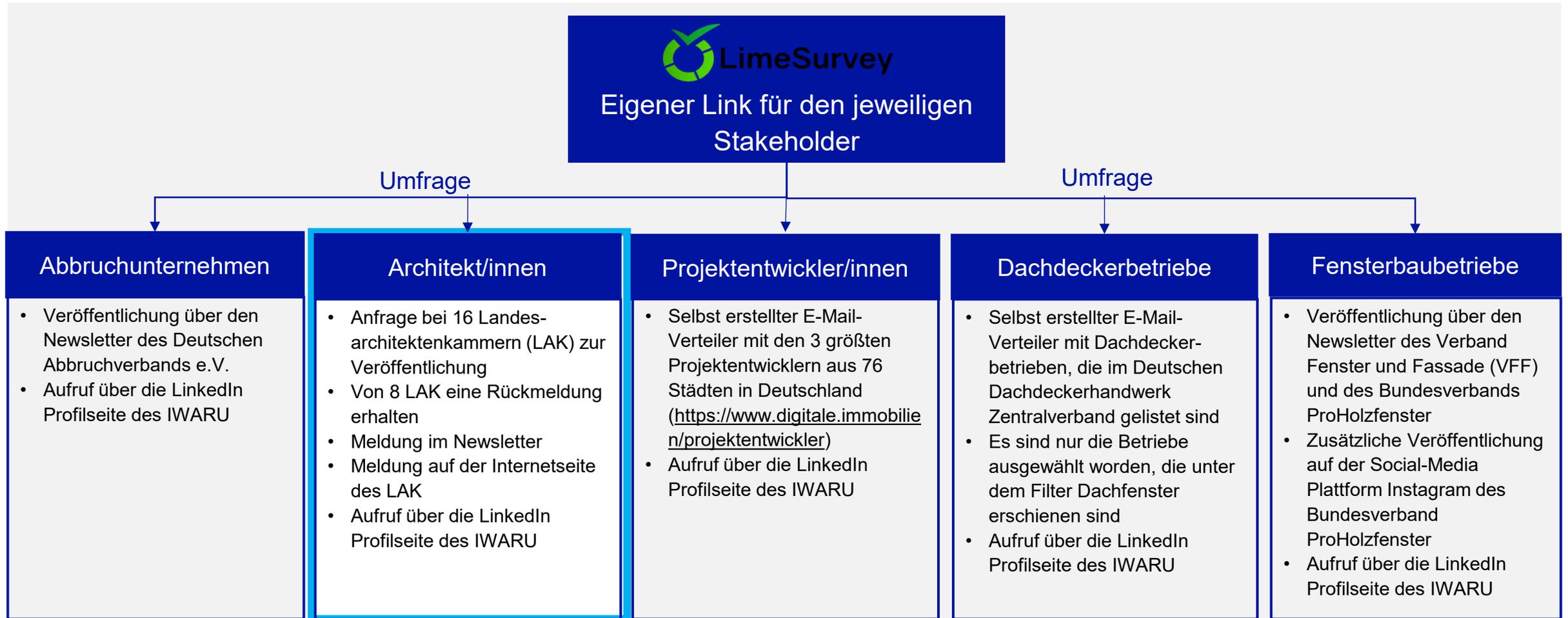
# Erfassung bei einem Rückbau

## Allgemeiner Prozess



# Stakeholder-Umfrage: Rückführung

## Verbreitung der Umfrage



# Stakeholder-Umfrage: Rückführung

## Befragung der Architekten und Architektinnen

Architekten und Architektinnen  
Projektentwickler und -entwicklerinnen

Anzahl befragte Unternehmen 2.861<sup>1</sup>

Teilnahme Unternehmen 46

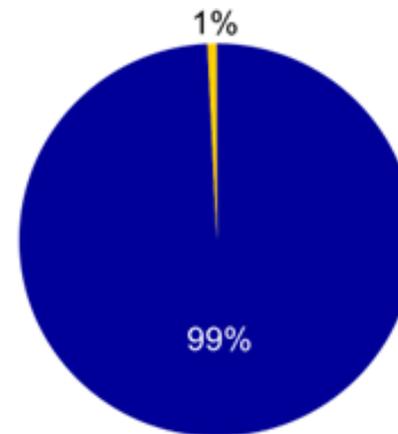
Anzahl an Fragebogen mit  
keiner Antwort 18

Anzahl an ausgewerteter  
Fragebogen 28<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Diese Stakeholder sind zusammengefasst, da es sich um den gleichen Fragebogen handelt. Die Anzahl der befragten 2.625 Architekten und Architektinnen entspricht den Newsletter Abonnenten und Abonnentinnen der LAK. Es sind 236 Projektentwickler und -entwicklerinnen angeschrieben worden.*

*<sup>2</sup>Davon n= 20 Architekt/innen und n=8 Projektentwickler/innen*

Rücklaufquote



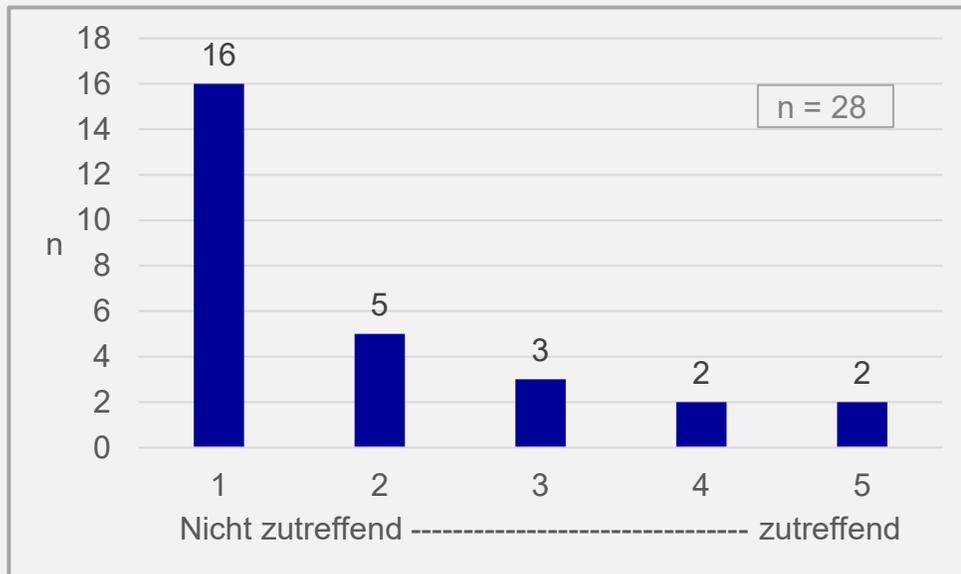
■ Befragte Unternehmen ■ Ausgewertete Fragebogen

- Daten geben einen ersten Eindruck über die Bekanntheit der Rücknahmesysteme und über die Entsorgung von Altfenstern

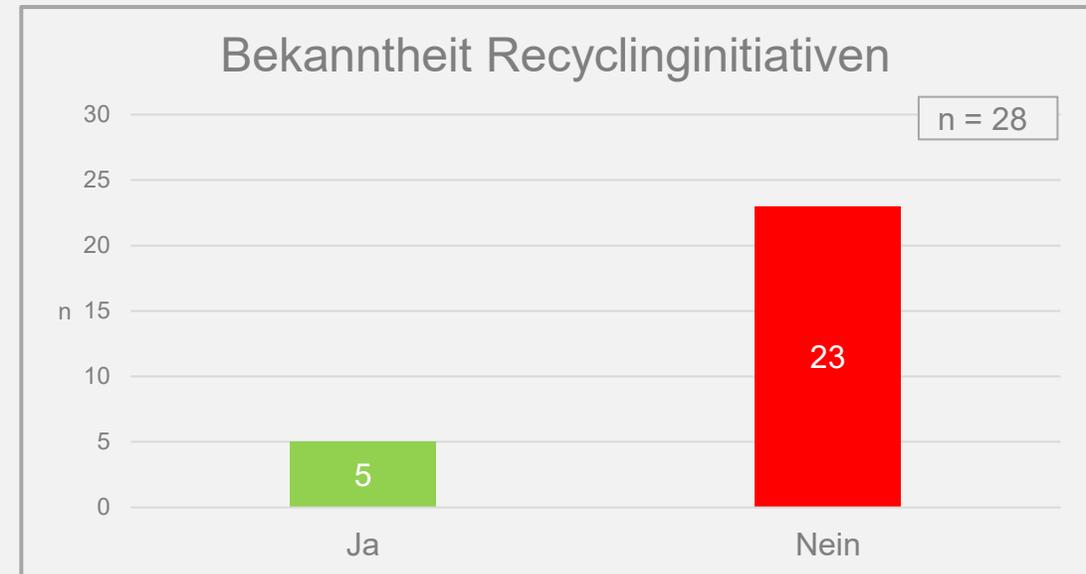
# Stakeholder-Umfrage: Rückführung

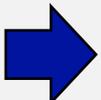
## Rücknahmesysteme

**Fragen Ihre Kunden Recyclingfähigkeit, bei der Auswahl von Fenstern nach?**



**Sind Ihnen Recyclinginitiativen für Altfenster (wie z.B. Rewindo GmbH, A|U|F e. V.) bekannt?**



**Haben Sie bereits mit einer o. g. Recyclinginitiative bei der Entsorgung von Altfenstern zusammengearbeitet?**  **NEIN\***

*\*Nach Angabe der befragten Architekturbüros, Projektentwickler/innen & Dachdeckerbetrieben fand bisher keine Zusammenarbeit statt*

# Exemplarische Interviews

## Architekturbüros

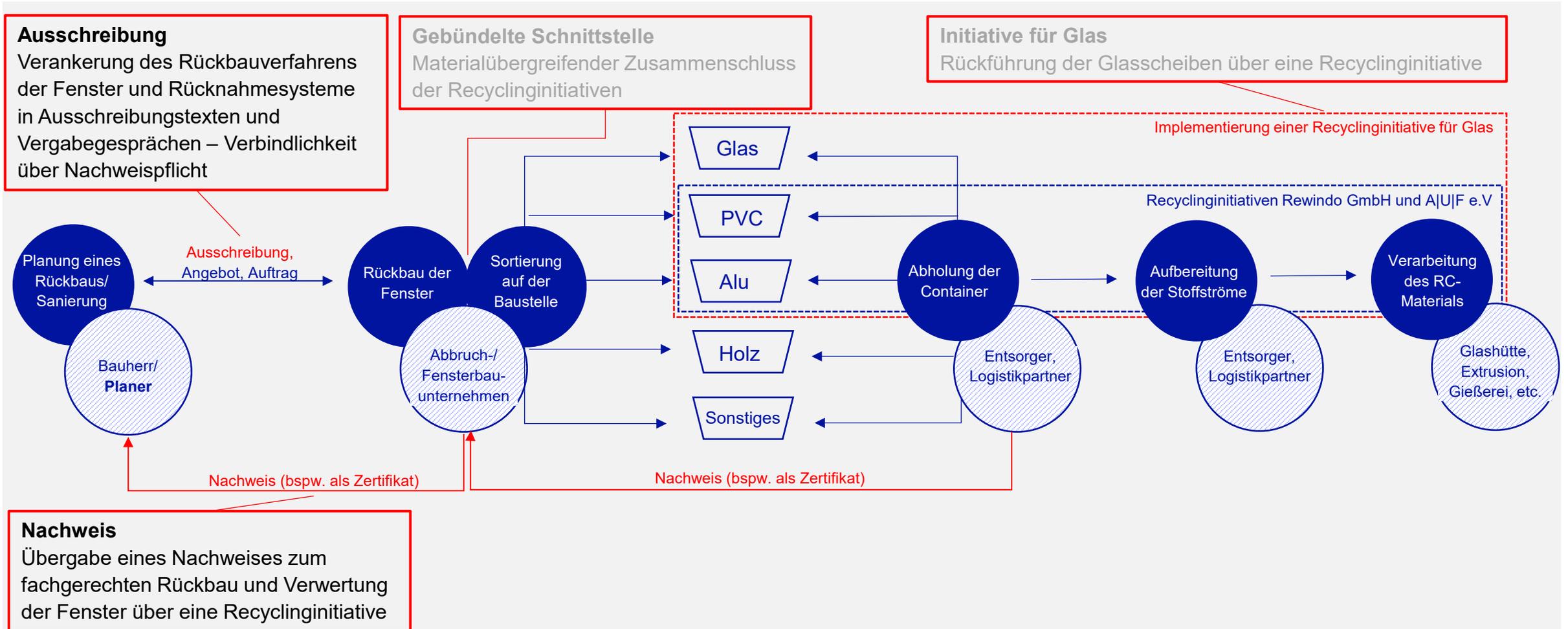
### Planungsprozess – Ausschreibung:

- bei **Sanierungsmaßnahme** wird **zunächst Zustand** des Fensters überprüft
  - **schlechter Zustand** - für eine Entkernung **Abbruchunternehmen** beauftragt; Einbau neuer Fenster erfolgt durch den **Fensterbaubetrieb**
  - sind Fensterrahmen im **guten Zustand**, wird ein **Austausch der Glasscheibe** ausgeschrieben
- Betrachtung des **gesamten Lebenszyklus** bzw. **der Rückbau und die Verwertungswege der Baumaterialien** wird in der **Vorplanung** noch nicht in die Praxis umgesetzt
- **fehlende Informationen und Dokumentationen** über das Fenster im Bestand behindern oft eine Wiederverwendung
- **Vorschriften aus Normungen** schränken den Planungsprozess ein
- **kein Trend für ein bestimmtes Fensterrahmenmaterial**, abhängig von der Bauaufgabe und vom Bauherrn



# Prozess

## Empfehlung Sanierung & Rückbau



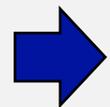
# Fazit



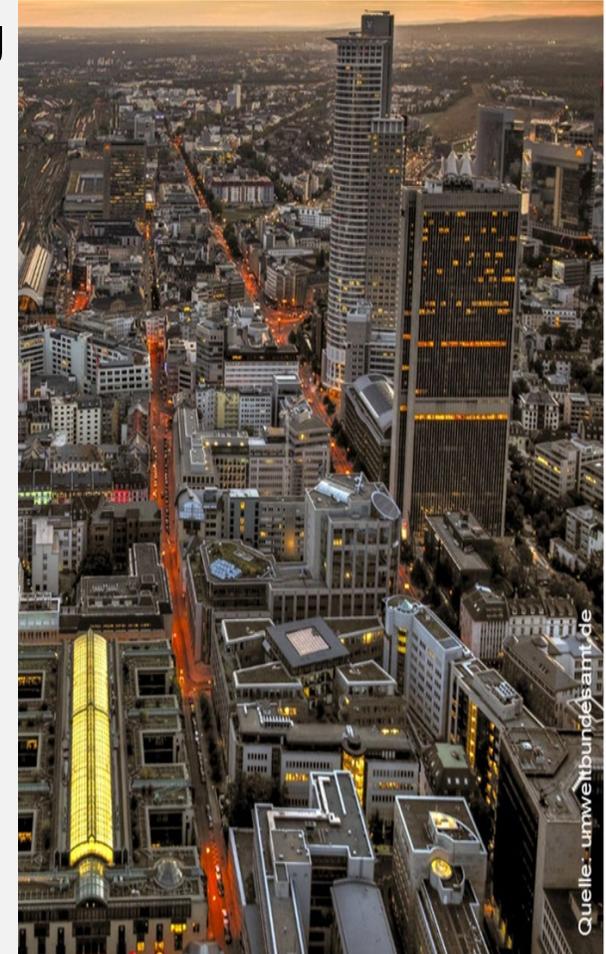
# Fazit: Zirkuläre Wertschöpfung

## Beispiel Fenster

- **bestehende Initiativen** im Bereich Fenster sind auf dem **richtigen Weg** und **sollten ausgebaut** werden, um **Rohstoffe im Kreislauf zu halten**
- **alle Fenstermaterialien** werden adressiert
- **alle Akteure** im Prozess für eine zirkuläre Wertschöpfung sind zu **sensibilisieren** und **frühzeitig** zu verknüpfen
- **Daten** über die verbauten Rohstoffe – **Materialpässe** sowie den **gesamten Lebenszyklus - Bewertungen** möglich)
- **Ausblick: ggf. Einführung neuer Geschäftsmodelle** – Rücknahmesysteme oder *pay per use - Systeme*



**Interdisziplinärer Wissensaustausch** unter allen Akteuren im Prozess



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Prof. Dr. Sabine Flamme

Sprecherin des Vorstands des IWARU  
Leitung der Arbeitsgruppe Ressourcen

Corrensstraße 25    fon +49 (0)251.83 65-253    flamme@fh-muenster.de  
D-48149 Münster    fax +49 (0)251.83 65-260    www.fh-muenster.de

IWARU - Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt  
Arbeitsgruppe Ressourcen    Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme



# Quellen



# Quellen

A U F 2017	<a href="https://www.a-u-f.com/fileadmin/redaktion_auf/content/PDFs/2016-02_AUF_Praesentation.pdf">https://www.a-u-f.com/fileadmin/redaktion_auf/content/PDFs/2016-02_AUF_Praesentation.pdf</a> , Zugriff: 30.05.2017
A U F 2021b	A U F-Wertstoff-Studie, Der geschlossene Wertstoffkreislauf für Aluminium-Altmaterial aus dem Hochbau, Seite 39f., 01/2021, <a href="https://a-u-f.com/wp-content/uploads/2021/newsletter/html5/index.html?pn=1">https://a-u-f.com/wp-content/uploads/2021/newsletter/html5/index.html?pn=1</a> , Zugriff: 14.06.2023
A U F 2023	A U F-Wertstoff-Studie, Der geschlossene Wertstoffkreislauf für Aluminium-Altmaterial aus dem Hochbau, Seite 39f., 01/2021, <a href="https://a-u-f.com/wp-content/uploads/2021/newsletter/html5/index.html?pn=1">https://a-u-f.com/wp-content/uploads/2021/newsletter/html5/index.html?pn=1</a> , Zugriff: 14.06.2023
BBSR 2020	BBSR, Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland, Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds „Errichtung und Nutzung von Hochbauten“ auf Klima und Umwelt, BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2020, Seite 17, <a href="https://www.bbsr.bund.de/SiteGlobals/Forms/Suche/VeroeffentlichungsSuche_Formular.html">https://www.bbsr.bund.de/SiteGlobals/Forms/Suche/VeroeffentlichungsSuche_Formular.html</a> , Zugriff: 20.06.2023
B+L 2023	B+L Marktdaten GmbH, Produktionsanalyse 2022 Fenster Außentüren, Seite 5, 04.2023
Conversio 2023a	Conversio, Abfallmengenszenario und Value Chain für Fenstersysteme in Deutschland, Seite 11, 05.2023 Entwurfsfassung
Conversio 2023b	Conversio, Abfallmengenszenario und Value Chain für Fenstersysteme in Deutschland, Seite 12, 05.2023 Entwurfsfassung
Conversio 2023c	Conversio, Abfallmengenszenario und Value Chain für Fenstersysteme in Deutschland, Seite 14, 05.2023 Entwurfsfassung
Conversio 2023d	Conversio, Abfallmengenszenario und Value Chain für Fenstersysteme in Deutschland, Seite 15, 05.2023 Entwurfsfassung
Deilmann et. al., 2017	Deilmann, C., Reichenbach, J., Krauß, N.; Gruhler, K.: Materialströme im Hochbau – Potenzial für eine Kreislaufwirtschaft, Hrsg.: BBSR Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis, Band 06, Seite 45ff, Bonn, Januar 2017

# Quellen

Destatis 2019	Destatis: Material-Energieflüsse. <a href="https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Tabellen/material-energiefluesse.html">https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Tabellen/material-energiefluesse.html</a> , Zugriff: 20.06.2023
Destatis 2020a	Werte 2020: Deutschland (55%): <a href="https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html">https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html</a> , Zugriff: 20.06.2023
Ecoworks 2023	<a href="https://ecoworks.tech/ecoworks/">https://ecoworks.tech/ecoworks/</a> , Zugriff: 20.06.2023
EU 2014	Hin zu einer Kreislaufwirtschaft. Ein Null-Abfallprogramm für Europa., Europäische Kommission 2014
Höglmeier et al. 2015a	Höglmeier, K.; Weber-Blaschke, G.; Richter, K.: Evaluation of wood cascading. In: Dewulf J, Alvarenga R, Meester S de (Hrsg.) Sustainability Assessment of Renewables-Based Products: Methods and Case Studies. Wiley, Oxford, S. 335–346
KrWG 2012	§ 6 des Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist
Lindner 2023	Lindner Group; <a href="https://www.lindner-group.com">https://www.lindner-group.com</a> , letzter Zugriff 10.06.2023
Rewindo 2021	Kunststofffensterrecycling in Zahlen 2021., Seite 6, <a href="https://rewindo.de/infomaterial/">https://rewindo.de/infomaterial/</a> , aufgerufen 14.06.2023
re!source 2023	re!source: <a href="https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/03/Kriterien_Musterauslobung.pdf">https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/03/Kriterien_Musterauslobung.pdf</a> , Zugriff 10.06.2023
Schiller 2015	Schiller et al.: Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft; Herausgeber: Umweltbundesamt; Publikationen als pdf: <a href="http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-in-deutschland">http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-in-deutschland</a> ; Zugriff: 30.04.2019
tudelft 2023	TU Delft: Facade leasing pilote project. <a href="https://www.tudelft.nl/en/architecture-and-the-built-environment/research/projects/green-building-innovation/facade-leasing/facade-leasing-pilot-project-at-tu-delft">https://www.tudelft.nl/en/architecture-and-the-built-environment/research/projects/green-building-innovation/facade-leasing/facade-leasing-pilot-project-at-tu-delft</a> , Zugriff: 20.06.2023

# Quellen

TUM 2023	TU München: Leasing Fassade. <a href="https://www.arc.ed.tum.de/en/klima/forschung/abgeschlossene-forschungsprojekte/leasing-fassade/">https://www.arc.ed.tum.de/en/klima/forschung/abgeschlossene-forschungsprojekte/leasing-fassade/</a> , Zugriff: 10.06.2023
UBA 2019	Umweltbundesamt: Factsheet Flachglas. <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_flachglas_fi_barrierefrei.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_flachglas_fi_barrierefrei.pdf</a> , Seite 1ff., Zugriff 10.06.2023
UBA 2022	Umweltbundesamt: Anhaltender Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrszwecke, <a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke">https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke</a> letzter Zugriff: 10.11.2022
VFF 2023	Verband Fenster + Fassade: <a href="https://vff-veranstaltungen.de">https://vff-veranstaltungen.de</a> , Zugriff: 20.06.2023

[x1] © Pascal Bierret – stock.adobe.com | 571963748

[x2] © Wolfgang Jargstorff – stock.adobe.com | 7281719

[x3] Tischlerei Pöschke GmbH (2024): Holzfenster Klassik mit Holzwetterschenkel, URL: <https://www.poetschke-fensterbau.de/holzfenster/klassik-hws/>, Zugriff: 15.04.2024

[x4] Veka AG (2024): SOFTLINE 82 MD - Kunststoffprofile für Fenster, URL: <https://www.veka.de/fensterhersteller/produkte-dienstleistungen/fenster/softline-82-md/>, Zugriff: 15.04.2024

[x5] ItsLine Deutscher Fenstershop GmbH (2024): Alu-Fenster MB-86SI, URL: <https://deutscher-fenstershop.de/fenster/aluminium-fenster-mb86si>, Zugriff: 03.05.2024

[x6] Glas Star (2024): 3-fach Wärmeschutz Isolierglas klar - aus Floatglas 4 mm klar (Einbaudicke 30mm), URL: <https://www.glas-star.de/products/3-fach-warmeschutz-isolierglas-klarglas-aus-3-x-float-4-mm-klar-einbaudicke-30mm>, Zugriff: 03.05.2024

[x7] Hof & Schwarz GbR (2024): Schüco Dreh-Kipp Grundbeschlag komplett 400 V160 DIN rechts 277304, URL: <https://www.beschlagsfachhandel24.de/Fenster/Dreh-Kipp-Fenster/AvanTec-SimplySmart/683/Schueco-Dreh-Kipp-Grundbeschlag-komplett-400-V160-DIN-rechts-277304>, Zugriff: 02.05.2024

[x8] MS Group (2024): Geschlossene Stahlverstärkung, URL: <https://www.msfenster.de/geschlossene-stahlverstaerkungen/>, Zugriff: 07.05.2024