



Re-use von Lüftungsrohren

Vorstudie

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Amt für Hochbauten,
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Bearbeitung:

Prof. Heinrich Huber (Hochschule Luzern)
Moritz Bienz
Technikumstrasse 21, CH-6048 Horw
heinrich.huber@hslu.ch
moritzrene.bienz@hslu.ch

Projektleitung:

Franz Sprecher
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/bauen2000watt
> Grundlagen und Studienergebnisse

Zürich, April 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Ausgangslage und Vorgehen.....	5
2.1	Ausgangslage.....	5
2.2	Vorgehen.....	5
2.3	Abgrenzung und Definitionen	5
3	Grundlagen und Recherche	6
3.1	Basisdaten von Wickelfalzrohren.....	6
3.2	Rückbaustufen	6
3.3	Entsorgung von Stahl im Baubereich.....	7
3.4	Bauteilbörsen	7
3.5	Weitere Recherchen.....	7
4	Fachgespräche.....	8
4.1	Fachgespräch mit Praktikern	8
4.2	Fachgespräche mit Spezialisten	10
4.3	Folgerungen aus den Fachgesprächen	10
5	Re-use-Modelle	11
5.1	Rohrlängen und Materialaufwand	11
5.2	Formstücke	11
5.3	Zulässiger Mehraufwand und Produktionsleistung.....	11
5.4	Prozess für Re-use-Rohre.....	13
6	Fazit und weiteres Vorgehen	16
6.1	Weiterverfolgung des Re-use von Lüftungskomponenten.....	16
6.2	Revision VREG	16
7	Literatur- und Quellenverzeichnis	17

1 Zusammenfassung

Die Wiederaufbereitung und die Wiederverwendung (Re-use) von Materialien können wesentliche Beiträge für eine Kreislaufwirtschaft im Baubereich liefern. Abgesehen von einzelnen Anwendungen wie Bauteilbörse oder Re-use-Projekten fehlen aber sowohl Erfahrungen wie auch Grundlagen dazu. Dies gilt insbesondere für die Gebäudetechnik, mit Ausnahme von Radiatoren und Sanitärapparaturen. Im Sinne eines Piloten wird der Re-use von Lüftungsrohren abgeklärt.

Die Recherchen haben ergeben, dass es zurzeit kaum ein Re-use von Lüftungstechnischen Komponenten gibt. Die Fachgespräche und eine Analyse einer fiktiven Prozesskette haben aufgezeigt, dass ein Re-use von Lüftungsrohren trotz den standardisierten Dimensionen aufwendig ist. Die Gewährleistung einer minimalen Qualität und Verfügbarkeit stellen zudem Anforderungen, die nur mit Strukturen erfüllt werden können, wie sie heute bei Produzenten von neuen Lüftungsrohren vorhanden sind.

Bei heutigen Preisen dürfte es heute kaum möglich sein Re-use-Rohre zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen anzubieten. Zudem wird auch das Potential für den Anteil-Re-use an der gesamten Luftverteilung als eher gering eingeschätzt. Durch Ressourcenknappheit, steigende Energiepreise und CO₂-Kompensation könnte sich die Situation aber in Zukunft ändern.

Es wird empfohlen in einem nächsten Schritt andere Lüftungstechnische Komponenten für Re-use ins Auge zu fassen. Die Kriterien für die Evaluation solcher Komponenten sind:

- Hohe volumenspezifische Kosten
- Hoher volumenspezifischer Materialeinsatz
- Einfache Demontage
- Hohe Standardisierung
- Hoher Anteil an Hardware und wenig Elektronik, resp. einfach austauschbare Elektronik

Bei der Revision der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) fallen voraussichtlich auch Wohnungslüftungsgeräte unter die Rückgabepflicht. Wieweit andere Lüftungskomponenten mit elektrischen und elektronischen Bauteilen unter die neue VREG fallen, ist noch unklar. Allenfalls könnte mit der Stiftung SENS Kontakt aufgenommen werden, um zu prüfen, wie weit Re-use-Lösungen anstelle von Recycling möglich wären.

2 Ausgangslage und Vorgehen

2.1 Ausgangslage

Die Wiederaufbereitung und die Wiederverwendung (Re-use) von Materialien können wesentliche Beiträge für eine Kreislaufwirtschaft im Baubereich liefern. Abgesehen von einzelnen Anwendungen wie Bauteilbörse oder Recycling-Beton fehlen aber sowohl Erfahrungen wie auch Grundlagen dazu. Dies gilt insbesondere für die Gebäudetechnik. Das AHB will das Thema Re-use angehen und mit einem Pilot-Projekt eine Basis für weitere Analysen schaffen. Als Thema für diesen Piloten wurden Lüftungsrohre gewählt.

Aus den Studien SYGREN [1] und «Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnbauten» [2] kann geschlossen werden, dass die Luftverteilung aus verzinktem Stahlblech 20 bis 40 % der grauen Treibhausgasemissionen von der gesamten Lüftungsanlage enthalten. Die Frage nach der Wiederverwendung, resp. Re-use von Lüftungsrohren ist daher berechtigt.

2.2 Vorgehen

Der heutige Wissensstand zum Re-use von Lüftungsrohren wird als gering erachtet. Zudem weist das Thema eine beachtliche Komplexität auf. Daher wird ein zweistufiges Vorgehen gewählt.

In der vorliegenden ersten Phase (Vorstudie) wird der Wissensstand mittels Recherche, sowie Fachgespräche und Interviews mit Spezialisten und Praktikern ermittelt. Zudem wird ein exemplarisches Re-use Modell skizziert. Schlussendlich werden ein Fazit gezogen und Vorschläge für das weitere Vorgehen erstellt.

2.3 Abgrenzung und Definitionen

Im Projekt werden nur runde, verzinkte Wickelfalzrohre (auch Spiralfalzrohre oder kurz Spirorohre genannt) behandelt, die für den Einsatz in Lüftungsanlagen in Gebäuden bestimmt sind. Diese Rohre fallen in den Gültigkeitsbereich der SN EN 12237 [3] und SN EN 1506 [4].

Da die am häufigsten verwendeten Durchmesser 100 bis 200 mm betragen, wird von diesen Dimensionen ausgegangen.

Im Text werden wegen der Lesbarkeit und teilweise als Vereinfachung die alternativen Bezeichnungen gemäss Tabelle 1 verwendet.

Tabelle 1 Begriffe und alternative Bezeichnungen

Begriff	alternative Bezeichnung
Wickelfalzrohr	Spirorohre, abgekürzt auch Rohr
Recycling	Wiederverwertung (als Verb: wiederverwerten)
Re-use	Wiederverwendung (als Verb: wiederverwenden)

3 Grundlagen und Recherche

3.1 Basisdaten von Wickelfalzrohren

In der Studie SYGREN [1] wurde auf Basis von Daten von Klingler 2014 [5] die grauen Treibhausgasemissionen (THG) von Spirorohren gemäss Tabelle 2 abgeschätzt. Dabei wird beim heute verwendeten Stahl von einem rezyklierten Anteil von 37 % ausgegangen. Zudem finden sich in den rechten Spalten Werte, die bei Stahl von einem rezyklierten Anteil von 100 % ausgehen. Für den rezyklierten Stahl werden die THG für den Elektroofen-Prozess aus Hiebel und Nühlen [7] eingesetzt.

Tabelle 2 Graue Treibhausgasemissionen (TGH) von Spirorohren

Material/Prozess	Anteil rezyklierter Stahl			
	37 %		100 %	
	THG		THG	
	in %	kg CO ₂ -Äq./ kg Rohr	in %	kg CO ₂ -Äq./ kg Rohr
Stahl	39	1.27	17	0.40
Verzinkung	30	0.98	41	0.98
Verarbeitung und Fabrikation	27	0.88	37	0.88
Kunststoffe (Gummidichtungen)	2	0.06	3	0.06
Transport	2	0.06	3	0.06
Total	100	3.25	100	2.38

In Tabelle 3 sind Daten von Spirorohren zusammengestellt. Die Abmessungen, Gewichte und Preise stammen aus dem Preisbuch der Fa. Schmidlin AG [5]. Im Rahmen dieser Arbeit interessiert der Einkaufspreis der Installationsfirma plus Mehrwertsteuer. Es wurde angenommen, dass der typische Rabatt gegenüber dem Preisbuch bei 30 % liegt.

Bei allen aufgeführten Durchmessern beträgt die Wandstärke 0.5 mm.

Tabelle 3 Basisdaten von Wickelfalzrohren

Durchmesser	Werte für ein Rohrstück von 3 m Länge			
	Einkaufspreis	Gewicht	Treibhausgasemissionen bei einem Anteil an rezykliertem Stahl von	
37 %			100 %	
mm	Fr.	kg	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.
80	16.2	3.30	10.7	7.8
100	19.8	4.23	13.7	10.1
125	25.1	5.28	17.2	12.6
160	32.3	6.75	21.9	16.0
200	39.8	8.46	27.5	20.1

3.2 Rückbaustufen

Gemäss Schneider [9] soll ein Rückbau in folgenden fünf Stufen erfolgen:

- In der **ersten Rückbaustufe** werden schonend in Handarbeit Bauteile ausgebaut, die wieder verwendet werden können. (z. B. Geräte und Maschinen der technischen Gebäudeausrüstung, Heizkörper, Verteiler, Schaltschränke, Sanitärarmaturen und Objekte, demontierbare Trennwände u.Ä.).
- In der **zweiten Rückbaustufe** sollen wieder verwendbare Bauteile demontiert werden, die einer Aufarbeitung durch Reinigung oder Reparatur bedürfen (z.B. Türen, Fenster, Oberlichter, **Lüftungskanäle**, Rollläden, Kabel, Kabelkanäle, Klimakanäle, Bodenbeläge, Decken- und Wandverkleidungen, Holztreppen und Geländer etc.) Von Vorteil sind dabei gut lösbare Verbindungselemente wie Schraub-, Steck- und Klemmverbindungen
- In der **dritten Rückbaustufe** sind Baustoffe auszubauen, die seit langem **recycelt** und bei den Herstellern wieder als Sekundärrohstoff in den Materialkreislauf integriert werden (z.B. Dachstuhl, Eisenmetalle aus Stahlkonstruktionen im Dach- und Fassadenbereich von Gittern, Zäunen, Toren und Türen, Stahlkonsolen und Anker, Aluminium, Zink, Blech, Kupfer und Blei aus Dach. Und Fassadenkonstruktionen, Glas aus Fenstern, Fassaden, Türfüllungen etc.)
- In der **vierten Rückbaustufe** sollten alle noch verbliebene Bauteile des Innenausbaus oder Gebäudetechnik ausgebaut werden (z.B. Dämmmatten, Füllschäume, Teerpappen, Bodenbeläge etc.) Die verbleibende Baumasse soll von allen Bauteilen, Stoffen und Verunreinigungen befreit werden, die das Recycling des restlichen Rohbaus behindern.
- Die **fünfte Rückbaustufe** ist der konventionelle Abbruch des Rohbaus. Hierbei kann eine gleichzeitige Sortierung der Abbruchmassen nach Stahlbeton, unbewehrtem Beton, verschiedenem Mauerwerk und nicht frostbeständigem Material wie Gips oder Porenbeton erfolgen.

3.3 Entsorgung von Stahl im Baubereich

Gemäss dem Bericht von Ramseier und Frischknecht [6], der als Grundlage für die aktuellen KBOB-Daten dient, wird davon ausgegangen, dass Metalle zu 100 % rezykliert werden.

3.4 Bauteilbörsen

Für Bauteilbörsen sind genormte Bauteile und Komponenten grundsätzlich interessant. Flynn [8] beschreibt in einem Fachartikel ein beachtliches Angebot, wie Küchengeräte, Türen, Fenster, Küchen und Badezimmereinrichtungen samt WC-Schüsseln, Lavabos und Badewannen sowie Armaturen und Beschläge. Ebenfalls sind Heizkörper in solchen Börsen zu finden. Es finden sich aber keine Hinweise auf Bauteile und Komponenten aus dem Lüftungsbereich.

3.5 Weitere Recherchen

Weder in den aufgeführten Quellen noch bei weiteren Recherchen wurden konkrete Anwendungen oder Hinweise zur Wiederverwendung, resp. Re-use von Lüftungsrohren oder Lüftungskanälen gefunden.

4 Fachgespräche

4.1 Fachgespräch mit Praktikern

Das erste Gespräch erfolgte am 17.12.2021 und ist in einer Aktennotiz [9] dokumentiert. Die Teilnehmer waren

- Alfred Freitag, Präsident SVLW¹
- Samy Nachmansohn, Geschäftsführer Dresohn AG, Mettmenstetten
- Peter Amacher, Geschäftsführer SVLW

Alfred Freitag befasst sich mit der KBOB-Liste (Werte für UBP, graue Primärenergie, graue Treibhausgasemissionen), bei welcher Lüftungsanlagen eher schlecht abschneiden. Diese Daten sollen überprüft werden. Dabei werden Grundlagen und Normen, wie z. B die DIN EN 4556-2020-3 «Bewertung des Anteils an wiederverwendeten Komponenten» (welche eher energierelevante Produkte betrachtet) berücksichtigt. Die Behandlung von Ökobilanzen und der Umgang mit der Kreislaufwirtschaft in der Lüftungstechnik sind noch Neuland.

Samy Nachmansohn ist der Geschäftsführer der Fa. Dresohn. Die Firma bietet ein grosses Sortiment von Lüftungstechnischen Produkten an, unter anderem auch Spirorohre.

Diskussion über Spirorohre: Bei Lüftungsanlagen in Wohnungsbauten werden meistens Spirorohre mit dem Durchmesser 125 bis 160 eingesetzt. Diese werden in 3 m langen Stücken geliefert und auf dem Bau auf die benötigten Einbaulängen zugeschnitten. Für die Befestigung und Verbindung werden Löcher gebohrt (Selbstbohrschrauben, Nieten). Aus diesem Grund müssten die Rohre nach dem Ausbau gekürzt werden. Für eine Wiederverwendung würden durch die kleineren Leitungstücke mehr Verbindungselemente benötigt. Dazu kommt, dass ein grosser Teil der ausgebauten Rohre eh schon kürzer wäre als die Standardlänge von 3 m. Die Teilnehmer stimmen überein, dass aufgrund dieses Beispiels und weiteren in der Beilage aufgeführter Aspekte ein Re-use von Lüftungsrohren eher als schwierig beurteilt wird.

Das Recycling von Luftleitungen und Formteilen aus verzinktem Stahlblech wird selbst bei einbetonierten Teilen als rel. gut machbar beurteilt. Dies zeigt ein Versuch mit einem Verteiler aus Stahlblech, welcher zu über 90% aus dem Beton extrahiert werden konnte.

Es wurde diskutiert ob und welche Lüftungsbauteile allenfalls besser für Re-use geeignet sind. Mögliche Kandidaten sind:

1. Lüftungsgeräte, ev. Komponenten davon z.B. die Ventilatoren
2. Wohnungslüftungsboxen

Als Beispiel: Wohnlüftungsboxen werden revisionsfreundlich erstellt und dadurch ist ein einfacher Ausbau möglich. Wichtige Kriterien für die Auswahl einer optimal geeigneten Komponente für Re-use sind:

- Hohe Standardisierung
- Hohe Investitionskosten (im Vergleich zu Spirorohren)
- Hoher Materialeinsatz (Gewicht als Indikator für graue Treibhausgasemissionen)

Interessante Komponenten könnten allenfalls in weiteren Projekten zusammen mit der Industrie auf ihr Re-use-Potential hin untersucht werden. Die Motivation der Industrie könnte durch die Trends der «Sustainable Development Goals» begründet sein. Eine Beobachtung ist, dass heute

¹ Schweizerischer Verein Luft- und Wasserhygiene

die Standardisierung in Nordeuropa stärker vorangeschritten ist als in Südeuropa. Die Teilnehmer gehen davon aus, dass der Trend zur Standardisierung weiter voranschreitet.

4.2 Fachgespräche mit Spezialisten

Das zweite Gespräch erfolgte am 14.01.2022 mit Alex Primas, Heinrich Huber und Moritz Bienz und ist in einer Aktennotiz [10] festgehalten. Spirorohre sind insofern anspruchsvoll, als dass die Rohre von 3 oder 6 m meist auf der Baustelle auf die Einbaumasse abgelängt werden und danach für den Re-Use kein genormtes Mass haben. Zudem würden bei Re-use zusätzliche Verbindungsstücke (Muffen) benötigt.

Bei Bauteilbörsen ist fast kein Markt für HLK-Komponenten vorhanden. Meist finden sich nur für Sanitärarmaturen und Heizungsradiatoren.

Luftkanäle und Rohre werden immer mehr nach Bestellung angefertigt, um so die Lagerkosten zu vermeiden. Spirorohre, welche an Lager genommen werden, um wieder verkauft zu werden, stellen hier einen Interessenkonflikt dar.

Für das Re-use von anderen lufttechnischen Komponenten müssen folgende Faktoren mit betrachtet werden: Bei Apparaten ist nur als Hardware geeignet, da die Elektronik und Software schnell veraltet ist. Eine Möglichkeit bilden Apparate, welche genormte Abmessungen aufweisen.

4.3 Folgerungen aus den Fachgesprächen

In den Fachgesprächen hat sich gezeigt, dass es zum Re-use von Spirorohren gewichtige Hemmnisse gibt. Zwar ist durch die genormten Durchmesser ein hoher Grad an Standardisierung vorhanden, jedoch sind die tiefen Materialkosten ein Problem.

Ein höheres Potential für Re-use könnten Apparate und Geräte haben. Zusätzlich müssen die Elemente in der Regel geprüft werden, bevor diese wieder eingesetzt werden können. Die restliche Lebensdauer der Re-use-Produkte muss ebenfalls beachtet werden, sowie Garantiefragen. Das Gewicht und der Preis (bezogen auf das Volumen) bieten hier bessere Voraussetzungen. Wesentlich sind aber auch hier standardisierte Grössen.

5 Re-use-Modelle

5.1 Rohrlängen und Materialaufwand

Verbindungsstellen von Rohren und Formstücken werden bei der Montage mit Selbstbohrschrauben und teilweise mit Nieten fixiert. Re-use-Rohre müssen so weit gekürzt werden, dass keine Löcher von dieser Verbindungstechnik vorhanden sind.

Eine grundsätzliche Frage ist, ob ein Re-use-Sortiment gegenüber neuen Rohren kürzere Standardlängen aufweist oder ob Re-use-Rohre bei der Aufbereitung mit Muffen zu Standardlängen zusammengefügt werden. In beiden Fällen wird bei der Aufbereitung ein Verschnitt anfallen und in der gesamten Bilanz ist der Materialaufwand für zusätzliche Muffen zu berücksichtigen. Dazu werden folgende Annahmen getroffen:

- Von den ausgebauten Rohren, die in dem Re-use-Prozess zugeführt werden, fällt 20 % als nicht verwertbarer Verschnitt und Ausschuss an.
- Auf 5 m Leitungslänge ist eine zusätzlich Muffe erforderlich.

In Anlehnung an das Schmidlin Preisbuch Rohre wird für eine dichte Muffenverbindung ein Materialpreis von Fr. 5.- angenommen. Das Gewicht einer Muffe liegt zwischen 0.2 und 0.3 kg.

5.2 Formstücke

Neben Lüftungsrohren kommen Formstücke wie Bögen oder T-Stücke für ein Re-use infrage. Gegenüber Rohren haben sie einen höheren Preis, was aus ökonomischer Sicht ein Vorteil für Re-use ist. Ein Nachteil ist, dass Formstücke im Bereich der Steckverbindung oft Löcher von Schrauben oder Nieten aufweisen. Je nach Position kann dies die Dichtheit schwächen. Heute werden meistens Verbindungen mit Lippendichtungen verwendet. Formstücke ohne diese Dichtungen müssten ausgeschieden werden. Bei Formstücken mit Lippendichtungen wären diese zu ersetzen.

Wegen der Vielzahl von möglichen Formstücken müsste sich ein Re-use auf rund fünf oft verwendete Formen beschränken.

Insgesamt wird ein Re-use von Formstücken als kaum praktikabel beurteilt und nicht weiterverfolgt.

5.3 Zulässiger Mehraufwand und Produktionsleistung

Bei diesem Ansatz wird beurteilt wieviel Arbeitszeit für einen Meter Re-use-Rohr aufgewendet werden darf, damit die Kosten gleich hoch sind, wie bei der Beschaffung von neuen Rohren. Die zusätzliche Arbeitszeit betrifft den gesamten Aufwand ab der Aussortierung auf der Rückbaustelle bis zur Auslieferung ab dem Lager der Re-use-Rohre. Eine zweite Überlegung ist, wie viel Meter Re-use-Rohre pro Vollzeitstelle und Stunde aufbereiten müssten, um den Aufwand zu decken.

Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Infrastrukturkosten (Räume, Maschinen) sind gleich hoch wie bei neuen Rohren.
- Gegenüber neuen Rohren muss für Re-use-Rohre pro Meter durchschnittlich Fr. 1.- für zusätzliche Muffen aufgewendet werden.
- Für die Entsorgung von ausgebauten Rohren fallen keine Kosten an.

- Der zulässige Mehraufwand wird mit einem mittleren Stundensatz von Fr./h 80.- berechnet (1600 verrechenbare Stunde pro Jahr, inkl. MwSt.). Dies versteht sich als Mittelwert für alle involvierten Funktionen (manuellen Arbeiten, Logistik, Verwaltung, Verkauf), was ein konservativer Wert zugunsten von Re-use-Rohren ist.

Tabelle 4 zeigt die Materialkosten, die bei den aktuellen Preisen pro Meter Re-use-Rohr eingespart werden können. Das heisst, dass diese Kosten für den Wiederverwendungsprozess aufgewendet werden können. Dabei ist keine Gutschrift für die vermiedenen CO₂-Emissionen eingerechnet.

In Abbildung 1 sind die zulässigen Kosten pro Meter Re-use-Rohr aufgeführt, wenn Gutschriften für die vermiedenen CO₂-Emissionen angerechnet werden. Der höchste Preis von 1100 Fr. pro Tonne entspricht dem Beitrag, der bei Climeworks [14] für Tonne CO₂-Kompensation bezahlt wird.

Abbildung 2 zeigt die zulässige Arbeitszeit pro Meter Re-use-Rohr bei verschiedenen Preisen pro vermiedene Tonne CO₂ bei den oben aufgeführten Annahmen.

Tabelle 4 Zulässige Kosten pro Meter Re-use-Rohr, ohne Gutschrift für vermiedene CO₂-Emissionen

Pos	Beschreibung	Einheit	Durchmesser in mm				
			80	100	125	160	200
1	Preis für ein neues Rohr	Fr./m	5.40	6.59	8.36	10.77	13.26
2	Kosten für zusätzliche Muffen	Fr./m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Zulässige Kosten für Re-use-Rohre (ohne Kosten für CO ₂ -Kompensation)	Fr./m	4.40	5.59	7.36	9.77	12.26

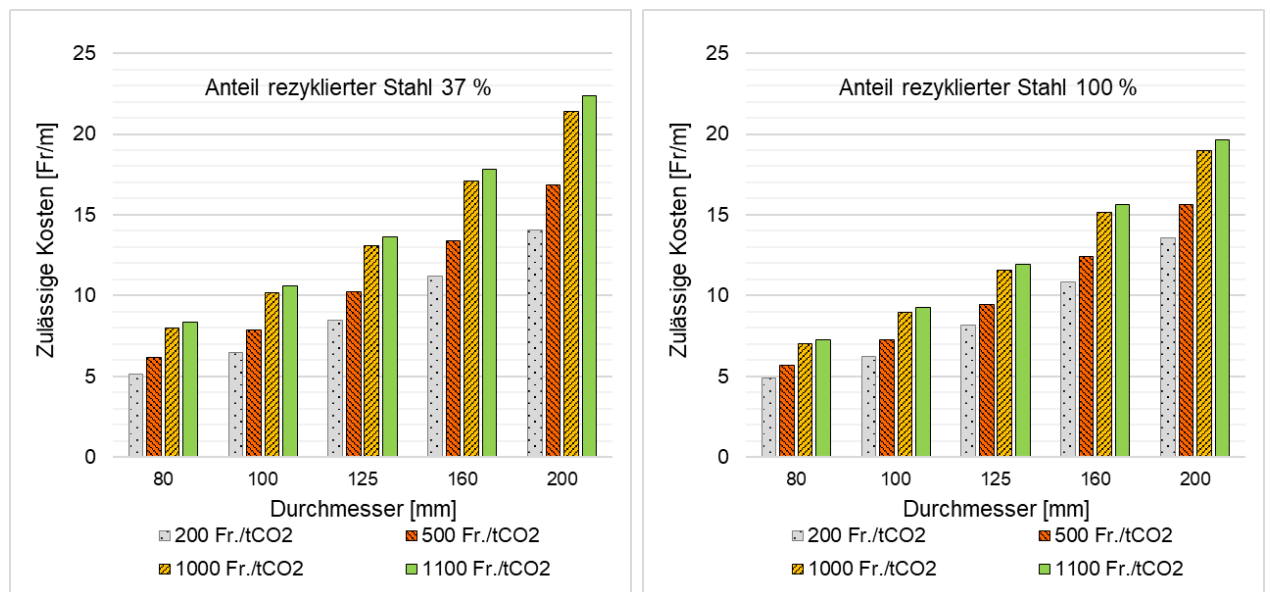


Abbildung 1: Zulässige Kosten pro Meter für Re-use-Rohr bei verschiedenen Preisen für vermiedene CO₂-Emissionen, sowie einem Anteil an rezykliertem Stahl von 37 % (links) und 100 %

Ablesebeispiel: Bei einem Anteil an rezykliertem Stahl von 100 % und 500 Fr. pro Tonne CO₂-Kompensation darf ein Re-use-Spirorohr mit einem Durchmesser von 160 mm 12.5 Fr./m kosten damit es nicht teurer ist als ein neues Spirorohr.

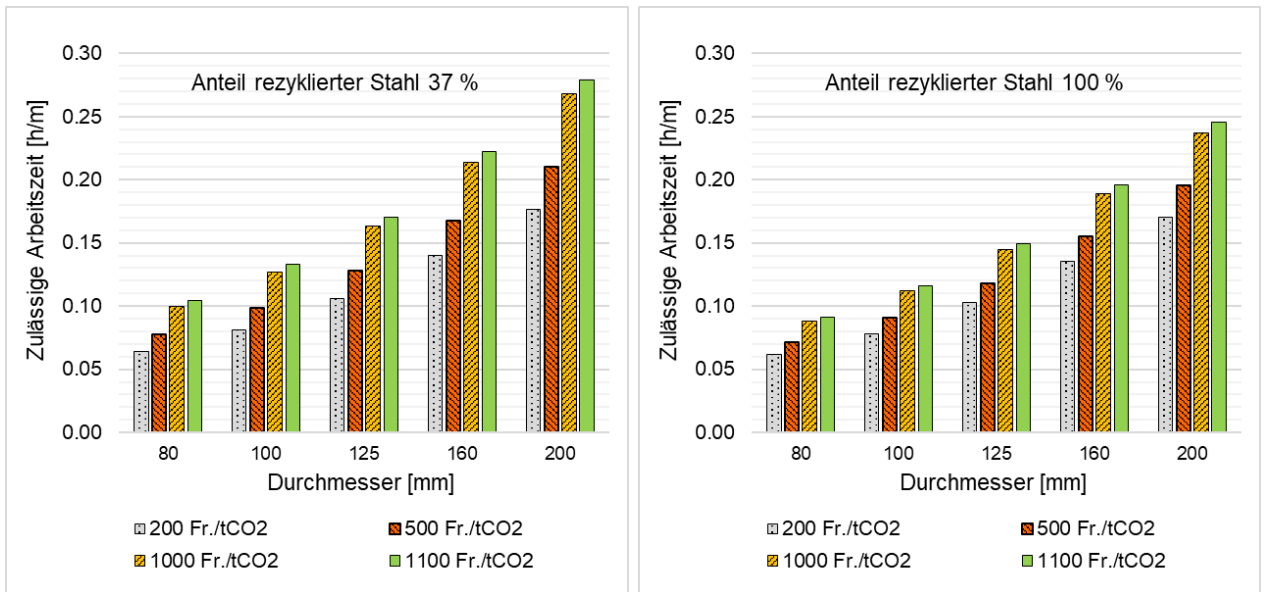


Abbildung 2: Zulässige Arbeitszeit pro Meter für Re-use-Rohr bei verschiedenen Preisen für vermiedene CO₂-Emissionen, sowie einem Anteil an recyceltem Stahl von 37 % (links) und 100 % (Annahmen s. Text)

Ablesebeispiel: Bei einem Anteil an recyceltem Stahl von 100 % und 500 Fr. pro Tonne CO₂-Kompensation darf für ein Re-use Spirorohr mit einem Durchmesser von 160 mm ein Arbeitsaufwand von 0.155 Stunden (9.3 Minuten) pro Metter anfallen, damit es bei den getroffenen Annahmen (u.a. Stundensatz von 80 Fr./h) nicht teurer ist als ein neues Spirorohr.

Mit der Annahme, dass vorwiegend Durchmesser 125 und 160 mm verarbeitet werden, müssten pro Vollzeitstelle an einem Arbeitstag zwischen 36 und 78 m und in einem Jahr zwischen 7'200 und 15'600 m Re-use-Rohre aufbereitet werden.

5.4 Prozess für Re-use-Rohre

Im Folgenden wird ein fiktiver Musterprozess für Re-use-Rohre beschrieben.

Planung

Bei der Planung des Rückbaus muss entschieden werden, ob die Rohre dem Re-use- oder Recycling-Prozess zugeführt werden sollen.

Auf der Rückbaustelle müssen separate Container für Re-use-Rohre bereitstehen.

Demontage

Bei Re-use ist bei der Demontage eine höhere Sorgfalt erforderlich, damit die Rohre nicht mechanisch beschädigt werden.

Auf der Rückbaustelle werden die wiederverwertbaren Rohrstücke aussortiert und in einem separaten Container gesammelt.

Die Container werden von der Rückbaustelle zur Aufbereitung transportiert.

Aufbereitung

In der Aufbereitung fallen folgende Arbeitsschritte an:

- Optische Kontrolle auf mechanische Beschädigungen und Korrosion
- Optische Beurteilung der Qualität, spez. Falztechnik und Dichtheit
- Zuschnitt auf neue Standardmasse
- Entsorgen von Ausschuss und Verschnitt
- Reinigung der Rohre, die wiederverwertet werden
- Endkontrolle
- Erfassung im EDV-System
- Einlagern
- Vorbereitung Spedition (Palettierung, Lieferscheine)
- Administration (Logistik, Verkauf)

Ab der Aufbereitungsstelle werden die Re-use-Rohre zum Lager des Herstellers resp. Grosshändlers transportiert. Von dort werden sie in die Auftragslose eingeschleust und zusammen mit dem neuen Material für die Luftverteilung zur Installationsfirma oder direkt auf die Baustelle geliefert.

Bis nach der Reinigung ist ein persönlicher Arbeitsschutz erforderlich, wie er für die Reinigung von Lüftungsanlagen erforderlich ist (Schutzmaske, Schutzanzug, Handschuhe).

Handling bei der Planung und Installation in Neuanlagen

Mit dem aktuellen Wissen lässt sich nicht beurteilen, ob Re-use-Rohre allenfalls nur für Abluft oder untergeordnete Nutzungen eingesetzt werden können. Das würde eine Kennzeichnung und ein Mehraufwand bei der Logistik bedeuten.

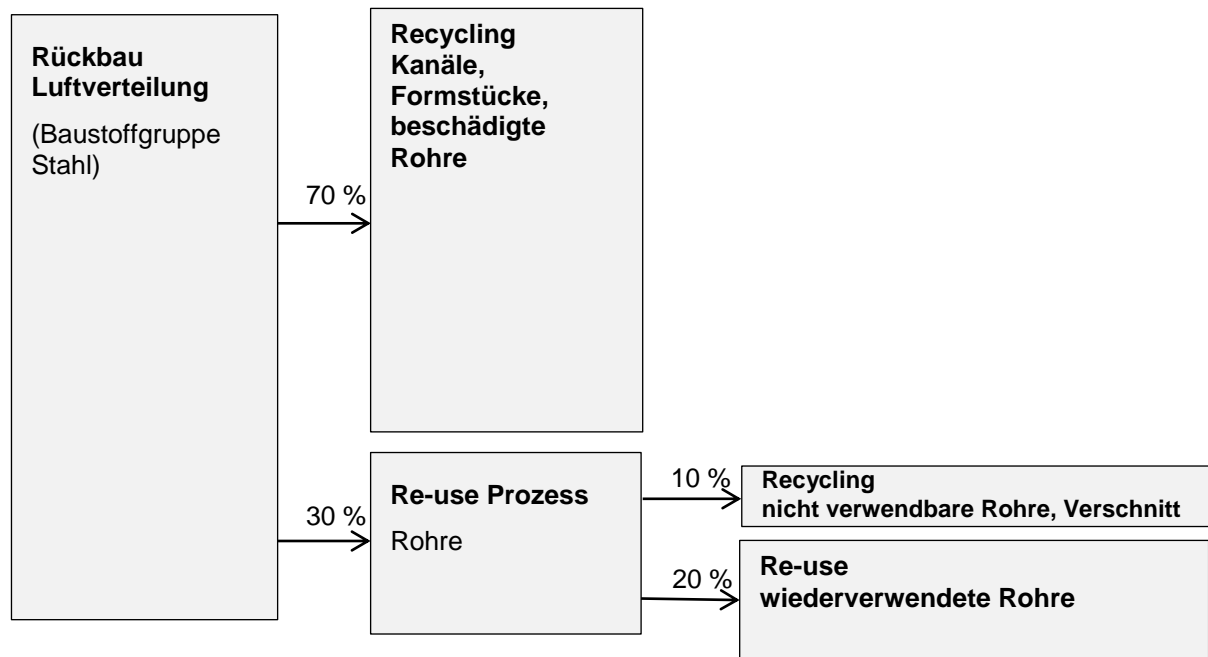
Vermarktung

Für potentielle Anbieter von Re-use-Rohren stellt sich die Frage, wie Re-use-Rohre vermarktet werden. Kann ein Öko-Image aufgebaut werden, das einen gleich hohen oder gar höheren Verkaufspreis erlaubt wie für neue Rohre? Dazu gehört der Abbau von Vorbehalten gegenüber der hygienischen Qualität, da mit einer Reinigung die gleiche Reinheit wie bei neuen Rohren erreicht werden kann. Weiter spielt die optische Erscheinung eine Rolle: Re-use-Rohre weisen durch die Alterung eine graue, matte Oberfläche auf, im Vergleich zu metallisch glänzenden Oberflächen von neuen Rohren.

Eine weitere Frage ist, wie mit Anforderungen an die Dichtheit und Beständigkeit umgegangen wird.

Abschätzung Materialfluss

Abbildung 3 zeigt eine grobe Abschätzung des Materialflusses einer fiktiven Prozesskette für die Wiederverwendung von Lüftungsrohren. Auf Basis der Studie "Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnbauten" [2] wird geschätzt, dass bei Mehrwohnungsanlagen und typischen Bürolüftungen der Gewichtsanteil von Spirorohren bei rund einem Drittel des Gewichts der gesamten Luftverteilung aus verzinktem Stahlblech liegt. Es wird angenommen, dass etwa 15% der Spirorohre



so stark beschädigt sind, dass sie bereits ab der Rückbaustelle dem Recycling zugeführt werden. Eine weitere Annahme ist, dass etwa ein Drittel des Rohrmaterials, das in den Re-use-Prozess kommt, nicht verwertbar ist oder als Verschnitt im Recycling landet. Mit diesen Annahmen wären rund 20 % der Luftverteilung aus verzinktem Stahlblech wiederverwendbar.

Abbildung 3: Vereinfachtes Modell für den Materialfluss für die Wiederverwertung und Wiederaufbereitung von Lüftungsrohren (grobe Schätzung)

Beurteilung des Prozesses

Der Prozess der Aufbereitung ist so anspruchsvoll, dass eine Lösung mit Bauteilbörsen nicht infrage kommt. Zudem wäre es unrealistisch, dass sich eine Installationsfirma die Lüftungsrohre für ein Bauprojekt bei verschiedenen Baustellbörsen zusammensucht. Bei einer Ausrichtung auf Kleinobjekte, wie WC-Abluft für EFH, wäre die wiederverwertbare Mengen an Lüftungsrohren marginal.

Eine professionelle und mengenmässig relevante Wiederverwendung würde eine Struktur erfordern, wie sie bei Herstellern von neuen Lüftungsrohren vorhanden ist. Im beschriebenen Prozess steckt viel Handarbeit, die sich nur schwer automatisieren lässt. Es ist daher unklar, ob die wirtschaftlich erforderliche Produktionsleistung bei den heutigen Rahmenbedingungen erbracht werden kann.

Im jetzigen Zeitpunkt lässt es sich ökonomische kaum rechtfertigen Re-use-Rohr in der Lüftungstechnik einzusetzen. Jedoch könnte dies auf längere Sicht durch künftige Preissteigerungen, ausgelöst durch Energie- und Ressourcenknappheit, interessant werden.

6 Fazit und weiteres Vorgehen

6.1 Weiterverfolgung des Re-use von Lüftungskomponenten

Die Recherchen haben gezeigt, dass es zurzeit kaum ein Re-use von Lüftungstechnischen Komponenten gibt. Demgegenüber scheint das Recycling von Metallwerkstoffen gut zu funktionieren.

Die ausgeprägte Standardisierung von Lüftungsrohren wäre grundsätzlich für eine gute Voraussetzung für Re-use. Dagegen sprechen der geringe volumenspezifische Wert und der grosse Anteil an Handarbeit (sortieren, reinigen, konfektionieren). Zudem liesse sich voraussichtlich nur ein geringer Teil von verbauten Luftverteilungen wiederverwenden.

Andere Komponenten von Lüftungsanlagen haben vermutlich ein grösseres Potential. Die Kriterien für die Auswahl sind:

- Hohe volumenspezifische Kosten
- Hoher volumenspezifischer Materialeinsatz
- Einfache Demontage
- Hohe Standardisierung
- Hoher Anteil an «Hardware» und wenig Elektronik, resp. einfach austauschbare Elektronik

Aus einem Fachgespräch kam die Idee Wohnungslüftungsboxen ins Auge zu fassen.

6.2 Revision VREG

Die Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) ist in Revision. Voraussichtlich wird die VREG auf Wohnungslüftungsgeräte ausgedehnt, womit diese unter die Rückgabepflicht. Wieweit andere Lüftungskomponenten mit elektrischen und elektronischen Bauteilen unter die neue VREG fallen, ist noch unklar.

Die Branche ist in Kontakt mit der Stiftung SENS, die heute die privatwirtschaftlich organisierter Rücknahmelösungen für Elektro und Elektronikaltgeräte organisiert. Allenfalls könnte mit SENS Kontakt aufgenommen werden, um zu prüfen, wie weit Re-use-Lösungen möglich wären.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] D. Bionda et al.: SYGREN Systemkennwerte Graue Energie Gebäudetechnik, BFE-Schlussbericht der Hochschule Luzern. Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2021.
- [2] A. Primas et al.: Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnbauten. HSLU, Horw, Feb. 2021
- [3] SN EN 12237:2003 Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen – Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech
- [4] SN EN 1506:2007 Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen und Formstücke aus Blech mit rundem Querschnitt – Maße
- [5] M. Klingler et al.: Ökobilanzdaten für Lüftungs- und Wärmeanlagen, Schlussbericht BFE-Projekt. ARGE LW-Bilanzen, Zürich, 2014.
- [6] L. Ramseier, R. Frischknecht: Hintergrundbericht zur Aktualisierung der Sachbilanzen von Baumaterialien, UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2 2022, Stand 2022. treeze Ltd., Uster, 03.09.2022
- [7] M. Hiebel, J. Nühlen: Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Kurztitel: Zukunft Stahlschrott). Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen (D)
- [8] Schmidlin AG, Affoltern a. A.: Preisbuch Rohre, Stand 01.11.2021
- [9] U. Schneider, et al.: recyclingfaehig konstruieren, Endbericht. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2011
- [10] M. Klinger, D. Savi: Harmonisierte Ökobilanzen der Entsorgung von Baustoffen. Büro für Umweltchemie, Zürich, 2019
- [11] I. Flynn.: Bauteile wiederverwenden statt wegwerfen, AWEL, ZUP Nr. 95, 2019
- [12] M. Bienz.: 20211217 Aktennotiz Fachgespräch_1, Hochschule Luzern, Luzern, Dez. 2021
- [13] M. Bienz.: 20220114 Aktennotiz Fachgespräch_2, Hochschule Luzern, Luzern, Jan. 2022
- [14] Climeworks, April 2023, <https://climeworks.com/subscriptions>, abgerufen 12.04.2023

