

Addendum Custom LCA

Ökobilanz Verwertungen von Altglas - ökologischer Nutzen der Sammlung von Verpackungsglas

Analyse für die neue Verwertung aktiviertes Filtermaterial AFM

**Ergänzung des bestehenden Grundlagenberichts und Empfehlungen zum
Verteilschlüssel der vorgezogenen Entsorgungsgebühr (VEG)**

Auftraggeber

Dryden Aqua, Dominik Graf, Büsserach (Datenerhebung)

Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Cornelia Rotzetter, Sektion Siedlungsabfall, vertreten durch die VetroS-
wiss, Philipp Suter, Bern (Auswertung Ökobilanz)

Verfasserinnen

Cornelia Stettler, Carbotech AG

Stefanie Conrad, Carbotech AG

Anzahl Seiten: 26

Referenz: P20-0886

Basel, 17. Mai 2022

—

Dieser Bericht wurde von der Carbotech AG mit Sorgfalt erarbeitet unter Verwendung aller uns zur Verfügung stehenden, aktuellen und angemessenen Hilfsmittel und Grundlagen, dies im Rahmen der vertraglichen Abmachung mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der Vereinbarung bezüglich eingesetzter Ressourcen. Die Grundlagen der Bewertungsmethode, auf welcher dieser Bericht basiert, können ändern. Danach sind die Schlussfolgerungen nicht mehr uneingeschränkt gültig und vom Auftraggeber nur noch auf eigene Verantwortung verwendbar. Der Bericht wird als Ergänzung zur bereits veröffentlichten Studie zum ökologischen Nutzen unterschiedlicher Altglasverwertungen durch das BAFU publiziert (Carbotech Studie, 2016). Aus dem Inhalt dieses Berichtes hervorgehende Veröffentlichungen, welche Resultate und Schlussfolgerungen daraus nur teilweise und nicht im Sinne des Gesamtberichtes darstellen, sind nicht erlaubt. Insbesondere dürfen solche Veröffentlichungen diesen Bericht nicht als Quelle angeben oder es darf nicht anderweitig eine Verbindung mit diesem Bericht oder der Carbotech AG hergestellt werden können. Für Forderungen ausserhalb des oben genannten Rahmens lehnen wir jegliche Verantwortung gegenüber dem Auftraggeber sowie Dritten ab. Dieser Bericht ist ausschliesslich für den Auftraggeber erstellt worden und wir übernehmen keine Verantwortung gegenüber Dritten, welche Kenntnis erlangen über diesen Bericht oder Teile davon.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Ausgangslage	6
2 Vorgehen	6
2.1 Übersicht, Beschreibung Verwertungssysteme	7
2.2 Allgemeines	9
3 Aktuelle Stoffflüsse Altglas CH	9
3.1 Verarbeitung Altglas, Produktion AFM (Dryden Aqua)	9
3.2 Glassammlung und Entschädigung 2020, Stoffflüsse	10
4 Inputdaten Ökobilanzierung AFM	10
4.1 Inputdaten Produktion AFM Filtermaterial sowie Sammlung und Sortierung Scherben	10
4.2 Inputdaten Einsatz AFM	11
4.2.1 Filtermaterial AFM – Einsatz öffentliche Bäder / Pools	11
4.2.2 Einsatz AFM Filtermaterial - Vorfiltration Trink- und Abwasser	12
4.3 Inputdaten Nebenprodukte AFM	13
4.4 Sensitivitätsanalysen	13
5 Resultate ökologischer Nutzen	14
5.1 Nutzen AFM – Einsatz Bäder / Wasseraufbereitung	14
5.1.1 Analyse Umweltwirkungen der Produktion AFM Filtermaterial	14
5.1.2 Ökologischer Nutzen Einsatz AFM in öffentlichen Bädern und privaten Swimmingpools	15
5.1.3 Extrapolation Einsatz AFM Wasseraufbereitung Trinkwasser und Abwasser. Unbeheiztes Freibad als Annäherung	18
5.2 Weitere Fraktionen: andere Filtermaterialien, Feinglas und Weissglas	18
5.3 Mischwert Nutzen Sammlung AFM (55% AFM, 10% andere Filtermaterialien, 30% Baustoffe, 5% Recycling)	18
6 Schlussfolgerungen zum ökologischen Nutzen der verschiedenen Verwertungen	19
7 Sensitivitätsanalysen, Spannbreite Nutzen	21
8 Literatur	22
Anhang	
A1 AFM Verwendung, Laboranalysen	
A2 Sachbilanzdaten Produktion AFM und Betrieb Bäder und Swimmingpool (geheim)	

Zusammenfassung

Seit 2002 bezahlen Hersteller und Importeure von Getränkeverpackungen aus Glas vorgezogene Entsorgungsgebühren (VEG). Diese zielen darauf ab, die anfallenden Kosten der Altglasentsorgung respektive der Altglasverwertungen verursachergerecht zu verteilen. Aufgrund von Diskussionen um den verwendeten Verteilschlüssel bei der Entschädigung der Sammlung sowie den dazu aufgeführten ökologischen Argumenten wurde mit der Methode der Ökobilanzierung eine ökologische Bewertung der unterschiedlichen Arten der Sammlungen mit deren Verwertungsalternativen erstellt und als Grundlage für die Verteilung VEG verwendet (Carbotech AG 2016).

Die bereits ausgeführten Analysen werden mit dem vorliegenden Addendum für die neue Verwertung mit der Produktion von aktiviertem Filtermaterial AFM ergänzt. Die nachfolgende Darstellung zeigt das ermittelte Ergebnis für den ökologischen Nutzen im Vergleich zu den bereits erstellten Sammlungen und Verwertungen. Neben den verwendbaren Fraktionen AFM fallen bei der Verwertung weitere Produkte wie Filtermaterial, Fraktionen Feinglas mit potentieller Verwendung im Bereich Baustoffe und geringe Mengen Weissglas für ein Recycling an. Die hohe Bandbreite beim Nutzen ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten AFM, beschränkt verfügbaren Datengrundlagen einer kleinen Stichprobe und offenen Fragen zur Verwendung der anfallenden Nebenprodukte als Baustoff. Die Bilanz wird pro kg Sammelgut Altglas und abhängig von der jeweiligen Verwendung der hergestellten Produkte erstellt. Im Fall von AFM ergibt dies einen Mischwert aus dem mit dem Sammelgut hergestellten Hauptprodukt AFM und weiteren Nebenprodukten und deren Verwendungen.

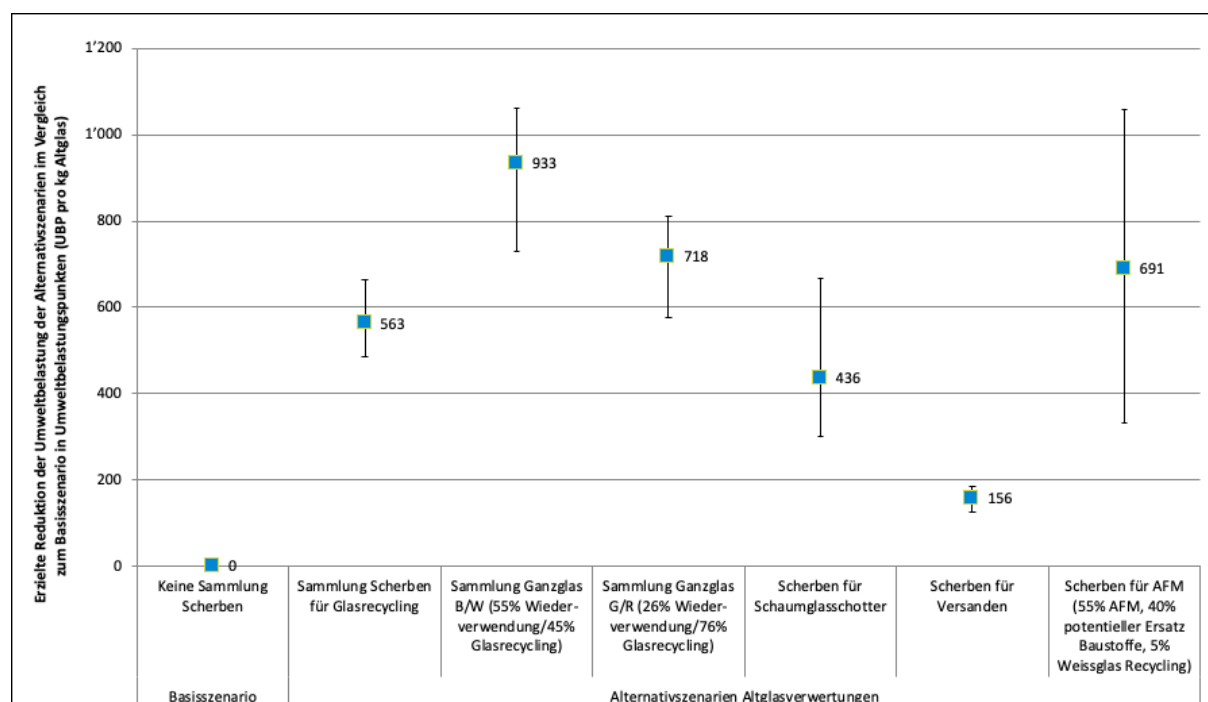


Abbildung 1: Bandbreite des ökologischen Nutzens der verschiedenen analysierten Verwertungen, Einordnung der Verwertung AFM (Mischwert mit hergestellten Produkten 55% AFM, 10% andere Filtermaterialien, 30% Feinglas mit potentieller Verwendung Baustoffe, 5% Weissglas für Glasrecycling). Die hohe Bandbreite und Unsicherheit beim Nutzen AFM ist bedingt durch unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten sowie beschränkt verfügbaren Datengrundlagen. Die Umweltbelastung wurde mit Umweltbelastungspunkten (UBP 2013) berechnet. Es besteht eine Abhängigkeit des Resultates

der Sammlung von Ganzglas von den Resultaten des Glasrecyclings. Maximalwerte Glasrecycling führen auch zu Maximalwerten Ganzglas (die Differenz zwischen den beiden Sammlungen ist damit signifikant).

Mit der Verwertung des Sammelgutes für die Produktion von AFM Filtermaterial und den dabei anfallenden weiteren Produkten wird ein Nutzen in der Größenordnung wie in den übrigen Anwendungen Glasrecycling und Schaumglasschotter erzielt. Zu beachten ist, dass bei den Verwendungen ausserhalb des Glaskreislaufes, die Verfügbarkeit von Altglas für die lokale Glasproduktion nicht eingeschränkt wird. Einerseits führt dort fehlendes Glas zu einer höheren Umweltbilanz und andererseits können nach der entschädigten Sammlung im Glasrecycling, weitere Zyklen folgen. Das Potential mehrerer Nutzungen wird für die Entschädigung nicht hochgerechnet, da jeweils die Sammlung pro Zyklus entschädigt und beurteilt wird (Folgezyklus mit VEG Abgabe zur Entschädigung der darauffolgenden Sammlung).



Abbildung 2: Entschädigung des ökologischen Nutzens der Sammlung, langlebige versus kurze Zyklen Glaskreislauf

Grün dargestellt wird der betrachtete Zeithorizont der mit der Sammlung entschädigten Folgennutzung. Potentielle weitere Zyklen mit einer erneuten Abgabe VEG und Entschädigung der Sammlung sind orange dargestellt.

Mit den für Verpackungen erhobenen Gebühren VEG und den in der im Bereich Verpackungen möglichen weiteren Zyklen Glasrecycling ist eine Kaskade anzustreben mit 1. Priorität Glaskreislauf und Verwendung Ausschuss für weitere Anwendungen.

Die Resultate der vorliegenden Studie werden neben weiteren ökonomischen und sozialen Kriterien als Beurteilungsgrundlage beim Festlegen der Ansätze zur Verteilung der VEG verwendet. Die farbgetrennte Sammlung von Verpackungsglasscherben für das Glasrecycling wird dabei als Basisansatz definiert mit der Quote für die Entschädigung von 100%.

1 Ausgangslage

Seit 2002 bezahlen Hersteller und Importeure von Getränkeverpackungen aus Glas vorgezogene Entsorgungsgebühren (VEG). Diese zielen darauf ab, die anfallenden Kosten der Altglasentsorgung respektive der Altglasverwertungen verursachergerecht zu verteilen. Aufgrund von Diskussionen um den verwendeten Verteilschlüssel bei der Entschädigung der Sammlung sowie den dazu aufgeführten ökologischen Argumenten wurde mit der Methode der Ökobilanzierung eine ökologische Bewertung der unterschiedlichen Verwertungsalternativen des Sammelgutes erstellt und für die Entschädigung als Basis für einen Verteilschlüssel verwendet (Carbotech AG 2016). Mit dem vorliegenden Addendum wird diese Studie mit einer Analyse zum ökologischen Nutzen der neuen Verwendung von Altglas als Filtermaterial AFM erweitert.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Carbotech AG als Verfasser dieser Studie in keiner Weise an den hier erwähnten Unternehmen beteiligt oder von ihnen abhängig ist und umgekehrt. Damit ist die Voraussetzung für die Durchführung einer neutralen Ökobilanz gegeben.

2 Vorgehen

Die neue Verwertungsalternative wird nach dem gleichen Vorgehen und mit dem gleichen Ziel wie die übrigen Verwertungen ausgewertet. Mit der Methode der Ökobilanzierung wird der ökologischen Nutzen der Sammlung abhängig von der Verwertung berechnet und für eine Entschädigung das so ermittelte Resultat der unterschiedlichen Sammlungen eingeordnet (Dokumentation Methoden Ökobilanzierung und Vorgehen siehe Hauptbericht Carbotech 2016). Mit der Nutzenanalyse der verschiedenen Verwertungsalternativen von Altglas wird gleichzeitig eine Empfehlung zum VEG Verteilschlüssel abgegeben.

Folgende Fragestellungen stehen somit im Zentrum dieser Arbeit und sollen beantwortet werden:

- Welcher ökologische Nutzen wird mit der neuen Sammlung und Verwertung von Altglas für die Produktion AFM im Vergleich zu den bereits analysierten gängigen Verwertungen von Altglas erzielt?
- Vergleich der verschiedenen Verwertungen im Hinblick auf die Frage: Welcher Verteilschlüssel für die Sammlungen ist aufgrund des ökologischen Nutzens der unterschiedlichen Verwertungswege des Altglases aus ökologischer Sicht sinnvoll? Wie ist die neue Verwertung AFM einzustufen?

Die Vorläuferstudie sowie das Addendum wurden mit der Methode der Ökobilanzierung durchgeführt. Die Auswertung erfolgte für eine direkte Vergleichbarkeit mit der gleichen Version Ökobilanzdateninventare Datenbank 3.1 und Methode der ökologischen Knappheit (2013). Folgende funktionelle Einheit wurde für die Bewertung aller Verwertungen gewählt:

1 Kilogramm Sammelgut Verpackungsglas, Entsorgung/Verwertung

Als Vergleichsbasis für die Bewertung des ökologischen Nutzens der verschiedenen Verwertungen wurde als Basisszenario eine Glasproduktion ohne eine Sammlung, mit der Entsorgung Altglas über den Haushaltskehricht definiert.

2.1 Übersicht, Beschreibung Verwertungssysteme

Die nachfolgende Zusammenstellung in Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die neben dem Filtermaterial bereits in der Originalstudie analysierten, heute relevanten Verwertungssysteme und die damit verbundenen relevanten Veränderungen für die Berechnung des ökologischen Nutzens. Der ökologische Nutzen der verschiedenen Altglasverwertungen wird jeweils im Vergleich zum Glas-Lebenszyklus ohne eine Sammlung und Verwertung von Altglas beurteilt. Dafür wurde als Basisszenario die Glasproduktion aus 100% Rohstoffen mit der anschliessenden Entsorgung von Altglas über den Siedlungsabfall definiert. Entscheidend für den ökologischen Nutzen der verschiedenen Sammlungen und Altglasverwertungen sind die mit dem Sammelgut bewirkten Veränderungen.

Tabelle 1: Beschreibung Verwertungen und Veränderungen gegenüber Basisszenario ohne Sammlung Altglas

Veränderungen mit dem Einsatz von Scherben oder der Wiederverwendung von Ganzglas

Sammlung	Verwertungsarten	Beschreibung der Veränderungen
Ganzglas	Wiederverwendung geeigneter Getränkeflaschen & Glasrecycling des Ausschusses	Aufbereitung bzw. Waschen von geeigneten Behältern anstelle einer Neuproduktion von Glas. Verwendung Ausschuss für Glasrecycling (siehe Veränderungen unter Glasrecycling) <i>Hinweis: Verwendung des Ausschusses relevant für Nutzen der Sammlung (Bilanz Betriebe und Weinbauern B/W, Restaurant und Gemeinden R/G)</i>
Sammlung Scherben (farbgetrennt oder gemischt)	Glasrecycling	Neuproduktion Glas mit Scherben statt Rohstoffen, Reduktion Energiebedarf mit dem Einsatz von Scherben
	Schaumglasschotter	Produktion Isolationsmaterial/Baumaterial aus Scherben als Ersatz von anderen standardmässig eingesetzten Baumaterialien: - 70% Perimeterdämmung - 20% Leichtschüttung - 10% Spezialanwendungen/Leichtbeton
	Sand	Herstellung Sand aus Scherben anstelle Bausand-Abbau
	AFM Filtermaterial	Herstellung aktiviertes Filtermaterial aus Scherben als Ersatz von Filtermaterial Quarzsand für Bäder, Swimmingpools und Wasseraufbereitung, verbesserte Filtrierungsprozesse in Bädern <i>Hinweis: Verwendung des Ausschusses weisser Scherben sowie feiner Fraktionen gemischter Scherben ist relevant für Nutzen der Sammlung (weisse Scherben nach Farbtrennung in Glasproduktion, feine Fraktionen in Abklärung, potentielle Verwendung für Baustoffe)</i>

Beim Einsatz von Altglas als Scherben im Glaskreislauf werden Einsparungen an Energie und Rohstoffen in der Glasproduktion erzielt und beim Einsatz von Scherben für Produkte im Baubereich konventionelle Baustoffe ersetzt. Beim Einsatz Filtermaterial wird neben dem Ersatz des Filtermaterials Quarzsand auch eine Optimierung im Betrieb, mit einem geringeren Spülwasserverbrauch erzielt (siehe dazu Beschreibungen AFM Einsatz im Anhang). Allen Sammlungen und Verwertungen gemeinsam ist die vermiedene Entsorgung von Altglas über den Siedlungsabfall. Eine Übersicht gibt die nachfolgende Aufstellung.

Tabelle 2: Aufstellung der Sammlungen und Verwertungen von Altglas

	BASISSZENARIO <i>keine Sammlung</i>	Szenario 1: Sammlung Scherben Glasrecycling	Szenario 2/3: Sammlung Ganzglas Wiederverwendung (B/W und R/G)	Szenario 4: Sammlung Scherben Schaumglas- schotter	Szenario 5: Sammlung Scher- ben Versanden	Szenario 6: Sammlung Scherben für AFM
Altglas Entsorgung	<i>Siedlungsabfall Ent-</i> <i>sorgung in KVA</i>					
Altglas Sammlung			Separate Sammlung Ganzglas			
		Sammlung Scherben (farbgetrennt und ge- mischt)	Sammlung Ausschuss Scherben Ganzglas (farbgetrennt)	Sammlung Scherben (grün, Scherben ge- mischt)	Sammlung Scherben (grün, Scherben ge- mischt)	Sammlung Scherben (70% Grünglas, 27% Ausschuss St. Prex, 3% gemischt)
Wiederverwendung Ganzglas			Sortieren, Waschen, Verkauf wiederverwendbare Behälter			
Produktion alternativer Baustoffe oder Filtersand aus Glas				Herstellung Schaum- glasschotter aus Scher- ben	Herstellung Sand aus Scherben	Grüne Scherben für Her- stellung Filter AFM, Aus- schuss fein für Baustoffe
Ersatz konventioneller Baustoffe oder Filters- and Bäder				Ersatz konventioneller Baustoffe Perimeter- dämmung, Schüttung, etc.	Ersatz Bausand	Ersatz mineralischer Filter- sand mit Optimierung Badbetrieb
Produktion Glas	<i>Neuglas aus 100%</i> <i>Rohstoffen</i>	Neuglas-Produktion mit Scherben (Reduktion Rohstoff- und Energie- bedarf mit Scherben)	Abhängig von der Ausbeute Ganzglas: Neuglas-Produktion mit Ausschuss Scherben	Neuglas aus 100% Rohstoffen	Neuglas aus 100% Rohstoffen	Neuglas mit 5% Ausschuss weisse Scherben ¹⁾

1) weisse Glasscherben werden bei der Produktion AFM aussortiert und anderweitig im Bereich Glasrecycling wiederverwendet, Anteile weisser Scherben im gemischten Sammelgut sowie Fehlwürfe im Grünglas

2.2 Allgemeines

Die Rahmenbedingungen und Grundsätze der Ökobilanzierung sowie Aspekte Qualität und Grenzen der Aussagen sind im Hauptbericht dokumentiert (Carbotech, 2016). Aus Vertraulichkeitsgründen ist der Detaillierungsgrad der verwendeten Betriebsdaten im Anhang A2 eingeschränkt.

3 Aktuelle Stoffflüsse Altglas CH

3.1 Verarbeitung Altglas, Produktion AFM (Dryden Aqua)

Im Jahr 2020 wurden rund 18'246 t Altglas von Dryden Aqua verarbeitet. Das nachfolgende Schema zeigt die damit verbundenen Stoffflüsse. Für die Herstellung von aktiviertem Filtermaterial aus Altglas wird aktuell als Materialinput 70% Grünglas Sammelgut verwendet, 27% sind Ausschuss der Sortieranlage St. Prex (80-90% Glas) und rund 3% Scherben stammen aus der Sammlung von gemischtem Sammelgut. Alle Materialinputs werden aus der umliegenden Region (Schweiz) bezogen. Neben der Herstellung von AFM fallen noch weitere Produkte an:

- 55% des Gesamtoutputs ist AFM als Filtermaterial
- 30% des Outputs ist gemischtes Feinglas (potentieller Einsatz im Bereich Baustoffe)
- 10% des Outputs sind andere Filtermaterialien
- 5% des Outputs sind Scherben Weissglas (Glasproduktion).

Laut Angaben des Herstellers kommen aktuell (2020) 95% des produzierten AFM aus Altglas auf den europäischen Markt und 5% auf den Schweizer Markt. Etwa 30% des produzierten Filtermaterials wurde für Filtersystemen von öffentlichen Bädern eingesetzt, 30% für Filtersysteme von privaten Swimmingpools und je 20% für Filtersystemen der Abwasserbehandlung und in Filtersystemen für Prozesswasser aus der Industrie.

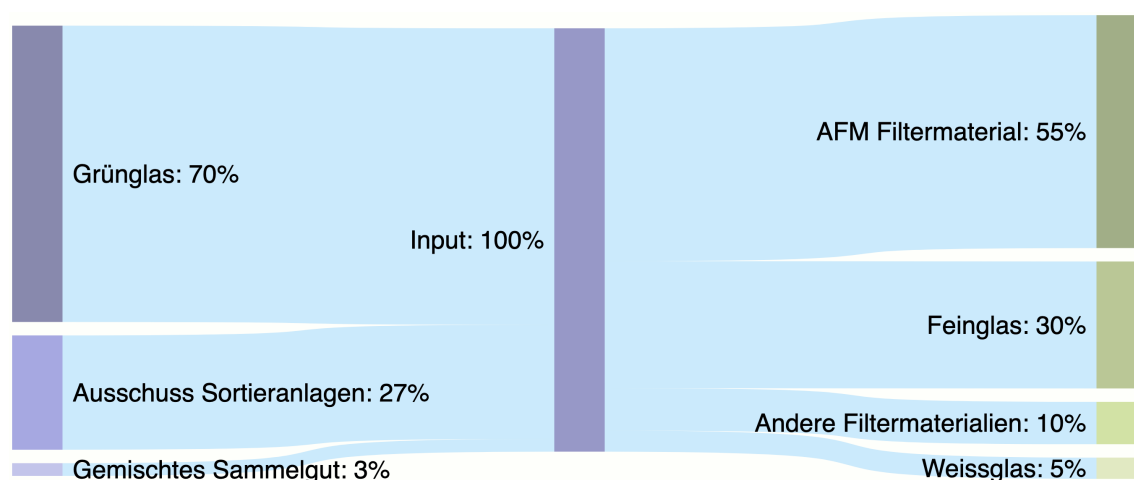


Abbildung 3: Stoffflüsse der Produktion von AFM Filtermaterial in der Schweiz im Jahr 2020

3.2 Glassammlung und Entschädigung 2020, Stoffflüsse

Gemäss Jahresbericht der VetroSwiss lag die Verwertungsquote von Glasprodukten im Jahr 2020 über 90%. Die nachfolgende Bilanz Stoffflüsse und Entschädigung wurden im Jahr 2020 von Seite VetroSwiss rapportiert. Gemäss Angaben eines Glashändlers aus dem Jahr 2008 sind üblicherweise 60% der gesammelten Scherben grün, 28% weiss und 12% braun. Rund 70% des Altglases wurde gemäss VetroSwiss im gleichen Zeitraum farbgetrennt gesammelt, der Rest gemischt.

Tabelle 3: Menge gesammeltes Glas im Jahr 2020 (Quelle: VetroSwiss 2020)

Sammelart	Verwertungsart	Entschädigungsquote	2020		2019	
			(Tonnen)	(%)	(Tonnen)	(%)
Ganzglas	Wiederverwendung als Getränkeflasche	100%	2'247	0.6%	2'427	0.7%
Scherben farbgetrennt	Produktion von Neuglas (alle Fraktionen)	100%	243'058	64.0%	223'378	62.7%
	Produktion von ökologischen Produkten (grüne Scherben)	100%	30'599	8.1%	25'769	7.2%
Scherben farbgemischt	Produktion von Neuglas (nur grüne Flaschen) oder von ökologischen Produkten	60%	103'878	27.3%	104'642	29.4%
	Andere Verwendung (z. B. Sandersatz)	20%	104	0.0%	74	0.0%
Total ¹⁾			379'886	100%	356'290	100%

¹⁾ bereinigte Werte Vorjahr.

Mit einer Verarbeitung von etwa 18'250 t beträgt der Anteil von Dryden Aqua an der im 2020 gesammelten Altglasmenge in der Schweiz etwa 4.8%.

4 Inputdaten Ökobilanzierung AFM

Die nachfolgenden Datengrundlagen wurden als Inputdaten für die Auswertung der Ökobilanz der neuen Verwertungsalternative AFM Filtermaterial erhoben. Die für den Vergleich mit anderen Anwendungen notwendigen Daten werden gemäss der Zusammenstellung im Hauptbericht übernommen (Carbotech AG, 2016).

4.1 Inputdaten Produktion AFM Filtermaterial sowie Sammlung und Sortierung Scherben

Für die Herstellung von AFM Filtermaterial wurden beim Hersteller Dryden Aqua folgende Daten erhoben:

- Inputmenge Altglas und Outputmenge Güter AFM Filtermaterial, andere Filtermaterialien, Fraktion Feinglas für potentielle Verwendung Baustoffe, Fraktion Weissglas für Glasrecycling

- Transporte Glassammeltouren (Scherben aus der Region aus Sammlungen im Mittelland, überwiegend der Kantone Basel-Stadt, Basel-Land und Bern, sowie Ausschuss Scherben der Sortierung Vetropack in St-Prex).
- Energieverbrauch Strom und Wärme, Anteil Eigenproduktion PV Strom. Als Summe für die Sortierung, Reinigung und Verarbeitung der Scherben
- Chemikalien für die Verarbeitung und Behandlung von AFM Filtermaterial
- Treibstoffe für eigene Transportmittel im Betrieb
- Einsatz Wasser für die Reinigung und Sortierung der Scherben
- Einsatz von Verpackungsmaterial
- Abfälle aus der Sortierung und Reinigung (brennbares für KVA, Metalle für Recycling, Inertstoffe wie Keramik zur Deponierung, Abwasser, Filterkuchen aus der Produktion von Biogas)

Weitere Angaben sind in Anhang A1 und im Stoffflussschema in Kapitel 3.1 dargestellt.

4.2 Inputdaten Einsatz AFM

4.2.1 Filtermaterial AFM – Einsatz öffentliche Bäder / Pools

Vom Hersteller liegen verschiedene Referenzen von Bädern zur erzielten Verbesserung im Betrieb der Bäder, mit dem Ersatz des Filtermaterials Quarzsand durch AFM, sowie ergänzende Laboranalysen zur besseren Qualität der Filtrierung vor (siehe Anhang A1). Laut Herstellerangaben sowie abgegebenen Referenzen kann mit einem AFM Filtersystem 20% Chlor und bis zu 50% Spülwasser gegenüber einem konventionellen Sandfiltersystem eingespart werden. Um diese Angaben mit konkreten Daten zur Einsparung Spülwasser und Chlor aus der Praxis abzusichern wurden ergänzend mit einer Umfrage Daten zur Verwendung von AFM Filtermaterial in öffentlichen Bädern erhoben. Mithilfe von Fachpersonen wurde ein Fragebogen für einen Vergleich beider Systeme erstellt, womit relevante Daten zum Betrieb Filtersysteme der Bäder erhoben werden konnten. Die erhaltenen Daten umfassen folgende Angaben zur Verwendung von AFM Filtermaterial bzw. Quarzsand:

- Einsatzmenge Filtermaterial: Zahl und Grösse der Filter, Lebensdauer des Filtermaterials
- Rückspülwasserverbrauch: Spüldauer und Spülgeschwindigkeit, Häufigkeit der Spülungen
- Energie für Erwärmen Badwasser, Ersatz Spülwasserverluste: Anteil der beheizten Becken und Temperatur Wasser, Verwendete Energieträger für das Heizen¹
- Einsatz von Chlor im Badbetrieb

Die Entsorgung des Filtermaterials sowie die anfallende Abwassermenge zur Aufbereitung leiten sich aus den Einsatzmengen Filtermaterial und Spülwasser ab. Die Eignung von AFM für ein Glasrecycling ist in Abklärung. Bislang fehlen hier Praxiserfahrungen, die Entsorgung von AFM Filtermaterial wird nach 10 bis 20 Jahren Einsatzdauer erwartet.

Ergebnis Umfrage Bäder

Insgesamt wurden 48 Bäder in der Schweiz für eine Teilnahme angefragt, davon waren 26 Freibäder und 22 Hallenbäder. Konkrete Betriebsdaten wurden von 3 Hallenbädern und 2 Freibädern zur Verfügung gestellt. Davon wurden zwei Hallenbäder mit AFM Filtermaterial, ein Hallenbad mit Sandfilter und je ein Freibad mit AFM- und Sandfiltersystem betrieben.

¹ Der Aspekt der Heizenergie für das Aufwärmen Badwasser beim Ersatz von Spülwasser wurde nur beim Betrieb Hallenbad berücksichtigt, für Freibäder und Pools konservativ mit unbeheizten Becken gerechnet.

Die erhaltenen Daten bestätigen eine Einsparung in der Grössenordnung von:

- 30% Reduktion Rückspülwasserverlust
- 20% Einsparung Chloreinsatz

Die relativ geringe Verfügbarkeit der Daten wurden in den Sensitivitätsbetrachtungen berücksichtigt. Die aus dem Vergleich resultierende Einsparung aus den Daten der Umfrage liegt etwas unter dem erwarteten Potential und in Referenzen genannten Werten von bis zu 50% Einsparung Spülwasser und 30% Chlor. Es wurde konservativ der tiefere Wert aus der Umfrage mit der Erhebung konkreter Daten von Bädern für die Analyse verwendet und die oberen Werte aus Referenzen für die Sensitivitätsanalysen bei der Definition der Obergrenze berücksichtigt. Aufgrund der hohen Variation zwischen Bädern und der relativ geringen Anzahl Teilnehmer an der Umfrage ist die Unsicherheit gross, dies wurde bei der Bandbreite Unter- und Obergrenze bei den Sensitivitätsanalysen in Kapitel 4.4 berücksichtigt und im Resultat mit einer entsprechend hohen Bandbreite beim Nutzen ausgewiesen.

Die Grössenordnung einer Einsparung von 30% Rückspülwasser wird aufgrund der Materialeigenschaften und Laboranalysen als plausibel beurteilt. Der Wasserverbrauch, welcher durch das Rückspülen entsteht, ist im Wesentlichen abhängig von der Rückspülgeschwindigkeit und der Spüldauer der Filter. Im Anhang beschrieben sind die speziellen Eigenschaften von AFM, welche zu einer tieferen Spülgeschwindigkeit und einer kürzeren Spüldauer für die gleiche Filterleistung führen. Sowohl eine geringere Spüldauer als auch eine geringeren Geschwindigkeit führen zu einem geringeren Verlust. In beheizten Bädern muss beim Ausgleich von Spülwasserverlusten das Wasser auf die Temperatur der Becken geheizt werden, damit führt eine Reduktion der Spülwasserverluste auch zu Einsparungen von Energie für das notwendige Erwärmen des Wassers beim Ausgleich der Spülwasserverluste. Anhang A2 zeigt die anonymisierten Inputdaten, die für die Berechnungen verwendet wurden.

Ergänzende Annahmen, Extrapolation Privatpool

Die gewählten Systeme mit einer Filterschicht aus AFM oder Quarzsand werden regelmässig gespült. Aufgrund der bestehenden Vorgaben und im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit wurde für öffentliche Bäder jeweils mit einer Rückspülung 2-mal pro Woche gerechnet, für Privatpools mit einer Rückspülung 1-mal pro Woche. Es wurden keine Daten zur Verwendung von AFM als Filtermaterial in privaten Swimmingpools erhoben und die Ergebnisse der Bäder über Becken und Filtergrösse extrapoliert (siehe Anhang A2.2).

4.2.2 Einsatz AFM Filtermaterial - Vorfiltration Trink- und Abwasser

AFM Filtermaterialien werden zunehmend auch im Bereich Trinkwasser und Abwasser als Alternative zu Sand für die Vorfiltration eingesetzt. Ausschlaggebend sind auch hier, die im Labor bestätigten Vorteile und Eigenschaften der Filtrierung (siehe Anhang A1). Es wird bei der Spülung mit ähnlichen Optimierungen, konkret durch die geringere Geschwindigkeit und Dauer der Spülung auch mit geringeren Spülwasserverlusten wie bei Bädern, gerechnet. Es fehlen zu diesem Zeitpunkt jedoch noch Erfahrungswerte, um die Optimierungen zu beziffern. Die Anzahl Spülungen liegt bei 1-2 Spülungen im Bereich Trinkwasser und bis zu mehreren Spülungen pro Tag für belastetes Abwasser. Mangels verfügbaren Daten wurden die Einsparungen Spülwasser bei der Vorfiltrierung von Abwasser – und Prozesswasser aus der Industrie – anhand der Ergebnisse von Freibädern extrapoliert.

4.3 Inputdaten Nebenprodukte AFM

Neben den AFM Filtermaterialien fallen weitere Fraktionen bei der Verwertung von AFM an. Der Nutzen dieser Nebenprodukte wird anhand bestehender Resultate und Analysen hergeleitet.

- Weissglas für Glasrecycling (Nutzen siehe Bericht Carbotech, 2016)
- Fraktion Feinglas für den potentiellen Einsatz als Baustoffe Sand und Schaumglas 30% (potentieller Nutzen als Obergrenze Sensitivität verwendet, Nutzen Baustoffe siehe Bericht Carbotech, 2016)
- Andere Filtermaterialien (Extrapolation Ersatz Quarzsand hergeleitet mit Ergebnis AFM Filtermaterial Kapitel 4.2.2)

4.4 Sensitivitätsanalysen

Nachfolgende Szenarien wurden für eine Sensitivitätsanalyse und Berechnung der Spannbreiten des Nutzens AFM verwendet, um die Belastbarkeit der Resultate zu prüfen sowie für eine Aussage zur Bandbreite des ökologischen Nutzens. Für die Nebenprodukte AFM werden die Spannbreiten der bereits erstellten Analysen zum Glasrecycling verwendet und für den potentiellen Einsatz als Baustoff das Beispiel Schaumglasschotter für die Obergrenze eingesetzt.

Folgende, in Tabelle 4 beschriebenen, Annahmen und Abschätzungen wurden für die Sensitivitätsanalyse als Ergänzung zu den vorgängig aufgeführten betriebsspezifischen Datengrundlagen verwendet.

Tabelle 4: Ergänzende Annahmen und Abschätzungen, Szenarien für Sensitivitätsanalysen, Spannbreiten Nutzen AFM

Parameter	Annahmen Ökobilanzierung	Szenarien Sensitivitätsanalysen
AFM Filtermaterial	Mittlere Lebensdauer 10 Jahre	Best case: 15 Jahre Worst Case: 7 Jahre
AFM Filtermaterial	30% Bäder	Best case: 35% Worst Case: 25%
Markanteil Bäder		
AFM Filtermaterial, Einsparung Spülwasser gegenüber Sand	30% Reduktion Spülwasserverlust	Best case: 40% Reduktion Spülwasserverlust Worst Case: 20% Reduktion Spülwasserverlust
AFM Filtermaterial	20% öffentliche Bäder beheizt (0% Privatpool beheizt)	Best case: 30% beheizt Worst Case: 10% beheizt
Trinkwasser-/Abwasser andere Filtermaterialien	Extrapolation mit Beispiel AFM Freibad	Best case: höhere Einsparung als Freibad Worst Case: geringere Einsparung als Freibad
Extrapolation Feinstoffe	Ersatz Baustoff Sand	Best case: Schaumglasschotter Worst Case: Keine Verwendung
Weitere Filtermaterialien	Ersatz Filtersand	Best case: zusätzliche Wassereinsparung Worst case: Nutzen geringer, Bausand

Aufgrund der relativ kleinen Stichprobe aus der Umfrage bei Bädern und der damit beschränkt verfügbaren Datenmenge wurde mit einer hohen Unsicherheit beim Spülwasserverlust gerechnet. Siehe dazu auch Inputdaten in Kapitel 4 und weitere Angaben zu AFM im Anhang A1 und A2.

5 Resultate ökologischer Nutzen

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der methodischen Argumente (Carbotech AG, 2016) werden, wie in der Hauptstudie, die Resultate nur mit der gesamtaggrierenden Methode der ökologischen Knappheit 2013 (UBP-Methode 2013; UBP = Umweltbelastungspunkte) dargestellt. Das Ergebnis für AFM setzt sich zusammen aus dem Nutzen der einzelnen anfallenden Fraktionen. Entsprechend aufgeschlüsselt wird das Resultat zuerst für die anfallenden Fraktionen und anschliessend für die Zusammensetzung und den Output aus der Verwertung des Sammelguts für AFM dargestellt.

Das Ergebnis der einzelnen Fraktionen sowie das Gesamtergebnis für die Sammlung AFM sind in den folgenden Kapiteln dargestellt.

5.1 Nutzen AFM – Einsatz Bäder / Wasseraufbereitung

Für eine Berechnung des Nutzens wird in einem ersten Schritt der Aufwand für die Herstellung von AFM bilanziert und anschliessend die mit dem Einsatz erzielten Einsparungen berechnet. Gemäss Angaben von Dryden Aqua wird das hergestellte AFM Filtermaterial für die folgenden Produktgruppen verwendet:

- 30% Filtersysteme öffentliche Bäder (anstelle von Quarzsand)
- 30% Filtersysteme private Swimmingpools (anstelle von Quarzsand)
- 40% Filtersysteme für die Behandlung von Abwasser und Prozesswasser aus der Industrie

Mit dem Einsatz von AFM Filtermaterial kann einerseits Quarzsand ersetzt und andererseits die Spülung von Filtern optimiert und damit der Rückspülwasserverbrauch und Chloreinsatz reduziert werden. Mit dem geringeren Wasserverlust beim Einsatz in beheizten Bädern wird auch eine Einsparung der Heizenergie erzielt.

5.1.1 Analyse Umweltwirkungen der Produktion AFM Filtermaterial

In Abbildung 4 sind die Umweltwirkungen der Herstellung von AFM Filtermaterial dargestellt. Von Bedeutung ist in erster Linie der Energiebedarf für die Sortierung und Reinigung der Glasscherben sowie der Aufwand für die Sammlung der Glasscherben bis zur Produktionsstätte. Für das Vorsortieren und Reinigen sowie für die Produktion von AFM Filtermaterial wird Ökostrom und Solarstrom aus der Eigenproduktion verwendet sowie Wärme aus Erdgas. Neben Energie und Aufwand für die Sammlung, Sortierung und Reinigung von Altglas kommt noch ein Aufwand für die Verpackung des Produktes hinzu sowie für die Entsorgung des Ausschusses und der Nebenprodukte.

Für die Aufteilung der Aufwände der Produktion unterschiedlicher Filtermaterialien und eine Zuordnung des Anteils für die Herstellung AFM Filtermaterial wird eine Massenallokation verwendet, das heisst der Aufwand der Produktion wird proportional zur hergestellten Menge Filtermaterial in Tonnen weiterverrechnet. Dabei werden vom Produktionsaufwand im Jahr 2020 dem AFM Filtermaterial 84% der Aufwände zugeschrieben und 16% dem übrigen Filtermaterial (siehe Anhang A2.1). Der Aufwand der Vorsortierung wird mit dem gleichen Ansatz auf sämtliche Fraktionen mit einem Nutzen verteilt, hier liegt der Anteil Aufwand AFM bei 55%.

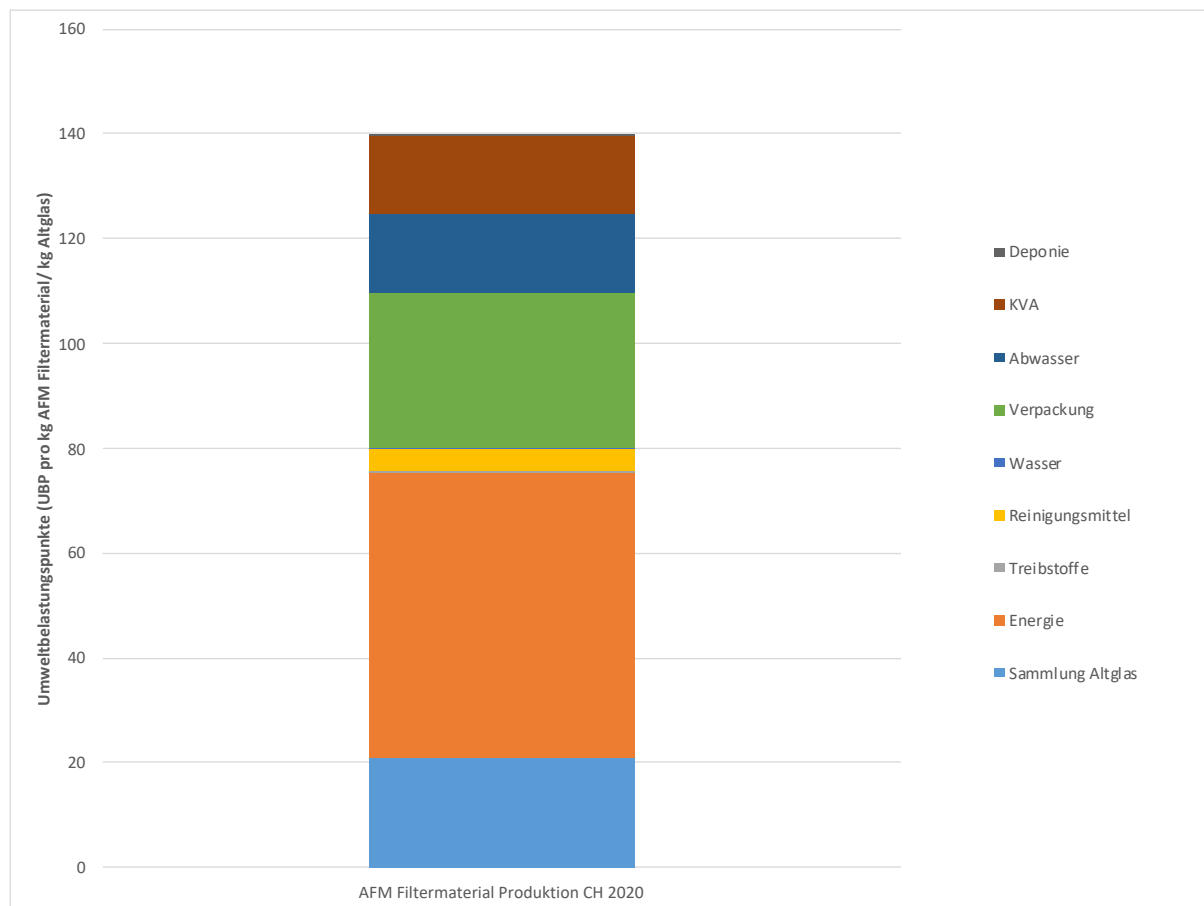


Abbildung 4: Umweltwirkungen der Herstellung von 1 kg AFM Filtermaterial

Die Umweltbelastung wurde mit der UBP-Methode 2013 berechnet.

5.1.2 Ökologischer Nutzen des Einsatzes AFM in öffentlichen Bädern und privaten Swimmingpools

In Abbildung 5 sind die Umweltwirkungen für die Rückspülung von Bädern und den Einsatz von Chlor pro Jahr mit einem Fazit für AFM im Vergleich zu Quarzsand als Filtermaterial für Filtersysteme von Hallenbädern, Freibädern und Swimmingpools dargestellt. Die Graphik zeigt mit dem Vergleich 25m Becken den erzielten Nutzen mit den Einsparungen von Spülwasser und Chlor sowie für die beheizten Bäder an Energie für den Ersatz von Spülwasser. Für einen Vergleich wurden 10 Privatpools mit zusammen einem ähnlichen Volumen an Wasser gegenübergestellt.

Die Umweltwirkungen für die Herstellung von AFM liegen im gleichen Bereich wie die Umweltwirkungen des Sandabbaus und sind für den Gesamtumweltfussabdruck der Systeme nicht ausschlaggebend. Der Mehraufwand der AFM Herstellung wird durch eine längere Einsatzzeit ausgeglichen. Für die Bilanz insgesamt ausschlaggebend ist vor allem der Wasserverlust, welcher durch die Rückspülung entsteht sowie der Energieaufwand, um das frische Wasser wieder zu erwärmen. Die Umweltwirkungen von einem öffentlichen Hallenbad mit AFM Filtersystem sind mit dem geringeren Wasserverlust und den Einsparungen von Chlor und Energie um etwa 30% kleiner als bei einem konventionellen Sandfilter. Im Freibad und in privaten Swimmingpools sind die Umweltwirkungen um etwa 25% kleiner, wenn AFM statt Sand als Filtermaterial eingesetzt wird.

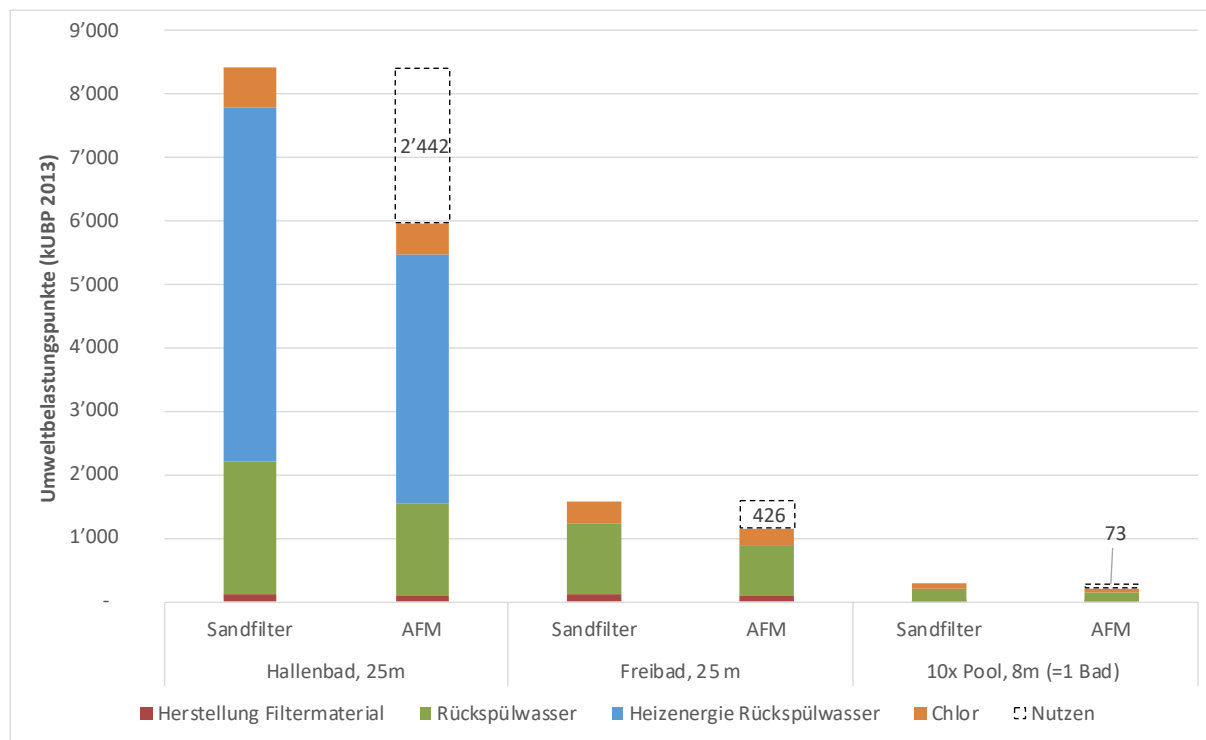


Abbildung 5: Analyse der Umweltauswirkungen von Filtermaterial, Chloreinsatz und Rückspülung in 1000 UBP für ein Standardbecken Hallenbad, Freibad sowie ein vergleichbares Wasservolumen von Pool-Anlagen. Variantenvergleich für den Einsatz von AFM Filtermaterial im Vergleich zu einem konventionellen Sandfilter (Hallenbad beheizt, 11 Monate Betrieb; Freibad unbeheizt, Halbjahr Betrieb; Pool-Anlagen mit vergleichbarem Wasservolumen, unbeheizt, 20 Wochen Betrieb).

Die Berechnung zeigt die Umweltauswirkungen der Herstellung der Filtermaterialien, die Rückspülwasserverluste und den Chloreinsatz pro Becken und Jahr für die Varianten AFM und Sand; mit der gestrichelten Linie ist dabei die erzielte Optimierung mit dem Einsatz von AFM ausgewiesen. Für eine Angabe zum ökologischen Nutzen pro Einheit AFM wird die Bilanz der Bäder durch die Menge des eingesetzten Filtermaterials AFM geteilt. Dabei wird die eingesetzte Menge Filtermaterial pro Jahr mit der Füllmenge des Filters und dessen Lebensdauer berechnet (siehe Anhang A2.2). Anhand der Angaben zum Markt für AFM – Anteil Bäder und Anteil für Pool - wird eine durchschnittliche Einsparung pro Einheit Filtermaterial ermittelt.

Abbildung 6 zeigt die so ermittelte durchschnittliche Bilanz pro kg Altglas, das für AFM Filtermaterial verwendet wird – mit einem Marktmix von 30% in öffentlichen Bädern (davon 20% beheizte Hallenbäder), 30% Swimmingpool (unbeheizt) und 40% Anwendungen in der Trink- und Abwasserbehandlung.

AFM Filtermaterial hat gegenüber der Alternative mit Sand geringere Umweltwirkungen im Bereich des Wasserverbrauchs, des Chloreinsatzes und durch den Aufwand an Heizenergie für den Ersatz von Spülwasser in beheizten Bädern.

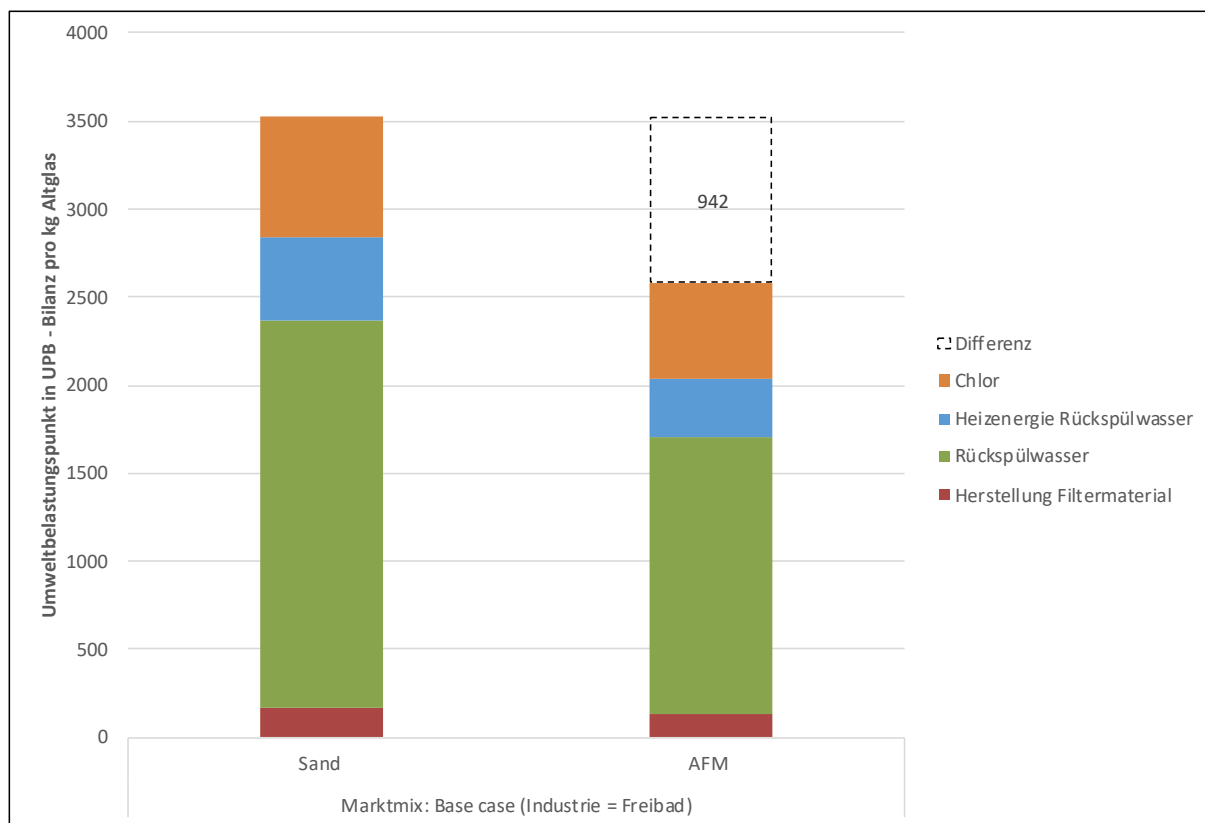


Abbildung 6: Veränderung Spülprozess, erzielte Reduktion der Umweltwirkungen pro kg eingesetztem Altglas mit der Verwendung als Filtermaterial AFM. Vergleich zum Betrieb mit einem konventionellen Sandfilter, Mittelwert aus Anwendungen mit 30% öffentlichen Bädern, 30% Pool sowie 40% Extrapolation Trinkwasser/Abwasserbehandlung.

5.1.3 Extrapolation Einsatz AFM Wasseraufbereitung Trinkwasser und Abwasser. Unbeheiztes Freibad als Annäherung

Mit einem AFM Marktanteil von 40% ist der Einsatz von AFM als Filtermaterial in der Abwasser- und Prozesswasserbehandlung relevant. Aktuell fehlen Erfahrungswerte für die hier erzielten Einsparungen mit der Anwendung von AFM. Die vorhandenen Prüfungsergebnisse der Filtriereigenschaften lassen auf eine ähnliche Einsparung an Spülwasser wie im Bereich der Bäder schliessen. Aus diesem Grund wurden für die Abwasser- und Prozesswasserbehandlung Einsparungen an Spülwasser in der Grössenordnung des Bereichs der unbeheizten Bäder angenommen und anhand der erhobenen Daten für ein öffentliches Freibad extrapoliert.

5.2 Weitere Fraktionen: andere Filtermaterialien, Feinglas und Weissglas

Neben AFM fallen in der Produktion andere Filtermaterialien, Feinglas für eine potentielle Verwendung als Baustoff und weisse Scherben für das Glasrecycling als Output-Produkte an. Für diese wird ausgehend von den bestehenden Analysen eine Einstufung gemacht:

- Für Filtermaterial wird ein Ersatz von Quarzsand vergleichbar zu den Bädern angenommen. Eine Einsparung von Wasser ist nicht bekannt und wird nicht angerechnet.
- Für das anfallende Feinglas wird abgeklärt, ob dieses für die Produktion von Baustoffen eingesetzt werden kann (noch offen). Für diese Fraktion wird soweit kein Nutzen angerechnet und im Rahmen der Sensitivitätsanalysen eine hochwertige Verwertung angenommen.
- Das aussortierte Weissglas wird ins Glasrecycling gegeben. Der Nutzen Glasrecycling wird aus der Vorgängerstudie übernommen.

5.3 Mischwert Nutzen Sammlung AFM (55% AFM, 10% andere Filtermaterialien, 30% Baustoffe, 5% Recycling)

Die anfallenden Fraktionen aus der Vorsortierung Scherben für die Produktion AFM wird für unterschiedliche Verwertungen eingesetzt und die einzelnen Fraktionen erzielen einen unterschiedlichen Nutzen, abhängig von der Verwendung. Der Nutzen pro kg Altglas wird entsprechend der Anteile der produzierten Fraktionen und dem damit verbundenen Einsatz und ökologischen Nutzen berechnet. Der mit der Sammlung von Altglas für AFM erzielte Nutzen setzt sich zusammen aus den Anteilen der Output Produkte, aus der Produktion AFM und den damit erzielten Einsparungen in unterschiedlichen Verwertungen.

Tabelle 5: Nutzen der Sammlung Scherben für AFM, Haupt- und Nebenprodukte der AFM Herstellung aus Altglas

Reduktion Umweltwirkungen im Vergleich zu den verschiedenen Verwertungen			
Verwertung Scherben, Sammlung für AFM	% Anteil an Gesamtoutput	Ökologischer Nutzen Output [UBP pro Gewichtsanteil der Fraktion, in Klammern UBP pro kg]	Spannbreite Nutzen [UBP pro kg Sammelgut]
AFM Filtermaterial	55%	518 (942)	651-1342
Andere Produkte Filtermaterial	10%	36 (361) (*)	156-463 (Bausand - Schaumglas)
Fraktion Feinglas	30%	108 (361) (*)	glasschotter)
Weissglas für Recycling	5%	28.2 (563)	485-663
Endergebnis Nutzen Sammlung	100%	691	317-1043

* Annäherung mit Ersatz Filtermaterial Quarzsand, Einsparung mit Quarzsand etwas höher als Bausand

6 Schlussfolgerungen zum ökologischen Nutzen der verschiedenen Verwertungsarten

Die nachfolgenden Abbildungen und Tabellen zeigen das Ergebnis und das Fazit zum ökologischen Nutzen AFM im Vergleich zu den bestehenden Analysen aus der Vorgängerstudie. Das Ergebnis basiert auf den in Kapitel 5 erstellten Analysen zur Sammlung und Verwertung von Altglas für die Produktion AFM. Die Ergebnisse und Darstellung der Resultate wurden aus der Vorgängerstudie übernommen und mit der neuen Verwertung AFM ergänzt. Abbildung 7 zeigt die mit der Sammlung und Verwertung erzielten Veränderungen im Vergleich zum Basisszenario ohne eine Sammlung Altglas. Die daraus resultierende Bilanz zur erzielten Einsparung zeigt Abbildung 8 mit dem resultierenden ökologischen Nutzen der verschiedenen Sammlungen und Verwertungsalternativen.

Empfehlungen für einen Ansatz AFM beim Verteilschlüssel nach ökologisch basierten Kriterien werden in einem separaten Dokument, ausgehend von den vorliegenden Resultaten, Analysen der Bandbreite des Nutzens sowie ergänzenden Systembetrachtungen, erstellt. Die Empfehlung ist auf die heutige Situation und die derzeit gängigen Verwertungswege und die Marktsituation ausgerichtet. Aktuell führt die Nutzung von Altglas für Anwendungen ausserhalb des Glaskreislaufes zu keinen Beeinträchtigungen der Schweizer Glasproduzenten. Die Sortierung AFM ermöglicht nicht benötigte und farbgetrennte Fraktionen für eine Verwertung als Baustoffe und weisse Scherben für ein Glasrecycling weiterzugeben. Bei Veränderungen der Marktsituation oder von Produktionsverfahren sind Anpassungen der Studie notwendig (z. B. Standort Abnehmer Scherben, Herkunft Glasprodukte, Überschuss von Scherben). Insgesamt stellt die Herstellung von AFM aus Altglas eine ökologisch sinnvolle Ergänzung zu den bestehenden Verwertungen dar.

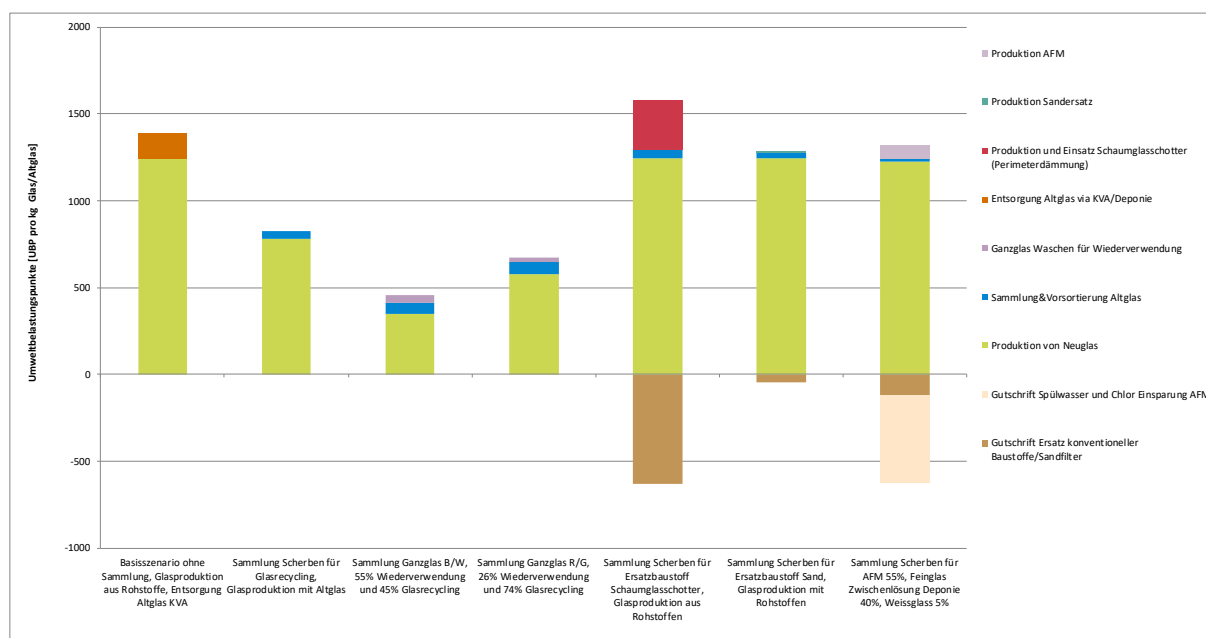


Abbildung 7: Ergänzung Ökobilanz Sammlung und Verwertung von Altglas im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas]. Die Darstellung der Ergebnisse aus dem Bericht 2016 wurde mit der Analyse AFM ergänzt.

Die Umweltbelastung wurde mit der UBP-Methode 2013 berechnet. Die Unsicherheit der Bilanz im Total der Verwertungsoptionen liegt in der Grössenordnung von 30–50%, einzelne Beiträge weisen grössere Unsicherheiten auf.

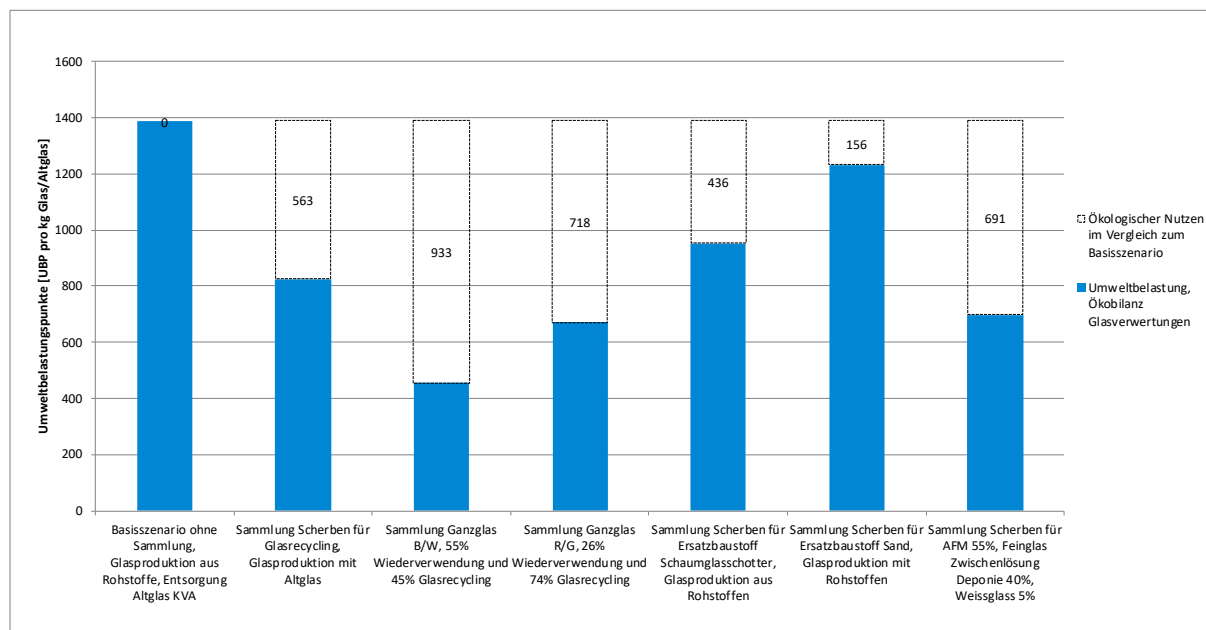


Abbildung 8: Nutzen der Sammlung und Verwertung im Vergleich zum Basisszenario [1 kg Glas/Altglas]. Die Darstellung wurde aus dem bestehenden Bericht übernommen und mit der Analyse von AFM Filtermaterial ergänzt.

Die Umweltbelastung wurde mit der UBPMethode 2013 berechnet. Die Unsicherheit des berechneten Nutzens variiert abhängig von der Verwertungsoption; die Abschätzungen der Spannweite ergeben eine Unsicherheit von 30–50%.

Die Spannweite zum angegebenen ökologischen Nutzen wurde auf Basis von Sensitivitätsanalysen abgeschätzt, siehe Details der Auswertung in Kapitel 7 sowie Angaben zu den Szenarien für AFM in Tabelle 3. Zu berücksichtigen ist bei der Angabe der Spannweite die Abhängigkeit der Sammlung Ganzglas vom Resultat des Glasrecyclings. Höhere Werte Glasrecycling führen auch zu höheren Werten Ganzglassammlung.

Tabelle 6: Ökologischer Nutzen der unterschiedlichen Verwertungswege von Altglas, Ergänzung Analyse AFM

Reduktion Umweltwirkungen im Vergleich zum Basisszenario ohne Sammlung Altglas

Sammlung / Verwertung	Ökologischer Nutzen [UBP pro kg Sammelgut]	Spannweite Nutzen [UBP pro kg Sammelgut]
Scherben für Glasrecycling *	563	485 – 663
Ganzglas für Wiederverwendung (Annahme Ausschuss Glasrecycling)	BW: 933 G/R 718	730– 1060 575 - 810
Scherben für Schaumglasschotter	436	300 – 670
Scherben für Sandersatz	156	125 – 185
Scherben für AFM (55% AFM, 10% andere Filtermaterialien, 30% Feinglas mit potential für Baustoffe, 5% Glasrecycling)	691	315 – 1045

* Für die gemischte Sammlung von Scherben wird aufgrund des geringeren Einsatzpotentials ein Abzug von 5–40% beim Nutzen gemacht (geringere Quote Einsatz gemischter Scherben, Mangel weisser/brauner Scherben). Aktuell werden gemischte Scherben für die Grünglasproduktion eingesetzt und nur ein geringer Teil nachträglich im Ausland optisch sortiert. Aus ökologischer Sicht ist der Aufwand der Sortierung wenig relevant, ins Gewicht fallen können Verluste der Sortierung sowie zusätzliche Transportwege.

Neben ökologischen Kriterien sind für die Bestimmung der VEG ebenfalls ökonomische, politische und soziale Aspekte zu berücksichtigen, welche mit der vorliegenden Studie nicht beurteilt werden können. Die vorliegende Studie sowie die ergänzenden Empfehlung zum Verteilschlüssel wurden unabhängig von der Art der Finanzierung der VEG erstellt.

7 Sensitivitätsanalysen, Spannweite Nutzen

Die Spannweite des Nutzens AFM wurde mit einer Sensitivitätsanalyse abgeschätzt. Dabei wurden, um die Belastbarkeit der Resultate zu prüfen, die Ergebnisse mit den Szenarien, die in Kapitel 4.4 dargestellt sind, analysiert. Diese Analysen werden als Grundlage für die Spannweite des ökologischen Nutzens verwendet und daraus die nachfolgend dargestellte Bandbreite des 95%-Konfidenzintervall abgeschätzt. Neben der Analyse der Belastbarkeit der Resultate AFM wurden die Ergebnisse der Konfidenzintervalle bestehender Analysen zu anderen Verwertungen verwendet. Es wurde angenommen, dass für die positive und negative Abweichung die Grundsätze einer Normalverteilung anwendbar sind und Minimal- und Maximalwerte (Extremwerte) in etwa den Eckpunkten des Konfidenzintervalls von 99.75% entsprechen (3*sigma: 3-mal Standardabweichung). Somit kann das 95%-Konfidenzintervall, welches 2*sigma (2-mal Standardabweichung) entspricht, hergeleitet werden für die Abschätzung der Bandbreite des ökologischen Nutzens.

In Abbildung 9 ist das Fazit dieser Analysen mit den Bandbreiten des ökologischen Nutzens illustriert (Vertrauensintervall 95% Perzentile). Siehe auch Details zum ermittelten mittleren ökologischen Nutzen mit den hier aufgeführten Grundannahmen in Kapitel 5.1 bis 5.3. Die hohe Spannweite für AFM ist durch die kleine Stichprobe Angaben Bädern der Umfrage, der hohen Unsicherheit beim Spülwasserverlust sowie unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten von AFM bedingt.

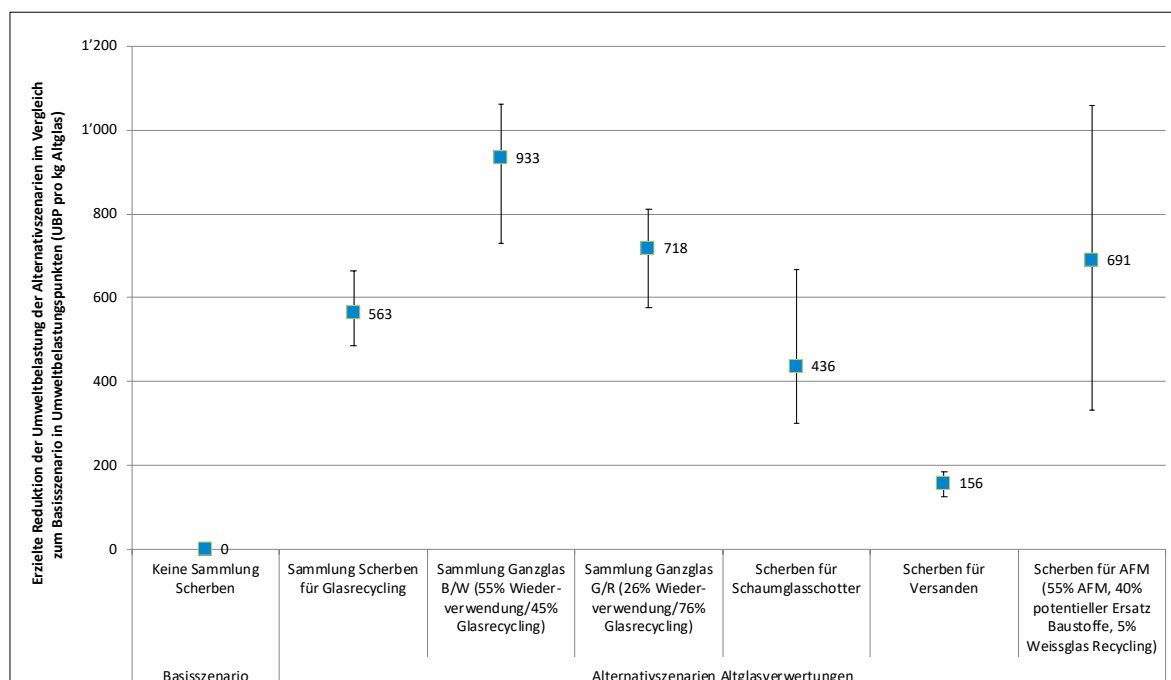


Abbildung 9: Bandbreite des ökologischen Nutzens der verschiedenen analysierten Verwertungsalternativen

Die Umweltbelastung wurde mit der UBP-Methode 2013 berechnet. Die Bandbreite wurde ausgehend von den aufgeführten Szenarien in Tabelle 4 bestimmt (Abschätzung 95%-Konfidenzintervall). Nicht berücksichtigt ist in der Darstellung der Bandbreite die Abhängigkeit der Resultate der Ganzglas-Sammlung und des Glasrecyclings.

Dargestellt ist jeweils der erwartete Mittelwert mit der Bandbreite aus den Sensitivitätsanalysen. Für eine Empfehlung zum Verteilschlüssel ist die Bandbreite des ökologischen Nutzens zu berücksichtigen. Die erzielten Einsparungen bzw. der Nutzen der Verwertung von Altglas hängt von verschiedenen betrieblichen Faktoren der Abnehmer ab und kann in der angegebenen Bandbreite variieren.

Es besteht eine Abhängigkeit beim Resultat der Sammlung von Ganzglas von den Resultaten der Glasproduktion und des Glasrecyclings. Dies ist bei der Darstellung der Bandbreite nicht berücksichtigt (Maximalwerte Glasrecycling führen auch zu Maximalwerten Ganzglas). Trotz der Überschneidung der Bereiche ist die Differenz beim ausgewiesenen ökologischen Nutzen signifikant.

8 Literatur

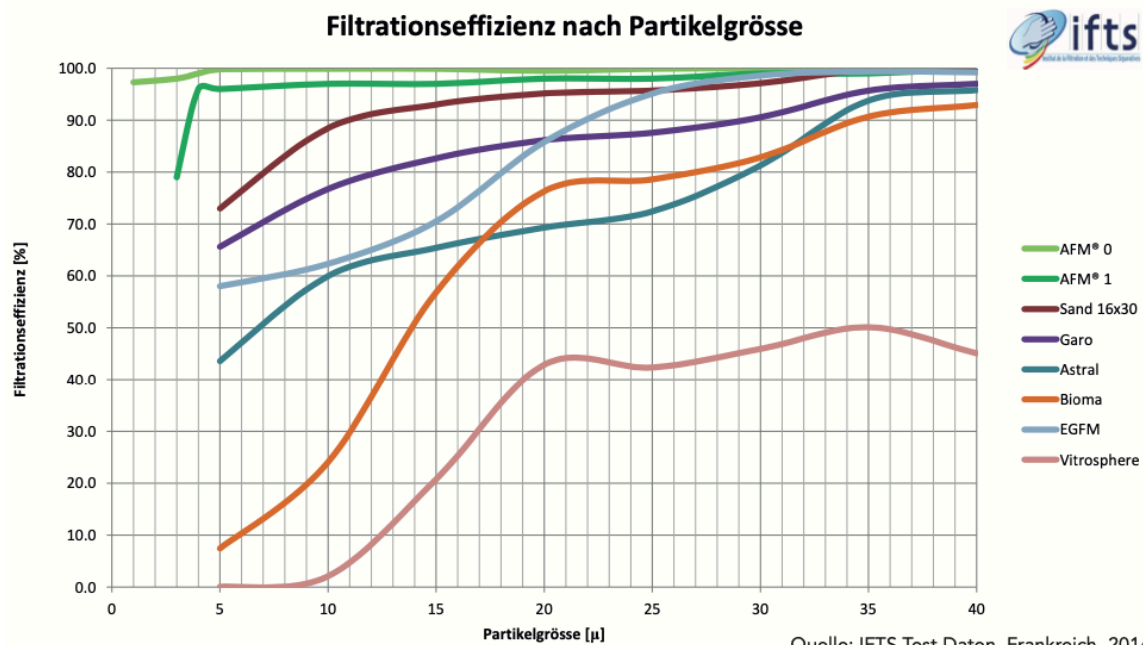
- Carbotech AG. (2008). "Ökobilanz zum Nutzen unterschiedlicher Glasverwertungen."
- Carbotech (2016). "Ökobilanz Verwertungen von Altglas - ökologischer Nutzen der Sammlung von Verpackungsglas". Studie im Auftrag des BAFU, öffentlich.
- ecoinvent. 2014. „ecoinvent 3.1 – ecoinvent.“ Juli 8. <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-version-3/ecoinvent-31/ecoinvent-31.html>.
- Frischknecht R., und Büsser Knöpfel S. 2013. „Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz.“ 1330. Umwelt-Wissen. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- „Glass Recycling Facts | Glass Packaging Institute.“ 2015. Zugegriffen August 21. <http://www.gpi.org/recycling/glass-recycling-facts>.
- Goedkoop, Mark, Reinout Heijungs, Mark Huijbregts, An De Schryver, Jaap Struijs, und Rosalie Van Zelm. 2009. „ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level.“ *VROM–Ruimte en Milieu, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, www.lcia-recipe.net*, Nr. First Edition (Januar). http://www.pre-sustainability.com/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf.
- IPCC. 2006. „2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.“ Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kamiyamaguchi Hayama, Kanagawa, Japan: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- PRé Consultants. 2011. *SimaPro* (Version 7.3.3). Pré Consultants.
- Scalet, Bianca Maria, Serge Roudier, Marcos Garcia Muñoz, Luis Delgado Sancho, Aivi Querol Sissa, und Institute for Prospective Technological Studies. 2013. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass Industrial Emissions Directive 2010/75/EU: Integrated Pollution Prevention and Control*. Luxembourg: Publications Office.
- VetroSwiss (2020) Jahresbericht 2020 Erhebung, Verwaltung und Verwendung der vorgezogenen Entsorgungsgebühr (VEG) für Getränkeverpackungen aus Glas.

Anhang

A1 AFM Verwendung, Laboranalysen

Die nachfolgenden im Labor bestätigte höhere Filtrationseffizienz und spezifischen Material Eigenschaften sind für die Beurteilung des ökologischen Nutzen von AFM Filtermaterial relevant. Verschiedene Bäder bestätigen eine mit dem Einsatz AFM verbundene Reduktion Spülwasserverluste und Chemikalieneinsatz (Grössenordnung 30-50% genannt ohne Messung/Überwachung).

Gemäss Labor reicht eine kürzere Dauer zur Erreichung der gleichen Leistung plausibel (IFTS Bericht 2014).



Graph 1: Filtrationsleistung bei 20 m/h Filtrationsgeschwindigkeit und ohne Flockung

AFM Filtermaterial besitzt eine grössere Oberfläche gegenüber Quarzsand. Dies ermöglicht eine kürzere Spüldauer bei einer gleichzeitig tieferen Spülgeschwindigkeiten. Grünglas-Scherben haben die Eigenschaft, dass sie resistent gegen die Besiedelung von Bakterien sind. Dies ermöglicht eine bessere Filterleistung und weniger Chloreinsatz.

Die Daten und Annahmen zu Einsparungen mit AFM Filtermaterial basieren auf folgenden Datengrundlagen und Laboranalysen:

- Angaben zur Produktion von AFM durch den Hersteller für das Betriebsjahr 2020
- Messungen Bad Hesslingen Umstellung Sand auf AFM, Referenzen von weiteren Bädern
- Unabhängige Testvergleiche zu Filtrierung, Dossiers zu AFM
- Umfrage Bäder, erhobene Daten von Badbetreiber in der Schweiz (erhaltene Angaben zum Spülprozess und Einsatz Sand und AFM Filtermaterial von 3 Hallenbäder, 2 Freibädern)

A2 Sachbilanzdaten Produktion AFM und Betrieb Bäder und Swimmingpool (geheim)

A2.1 AFM Produktion (vertraulich)

Die Umweltwirkungen von AFM Filtermaterial wurden mit der Jahresbilanz Dryden Aqua 2020 analysiert. Die Angaben zur Ausbeute entsprechen dem Mittelwert im Jahr 2020.

A2.2 Einsatz von AFM und Sand als Filtermaterial in Bäder und Pool-Anlagen, Spülwasserverluste/Chloreinsatz

Die mit AFM erzielte Einsparung Rückspülwasser und Chlor im Vergleich zu Sandfilter wurden mit einer Umfrage bei Bädern verifiziert. Da die Daten der Badbetreiber auf verschiedenen Beckengrößen basieren, wurden die Daten auf ein DIN-basiertes Standard-Becken normiert. Von den angefragten Bädern konnten nur von insgesamt 3 Hallenbädern und 2 Freibädern Daten zur Verfügung gestellt werden. Die durchschnittliche Einsparung mit AFM in dieser kleinen Stichprobe liegt bei 30% Reduktion Rückspülwasserverlust im Vergleich zur möglichen Einsparung von 50% (Angaben Referenzen und Rückschlüsse zu Materialeigenschaften). Die Daten zur Einsparung Rückspülwasser aus der Umfrage zeigen eine hohe Variabilität zwischen den Bädern. Es wird infolgedessen konservativ mit dem tieferen Wert von 30% Einsparung für die Analysen gerechnet und mit einer hohen Unsicherheit beim Spülwasserverlust gerechnet. Eine Reduktion Chlor ist erkennbar mit AFM aber schwer zu beziffern, der Chlorverbrauch hängt von vielen weiteren Faktoren des Badbetriebes ab. Hier wurde als konservative Schätzung eine Reduktion von 20% für die Analyse angenommen. Eine höhere Lebensdauer wird bei AFM genannt, aber kann nur grob beurteilt werden.

Tabelle 7 zeigt die mit der Datenerhebung Bäder hergeleiteten Werte für den durchschnittlichen Einsatz in öffentlichen Bädern und dazu abgeleitete Annahmen für den Swimmingpool-Betrieb. Beim Freibad und Swimmingpool wurde konservativ von unbeheizten Becken ausgegangen. Der Energieverbrauch der Hallenbäder wurde auf Basis der Angabe Temperatur und Spülwasserverluste ermittelt.

Tabelle 7: Ermittelte Durchschnittswerte aus der Datenerhebung der Bäder und ergänzenden Abschätzungen Pool

Angaben bezogen auf ein Standardbecken mit Werten Spülwasserverluste und Einsatz Chlor pro Jahr

Filtermaterial	Freibad, 26 Wochen		Hallenbad, 47 Wochen		Swimmingpool, 20 Wochen	
	AFM	Sand	AFM	Sand	AFM	Sand
Lebensdauer	10	5	10	5	10	5
Bedarf Filtermaterial pro Jahr Betriebszeit [kg]*	706	1492	706	1492	6.3	15
Wasserverbrauch Rückspülung pro Jahr [m³]	849	1212	1556	2221	16	22
Heizungsenergie für Ersatz Rückspülwasser [kWh]	nicht beheizt	nicht beheizt	30690	43804	nicht beheizt	nicht beheizt
Chlorbedarf pro Jahr [kg]	179	224	324	405	3.7	4.6

* Total Menge Filtermaterial geteilt durch Einsatzzeit

Für die Analyse von Hallen- und Freibäder wurden ausgehend von den ausgeführten Erhebungen und Grundlagen folgende Werte für ein Standard Becken verwendet.

- Standard 25 m Becken Schwimmbad, 405 m³ Beckenvolumen
- Rückspülintervall 2-mal pro Woche
- Mittelwert Rückspülgeschwindigkeit und Dauer AFM Filter: 46 m/h, 5 Minuten Spüldauer
- Mittelwert Rückspülgeschwindigkeit und Dauer Sandfilter: 64 m/h, 5 Minuten Spüldauer
- Höhe Filterbett 1.2 m (SIA normiert)
- Schüttdichte AFM/Volumen: 1250 kg/m³
- Schüttdichte Sand/Volumen: 1450 kg/m³
- Ersatz Filtermaterial Filter-Systemen. Ersatz AFM nach 10 Jahren, Ersatz Sand 5 Jahre (Schätzwerte Badbetreiber AFM 10-20 Jahre und Sand 5-8 Jahre)
- Betriebszeit Hallenbad 47 Wochen im Jahr, Freibad 26 Wochen im Jahr

- Chloreinsatz mit Sand-Filtersystem: 1kg Chlor pro m³ Beckenvolumen und Jahr; Chloreinsatz in AFM-Filtersystem 20% weniger als in Sand-Filtersystem

Für die Analyse von Swimmingpools wurden abgeleitet von Bädern und Empfehlungen für Pool Betreiber die folgenden Annahmen für einen durchschnittlichen Pool getroffen:

- 8 m Becken, 43 m³ Beckenvolumen
- Rückspülintervall 1mal pro Woche
- Mittelwert Rückspülgeschwindigkeit und Dauer AFM Filter: 45 m/h, 6 Minuten Spüldauer
- Mittelwert Rückspülgeschwindigkeit und Dauer Sandfilter: 60 m/h, 6 Minuten Spüldauer
- Höhe Filterbett: 0.3 m
- Schüttdichte AFM: 1250 kg/m³
- Schüttdichte Sand: 1450 kg/m³
- Ersatz Filtermaterial Filter-Systemen. Ersatz AFM nach 10 Jahren, Ersatz Sand 5 Jahre
- 20 Wochen Pool Betrieb pro Jahr
- Chloreinsatz mit Sand-Filtersystem: 20 – 30% weniger Chlor als in Bäder.