

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

**Verwertungsmöglichkeiten ausgewählter Fraktionen  
aus der Demontage von Elektroaltgeräten  
Fraktion: Bildröhrenglas**

Endbericht

31. Mai 2001

**BiPRO**

In Kooperation mit:



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hintergrund und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Produktkennzeichnung und Mengenanalyse .....</b>	<b>2</b>
2.1	Produktkennzeichnung.....	2
2.2	Materialfluss (Mengengerüst).....	7
2.3	Top-Down Ansätze.....	9
2.3.1	Zusammenfassung Top-Down Anfallpotenziale .....	9
2.3.2	Altgeräteaufkommen aus Bestand und Nutzungsdauern.....	9
2.3.3	Altgeräteaufkommen aus heutiger Absatzmenge .....	11
2.3.4	Altgeräteaufkommen aus dem Bundesabfallwirtschaftsplan 1998 .....	13
2.4	Bottom-Up.....	15
2.4.1	Zusammenfassung Bottom-Up EOL-Glasaufkommen.....	15
2.4.2	Hochrechnung des Altgeräteaufkommens auf Basis regionaler Sammelergebnisse .....	16
2.4.3	Bildschirmgeräte: Sammlung, Aufbereitung, Verwertung, Deponierung ....	17
2.4.4	Vergleich mit Mengengerüst Abfalldatenverbund und BAWPI 1998 .....	18
2.5	Vorgaben aus Regelwerken .....	21
2.6	Zukünftige Mengenentwicklung.....	24
<b>3</b>	<b>Verfügbare Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten .....</b>	<b>25</b>
3.1	Vorbehandlungsverfahren .....	25
3.1.1	Zerlegeverfahren.....	25
3.1.2	Schredderverfahren .....	27
3.1.3	Bewertung von Verfahren und Output .....	28
3.2	Verwertungs- und Entsorgungswege in Österreich .....	30
3.2.1	Einsatz als Schlackebildner in einer Bleihütte .....	30
3.2.2	Weitere Entsorgungswege von EOL-Bildröhrenglas.....	31
3.3	Verfügbare Verwertungsmöglichkeiten im angrenzenden EU-Raum	31
3.3.1	Einsatz als Sekundärrohstoff für Bildröhrenglasproduktion.....	31
3.3.2	NE-Metallhüttenindustrie (Sekundärkupferhütte).....	33
3.3.3	Keramische Industrie .....	34
3.3.4	Schaumglasherstellung / Blähglasherstellung .....	34

3.3.5	Flachglasindustrie .....	34
3.3.6	Behälterglas .....	35
3.3.7	Straßenunterbau .....	35
3.4	Pilotprojekte und zukünftige Technologieentwicklungen .....	36
3.4.1	Schirmglasherstellung .....	36
3.4.2	Mineralfaserherstellung .....	36
3.4.3	Fasadenplattenherstellung .....	37
3.4.4	Strahlenschutzindustrie .....	37
<b>4</b>	<b>Verfügbare Kapazitäten und ökonomisch-ökologische Randbedingungen.....</b>	<b>38</b>
4.1	Einsatz als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenproduktion.....	38
4.2	Glasfaserindustrie .....	40
4.3	Einsatz als Schlackebildner in einer Bleihütte .....	40
4.4	NE-Metallhüttenindustrie (Sekundärkupferhütte) .....	40
4.5	Weitere Entsorgungswege von EOL-Bildröhrenglas .....	40
<b>5</b>	<b>Entwicklungstendenzen, ergriffene Aktivitäten und Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>43</b>

Literaturverzeichnis

**Anhang: Abnahmeerklärung**

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

Im Juni 2000 wurde von der EU-Kommission ein Vorschlag für die "Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte" (EAG-RL) verabschiedet<sup>1</sup>. Ziel dieser Richtlinie ist die Harmonisierung der nationalen Maßnahmen bei der Sammlung und Behandlung von Elektroaltgeräten. Die Richtlinie soll zum einen die Rücknahme von Elektroaltgeräten regeln, zum anderen werden Mindeststandards für die Behandlung von Elektroaltgeräten sowie Sammelziele und Zielvorgaben für die Wiederverwertungsquoten festgelegt.

Eine besondere Bedeutung bei der Elektroaltgeräteverwertung haben Fernsehgeräte und PC-Monitore mit Bildröhren. Neben zunehmenden Verkaufszahlen nimmt zugleich die Austauschgeschwindigkeit dieser Geräte infolge neuer Entwicklungen zu. Betrug vor einigen Jahren die durchschnittliche Austauschzeit von Computern noch über 5 Jahre, werden diese inzwischen z. T. im Intervall von ein bis zwei Jahren ausgetauscht<sup>2</sup>. Die mengenmäßig wichtigste Fraktion bei der Demontage von Fernsehgeräten und Computermonitoren ist dabei das Bildröhrenglas.

Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel der vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Auftrag gegebenen Studie darin, für die bei der Demontage und der mechanischen Aufarbeitung von Elektroaltgeräten anfallende Fraktion "Bildröhrenglas" Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Dabei sollte nicht nur auf die gegenwärtig bestehenden Entsorgungswege und -möglichkeiten in Österreich eingegangen werden, sondern auch auf bereits in anderen Ländern angewandte bzw. in Entwicklung befindliche Technologien.

Ein weiteres Ziel des Vorhabens lag darin, einen Überblick über derzeit verfügbaren Kapazitäten (national als auch im angrenzenden EU-Raum) sowie über wirtschaftliche und ökologische Randbedingungen zu geben.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Studie konnten konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, um das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft bei der Umsetzung und Durchführung der EU-Richtlinie zu unterstützen.

---

<sup>1</sup> Kommissionsdrucksache KOM (2000) 347

<sup>2</sup> Eur-Lex: Vorbereitende gemeinschaftliche Rechtsakte 500PC0347 (01)

## 2 Produktkennzeichnung und Mengenanalyse

### 2.1 Produktkennzeichnung

Die Bildröhre (Kathodenstrahlröhre) stellt das Kernstück von Bildschirmgeräten wie Fernsehgeräten und PC-Monitoren dar. In der evakuierten Bildröhre wird mittels eines Elektronenstrahls (Kathodenstrahl) das Bild auf einer Leuchtschicht, die auf das Frontglas (Schirmglas) aufgebracht ist, erzeugt. Die Ablenkung des Elektronenstrahls in die gewünschte Richtung erfolgt elektromagnetisch über Ablenkvorrichtungen, die außerhalb der Röhre angebracht sind. Der Elektronenstrahl wird über eine Elektronenquelle (Kathodenstrahlerzeuger) erzeugt, wobei infolge der hohen Spannung Röntgenstrahlung freigesetzt wird. Deshalb muss das zur Herstellung der Bildröhre verwendete Glas nicht nur optische und produktionsspezifische Anforderungen erfüllen, sondern zugleich die entstehende Röntgenstrahlung absorbieren. Hierfür werden dem Glas Schwermetalloxide wie z. B. Barium- oder Bleioxid beigegeben.

Sowohl volumen- als auch gewichtsmäßig ist die Bildröhre die bedeutendste Komponente bei Fernsehgeräten mit einem durchschnittlichen Anteil von ca. 50-60%. Bei PC-Monitoren beträgt der Anteil der Bildröhre am Gesamtgewicht immerhin noch ca. 30-40 %. Derzeit beträgt das durchschnittliche Gewicht von Fernsehbildröhren zwischen 12,5-20 kg, PC-Bildröhren liegen etwa bei 8-10 kg. Vor allem bei den Fernsehgeräten geht der Trend eindeutig zu noch größeren Bildröhren mit einem Gewicht von bis zu 50 kg. Neben Fernsehgeräten und PC-Monitoren werden Bildröhren auch noch bei Spezialanwendungen wie z. B. bei Oszillographen oder Radargeräten eingesetzt. Diese spielen jedoch mengenmäßig für die hier angestellten Entsorgungs- und Verwertungsbetrachtungen eine untergeordnete Rolle.

Grundsätzlich unterscheidet man bei Bildröhren zwischen Monochrom- (Schwarzweiß-) und Farbbildröhren. Obwohl die Monochrombildröhren immer mehr von Farbbildröhren verdrängt werden, sind diese bei der Entsorgung aufgrund ihrer langen Lebensdauer immer noch relevant. Die Unterschiede zwischen Monochrom- und Farbbildröhren liegen vor allem im Aufbau sowie in den verwendeten Materialien. Monochrombildröhren bestehen aus einem einheitlichen Glaskörper, d. h. Schirm- und Konusglas sind direkt miteinander verschmolzen. Das für Monochrombildröhren verwendete Silikatglas enthält durchschnittlich ca. 2 - 5 Gew.% Bleioxid und etwa 12 Gew.% Bariumoxid.

Im Gegensatz dazu werden bei der Farbbildröhre vier verschiedene Glasfraktionen verwendet (vgl. Abbildung 2-1):

- Schirmglas (Frontglas)
- Konusglas (Trichterglas)
- Halsglas
- Glaslot (Fritte)

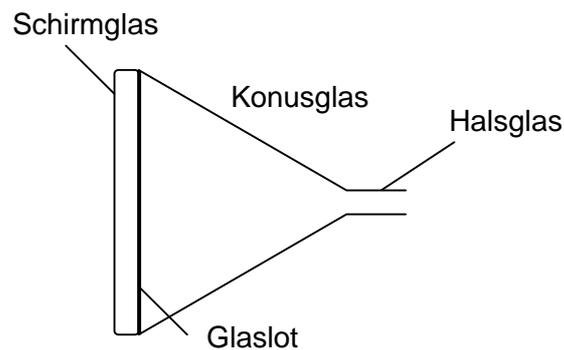


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung Farbbildröhre

### Schirmglas

An das Schirmglas bzw. Frontglas werden die höchsten optischen Anforderungen gestellt, da es direkten Einfluss auf die Bildqualität hat. Als Schirmglas wird ein sehr hochwertiges Barium/Strontiumsilikatglas mit einem Alkalianteil von ca. 15% verwendet<sup>3</sup>. Neben Barium- und Strontiumoxid wird z. T. auch Zirkoniumoxid (~ 2 Gew.%) zur Verbesserung der Glaseigenschaften eingesetzt. Durch Zugabe von weiteren Stoffen wie z. B. Arsen oder Antimon kann gezielt die Verarbeitungsqualität der Glasschmelze beeinflusst werden. Zur Farbgebung werden Nickel- und Kobalt-Oxide eingesetzt (im ppm-Bereich). Die genaue chemische Zusammensetzung des Schirmglases wird jedoch vor allem durch die vorgegebenen optischen Eigenschaften wie

- Transmission im sichtbaren Licht
- Eigenfarbe

definiert.

---

<sup>3</sup> Angaben Schott Glas, Mainz

Neben diesen optischen Anforderungen muss das Schirmglas weitere physikalische und produktionsspezifische Anforderungen wie

- keine sichtbaren Glasfehler (Blasen, Schlieren, Einschlüsse usw.)
- thermische Dehnung
- Viskosität
- Röntgenabsorption
- konstante Verarbeitbarkeit

erfüllen. Das zur Herstellung von Schirmgläsern eingesetzte Glas ist weitgehend bleifrei, bei sehr alten Schirmgläsern oder nicht europäischen Importgläsern kann allerdings Bleioxid noch enthalten sein.

### Konusglas

An das Konusglas werden im Gegensatz zum Schirmglas keine so hohen optischen Anforderungen gestellt. Relevante Eigenschaften des Konusglases sind vor allem Röntgenabsorption, thermische Dehnung und gute Verarbeitbarkeit der Glasschmelze. Das Konusglas besteht aus einem Silikatglas mit einem Bleioxid-Anteil von derzeit etwa 20 - 24 Gew.%. Früher lag der Bleioxidgehalt bei etwa 14 - 15 Gew.%. Aufgrund der gestiegenen Anforderungen bezüglich der Röntgenabsorption musste der Bleianteil erhöht werden. Infolge des Einsatzes von gemischten Altglasscherben (Schirm- und Konusglas) bei der Konusglasproduktion enthält das Konusglas heute auch einen geringen Anteil an Barium- und Strontiumoxid. Der Metalloid-Anteil ist jedoch auf wenige Prozent begrenzt ( $\text{BaO} < 2,6 \text{ Gew.}\%$ ,  $\text{SrO} < 2 \text{ Gew.}\%$ ).

### Glaslot/Glashals

Bei der Farbbildröhre sind Schirm- und Konusglas nicht direkt miteinander verschmolzen, sondern über ein Glaslot (Glasemail, Glasfritte) miteinander verbunden. Als Glaslot wird dabei ein Bleiglas mit einem hohen Bleioxidgehalt von ca. 80 Gew.% verwendet, dessen Schmelzpunkt niedriger ist als der von Schirm- und Konusglas.

Ein weiteres bleihaltiges Glas ( $\text{PbO}$ -Gehalt  $\sim 30\%$ ) bei der Farbbildröhre ist das Halsglas, das am hinteren Ende des Konusglases den Abschluss der Bildröhre bildet.

Sowohl Glaslot als auch Halsglas spielen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. Für die Verwertung sind vor allem das Schirm- und Konusglas der Bildröhre relevant, wobei das Verhältnis Schirmglas zu Konusglas bei etwa  $2/3$  zu  $1/3$  liegt.

Insgesamt beträgt der Glasanteil einer Farbbildröhre etwa 85-90 Gew.% (Halsglas, Konusglas, Schirmglas).

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Inhaltsstoffe und deren Mengenverteilung in Farbbildröhren zusammengefasst.

Oxide	Schirmglas		Konusglas	
	Min [%]	Max [%]	Min [%]	Max [%]
SiO <sub>2</sub>	58,85	65,40	51,19	63,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,20	3,70	1,10	5,00
Na <sub>2</sub> O	6,15	9,80	5,25	8,05
K <sub>2</sub> O	6,00	8,95	7,15	10,30
Li <sub>2</sub> O	0,00	0,50	/	/
F	0,00	0,83	/	/
BaO	1,90	14,20	0,00	3,00
SrO	0,00	11,60	0,15	0,65
CaO	0,00	4,55	1,60	4,45
MgO	0,00	1,95	0,90	3,00
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,30	0,00	0,15
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,70	0,02	0,35
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,60	/	/
CeO <sub>2</sub>	0,00	0,55	/	/
PbO	0,00	3,25	11,60	24,60
ZrO <sub>2</sub>	0,00	3,50	0,20	0,20
ZnO	0,00	0,65	/	/
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,07	/	/

Tabelle 1 durchschnittliche Zusammensetzung von Bildröhrengläsern<sup>4</sup> (Angaben in Gew.%)

Die bei der Zusammensetzung der Gläser angegebenen Zahlen können nur als Durchschnittswerte für die europäischen Bildröhrengläser angesehen werden, da jeder Glashersteller seine eigenen Rezepturen, abhängig von den spezifischen Vorgaben der Gerätehersteller, hat. Inzwischen gibt es Bestrebungen, die Rezepturen für Konusglas europaweit anzugleichen, indem Spannen festgelegt werden, in denen sich die chemische Zusammensetzung des Glases be-

<sup>4</sup> Quelle: Schott Glas, Mainz

wegen soll. Durch eine Standardisierung des Konusglases soll der Wiedereinsatz von End-of-Life-Bildröhrenglas (EOL-Glas) als Sekundärrohstoff in der Glasschmelze erleichtert werden. Diese Geräte werden jedoch erst in einigen Jahren für die Verwertung relevant sein. Die importierten Konusgläser liegen im wesentlichen ebenfalls in dem Toleranzbereich des europäischen Standardkonusglases.

Neben dem Glas enthalten die Bildröhren im Inneren noch weitere Metall- bzw. Kunststoffteile wie z. B. Abschirmkonus und Lochmaske. Die größeren Teile sind bei der Aufbereitung leicht zu entfernen. Problematisch sind vor allem die kleineren Teile wie z. B. eingeschmolzene Pins aus Nickel oder auf die Gläser aufgebrachte Beschichtungen bzw. Metallisierungen wie z. B. Graphit, Eisenoxid oder Aluminium auf der Außen- bzw. Innenseite des Konusglases.

Die Leuchtschicht, die nur lose auf dem Schirmglas aufgebracht ist, setzt sich überwiegend aus Zinksulfid sowie seltenen Erden (z. B. Yttrium) zusammen. Das früher ebenfalls verwendete Cadmium findet sich heute nur noch in Schwarzweißbildröhren in Form von Cadmiumsulfid. Aufgrund der langen Lebensdauer von Fernsehgeräten kann in älteren Modellen jedoch noch Cadmium enthalten sein. Dies gilt ebenso für einige Importgeräte. Tendenziell nimmt jedoch der Anteil an Cadmium ab. Durchschnittlich enthält eine Bildröhre etwa  $2 \text{ mg/cm}^2$  Leuchtstoffpulver [Lit. 2]. Der Anteil dieser umweltrelevanten Leuchtstoffe am Gesamtgerät beträgt etwa 0,03 – 0,04%.

## 2.2 Materialfluss (Mengengerüst)

Die abfallrelevanten Güter für Bildröhrenaltglas sind Geräte mit Kathodenstrahlröhren, also im wesentlichen Fernsehgeräte und PC-Monitore. Spezielle elektronische Geräte der Medizin- und Nachrichtentechnik sind ebenfalls mit Kathodenstrahlröhren ausgestattet. Diese sind mengenmäßig für die durchgeführten Abschätzungen jedoch unbedeutend.

Für die Abschätzung der relevanten Stoffströme wurde versucht, über zwei grundsätzlich gegensätzliche Modelle (Top-Down und Bottom-Up) zu einem plausiblen Mengengerüst für Bildröhrenglas zu gelangen. Nachdem aber beide Modelle aufgrund zahlreicher erforderlicher Annahmen erhebliche Unwägbarkeiten enthalten bzw. Fehlerquellen aufweisen, schien es zielführend, jeweils auch innerhalb der Modelle verschiedenartige Ansätze zu überprüfen, um eine möglichst hohe Übereinstimmung der resultierenden Ergebnisse zu erhalten.

Die untersuchten Top-Down Ansätze gehen von den Beständen der relevanten Geräte, den in Verkehr gebrachten Geräten und von der Gesamtmenge der Elektronikaltgeräte aus. Grundsätzlich führen sie jeweils zu einem Anfallpotenzial für Bildröhrenaltglas von ca.  $8.500 \pm 2.500$  t/a. Davon entfallen ca. 70% - 80% auf Glas aus Fernsehgeräten und der Rest auf Glas aus Monitoren.

Die Bottom-Up Ansätze basieren auf der Hochrechnung des Altgeräteaufkommens regionaler Sammelergebnisse, Erhebungen und Gesprächen mit Sammlern, Behandlern sowie Auswertungen aus dem Abfalldatenverbund. Sie wurden in erster Linie zur Abschätzung der derzeit verwerteten Mengen durchgeführt. Der Nachteil dieser Ansätze liegen zumeist darin, dass nicht alle Stoffströme vollständig erfasst werden. Insgesamt ergeben diese Ansätze eine Menge von  $3.000 \pm 1.000$  t/a. Diese Zahlen beinhalten eine Verwertungsmenge von 1.000 t/a.

Durch Kombination der Top-Down und Bottom-up Ansätze ergibt sich folgendes Bild für den Materialfluss:

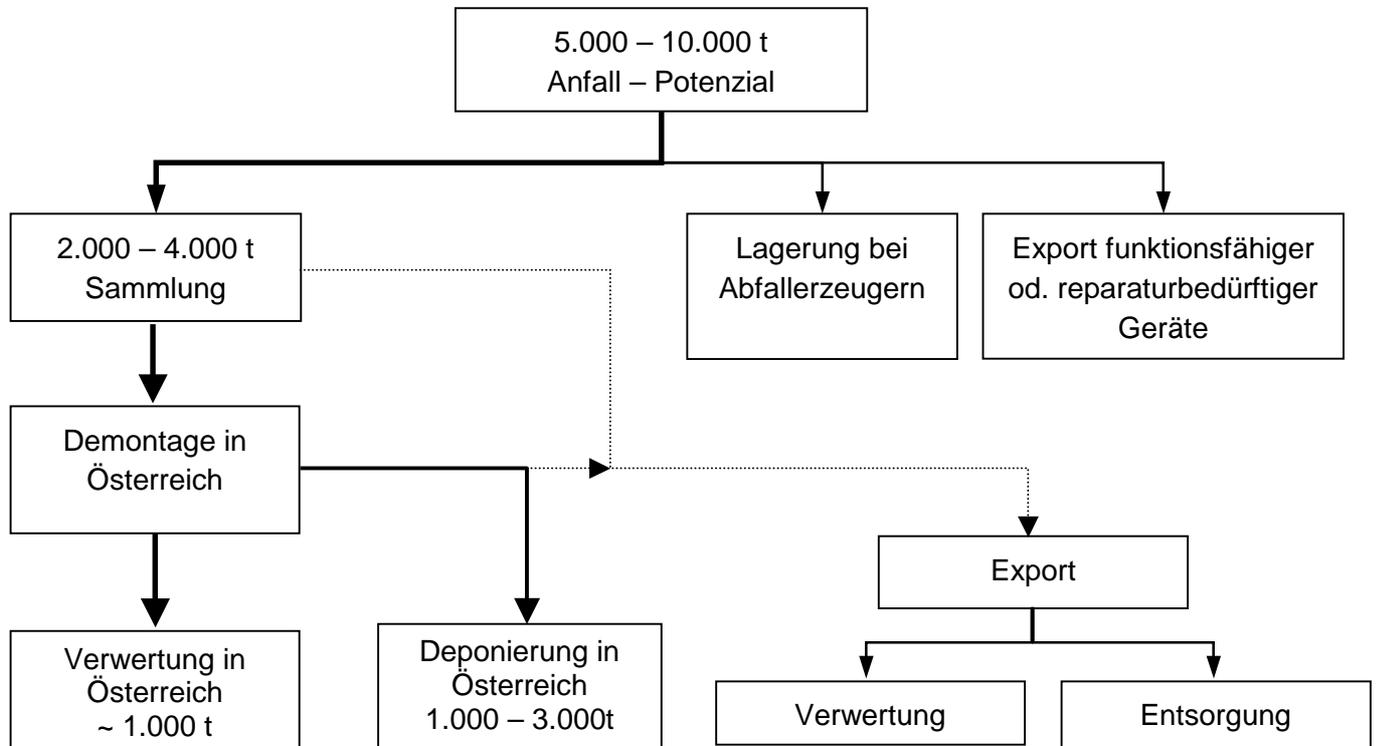


Abbildung 2-2 Materialfluss EOL-Bildröhrenglas in Österreich

Das wichtigste Problem bei der Ermittlung der derzeitigen Verwertungswege von End-of-Life Bildröhrenglas (EOL) ist, dass die genauen Wege nicht verfolgt werden können, da es sich um nicht gefährliche Abfälle handelt und eine Erfassung über Begleitscheine nicht gegeben ist. Lediglich das in den Bildröhrengeräten enthaltene Leuchtpulver muss als gefährlicher Abfall erfasst und entsorgt werden. Bis in die 90er Jahre wurde davon ausgegangen, dass es sich nur bei den Leuchtstoffen um umweltrelevante Stoffe handelt. Inzwischen haben verschiedene Versuche [Lit. 4] jedoch gezeigt, dass diese Einschätzung für Bleiglas möglicherweise revidiert werden muss.

Umgelegt auf Gerätestückzahlen bedeutet die Differenz zwischen dem Abfallpotenzial und der nachvollziehbaren entsorgten Menge eine Größenordnung von ca. 500.000 Stk<sup>5</sup>. Bei ca. 3,5 Mio. Haushalten und ca. 0,3 Mio. Betriebsstätten führt das zur Überlegung, dass statistisch betrachtet in jedem 7. Haushalt (bzw. Betriebsstätte) ein Altgerät gelagert wird.

<sup>5</sup> Bei einem mittleren Gerätegewicht von 20 kg und einem mittleren Glasanteil von 50%.

## **2.3 Top-Down Ansätze**

### **2.3.1 Zusammenfassung Top-Down Anfallpotenziale**

Die Ergebnisse der gewählten drei Ansätze für die Abschätzung des Massenpotenzials an Bildröhrenglas weisen eine gute Übereinstimmung auf. Als Bereich ergibt sich ein Anfallpotenzial von 5.000 – 10.000 t/a.

Dieser Bereich deckt sich auch mit Abschätzungen aus europäischen Ländern mit vergleichbaren Strukturen hinsichtlich Wohlstand (Ausstattungsgrad) und Technologieeinsatz.

So liegt das geschätzte Potenzial für Deutschland bei etwa 70.000 – 100.000 t/a [Lit. 8] und für Norwegen bei etwa 2.000 t/a (nur aus Fernsehgeräten), was einem pro Kopf bezogenem jährlichem Anfallpotenzial an Bildröhrenglas von 1,05-1,13 kg/EW.a ergibt.

Neuere Studien aus Deutschland [Lit. 9] zeigen mit einem Glasanteil von 10% am gesamten Elektronikschrott (inkl. aller Elektroaltgeräte) bei einem geschätzten Gesamtaufkommen von etwa 80.000 t/a in Österreich ebenfalls die Größenordnung von 8.000 t/a an.

Diese Übereinstimmungen weisen darauf hin, dass die ermittelten Werte für das österreichische Anfallpotenzial bei allen notwendigerweise getroffenen Annahmen und Schätzungen plausible Zahlenwerte für EOL-Anfallpotenzial aufzeigen.

### **2.3.2 Altgeräteaufkommen aus Bestand und Nutzungsdauern**

Bei dieser Methode wird das Geräteaufkommen über den Bestand sowie die durchschnittlichen Nutzungsdauern ermittelt. Aus der Anzahl der Haushalte und den Ausstattungsgraden kann der Gerätebestand rechnerisch abgeschätzt werden. Unter Annahme der mittleren Gebrauchsdauern kann daraus das (jährliche) Anfallpotenzial berechnet werden.

Eine wesentliche Unsicherheit bei diesem Verfahren sind die meist in Stichproben ermittelten Gebrauchsdauern, da sie nur eine Aussage über die als Abfall anfallenden, verbrauchten Geräte liefern, nicht aber über nicht mehr in Verwendung stehende Geräte, die (noch) nicht entsorgt wurden. Diese Tatsache führt zu weit höheren mittleren „Gebrauchsdauern“, die nicht den tatsächlichen Verwendungsdauern entsprechen. Letzteres trifft v. a. auf Fernsehgeräte zu, bei PC-Monitoren fehlen aufgrund der vergleichsweise späteren Technologieverbreitung gesicherte Angaben über deren Lebenszyklen. Die Gebrauchsdauer der PC-Monitore ist vorherrschend von der raschen Entwicklung neuer Standards geprägt (v. a. der Umstieg auf strahlungsarme respektive größere Geräte). Nicht zuletzt dadurch ist die im Mittel rund halb so lange mittlere Gebrauchsdauer dieser Geräte im Vergleich zu Fernsehern zurückzuführen.

Die Bestandsmengen der Haushalte sind für PC-Monitore in einer Untersuchung der Statistik Austria für 1998 enthalten. Die gleiche Untersuchung gibt für Fernseher lediglich eine Mindestzahl von 1 Stk. pro Haushalt (=Sättigungsgrad 100%) an. Aufgrund von persönlichen Gesprächen mit den Erstellern der Untersuchung und von Vergleichszahlen aus Bayern konnte ein Bereich von 1,3 – 1,4 Fernsehern pro Haushalt für 1998 abgeschätzt werden. In erster Näherung kann der Anfall der Altgeräte über die mittlere Gebrauchsdauer abgeschätzt werden, wobei tendenziell – aufgrund der Zuwachsraten innerhalb dieser Gebrauchsdauern – eher zu hohe Werte resultieren.

Als Abschätzung des Massenpotenzials von Kathodenstrahlröhrengeräten kann die dargestellte Methode trotz der erwähnten Unwägbarkeiten brauchbare Ergebnisse liefern. Die Tabelle 2 gibt die Abschätzungen des Massenpotenzials für EOL-Glas nach dieser Methode wieder. Aus den errechneten Stückzahlen wurde über die durchschnittlichen Gerätemassen und Glasanteile auf die potentiellen Glasmengen umgerechnet. Die Berücksichtigung des Massenpotenzials aus dem gewerblichen bzw. industriellen Bereich liefert aufgrund von (Haushalts-) Äquivalenzabschätzungen der Geräteausstattung der Betriebe<sup>6</sup> derzeit eine Erhöhung der Haushaltsmengen um 10 bis max. 20%. Der Anteil von Altgeräten aus Unternehmen wird zukünftig aufgrund der Zuwachsraten im Ausstattungsgrad von Betrieben steigen. Die Schwankungsbreite beim Bildröhrenglasanfall beträgt unter Berücksichtigung der Unsicherheitsbereiche in den Ausstattungsgraden, den Nutzungsdauern und den möglichen Bereichen der Gerätegewichte bzw. Glasanteils zwischen 6.000 – 11.000 t/a.

<b>Anzahl der Haushalte in Österreich</b>	<b>3.500.000</b>	
	<i>Fernsehgeräte</i>	<i>PC-Monitore</i>
Ausstattungsgrad der Haushalte (Stand 1998)	1,3 - 1,4	0,3 - 0,4
Anzahl der Bildschirmgeräte [Tsd Stk.]	4.550 - 4.900	1.050 - 1.400
durchschnittliche Nutzungsdauer [a]	10 - 12,5	5 - 6
Anfallpotential Bildschirmgeräte [Tsd Stk./a]	364 - 490	175 - 280
Gerätegewicht [kg/Stk.]	22 - 25	15 - 20
Geräte Anfallpotential[t/a]	8.000 - 12.300	2.600 - 5.600
durchschnittlicher Glasanteil [Gew.%]	55%	35%
Anfallpotential EOL-Glas [t/a, gerundet]	4.400 - 6.800	900 - 2.000
<b>Anfallpotential EOL-Glas aus Haushalten (HH)[t/a]</b>	<b>5.300 - 8.800</b>	
<b>Anfallpotential EOL-Glas aus Gew./Ind.(10% - 20% HH) [t/a]</b>	<b>530 - 1.760</b>	
<b>Anfallpotential EOL-Glas Geasmt [t/a, gerundet]</b>	<b>6.000 - 11.000</b>	

Tabelle 2 Anfallpotenzial von EOL-Glas auf Basis einer Top-Down Methode über Ausstattungsgrade von Haushalten und Gerätenutzungsdauern

<sup>6</sup> basierend auf den Zahlenangaben zu Anzahl der Betriebe und Mitarbeiter der Betriebsstättenzählung 1991

### 2.3.3 Altgeräteaufkommen aus heutiger Absatzmenge

Ein weiterer Top-Down Ansatz geht von den gesamten in Umlauf gesetzten Stückzahlen von Kathodenstrahlgeräten aus, d. h. die heutige Absatzmenge entspricht dem Aufkommen an Altgeräten: Diese Methode geht von der Annahme aus, dass alle angeschafften Neugeräte ausschließlich dem Ersatz der alten dienen, d. h. dass sowohl der Ausstattungsgrad als auch die Anzahl der Haushalte konstant ist. Im Zeitraum der Gerätenutzung (5-15 Jahre) gehen die Abschätzungen in dieser Studie von der Konstanz der Anzahl der Haushalte aus, was aufgrund der Entwicklungen seit 1994 und der Prognose bis 2014 zulässig erscheint [Lit.: OEstat, 1998]. Eine gleichbleibende Ausstattung ist jedoch weder bei Fernsehgeräten noch bei PC-Monitoren gegeben und muss daher berücksichtigt werden. Über Anteile an Ersatzanschaffungen, die durchschnittlichen Nutzungsdauern der Bildschirmgeräte und die entsprechenden Glasanteile ist eine Abschätzung des Abfallmassenpotenzials von Bildröhrenglas möglich [Lit. 5].

Der Absatz errechnet sich aus der Summe der neu produzierten Geräte und der Handelsbilanz (Differenz Importe und Exporte) unter Vernachlässigung der Lagermengen und ist bei detaillierter Betrachtung nur eine Geräteverfügbarkeit. In hinreichender Genauigkeit kann diese aber für diese Abschätzungen mit dem Absatz gleichgesetzt werden.

Folgende Parameter gehen in die Abschätzung ein (getrennt nach Fernsehgeräten und PC-Monitoren):

- Produzierte Stückzahlen
- Nettoimport an Geräten (Import weniger Exporte)
- Abschätzung der Entwicklung der Ausstattungsgrade der Haushalte
- Durchschnittliche Gebrauchsdauern (wie in Kap. 2.3.1)

Über die Produktionszahlen von Fernsehgeräteherstellern liegen leider keine statischen Daten vor, da statistische Ergebnisse bei unter 4 Betrieben pro Sparte aus Gründen der Geheimhaltung nicht publiziert werden. Daher konnten die produzierten Mengen nicht berücksichtigt werden, die Summe stellt daher eher eine untere Grenze dar.

Der einzige heimische Produzent von Bildröhren für PC-Monitore exportiert die gesamte produzierte Menge aufgrund der Tatsache, dass es in Österreich keinen Monitorhersteller gibt. Die Glas-Ausschussware bei der Bildröhrenherstellung wird praktisch zur Gänze im Prozess wiedereingesetzt (zu einem geringen Teil bei der Glasherstellung im benachbarten Ausland).

Für Fernsehgeräte gibt eine relativ junge Erhebung des OESTAT (nunmehr Statistik Austria) zur Bilanz von Elektrogeräten Auskunft über die Nettoimporte der Stückzahlen, die Fernsehgeräte nicht aber PC-Monitore einschließt. Für das Jahr 1997 wurden die Daten in Tabelle 3 zusammengefasst.

Produktion 1997	keine stat. Angaben
Import 1997 [Tsd Stk.]	1.283
Export 1997 [Tsd Stk.]	122
Import - Export [Tsd Stk.]	1.161
durchschnittliche Fernsehermasse [kg/Stk.]	22,5
<b>Import - Export [t/a]</b>	<b>26.100</b>
durchschnittlicher Glasanteil [Gew.%]	55%
<b>Nettozuwachs von Bildröhrenglas [t/a]</b>	<b>14.400</b>
Anahl der Haushalte in Österreich	3.500.000
<b>Nettozuwachs von Bildschirmglas [kg/HH.a]</b>	<b>4,11</b>

Tabelle 3: Abschätzungsrechnung für den Bildröhrenglaseintrag über die Bilanz von Fernsehgeräten für das Jahr 1997.

Bei der Betrachtung des reinen Glasinputs ergibt sich ein Wert ca. 14.000 t oder ca. 4 kg pro Haushalt und Jahr (ohne Produktionszuwächse). Nachdem bei den Fernsehgeräten in Österreich bereits vor dem Jahr 1998 praktisch eine Sättigung (mind. ein Gerät pro Haushalt) eingetreten ist und die Tendenz derzeit stark in Richtung Zweit- und Drittgeräten geht, hat diese Inputgröße alleine nur eine relative Aussagekraft. Aber sie gibt – zusammen mit den anderen Glasinputs – zumindest eine Obergrenze vor, die unter Berücksichtigung der Nutzungsdauern nicht überschritten werden kann. Der Wert von 14.000 t stützt die Abschätzung des vorigen Abschnitts insofern, als das dort abgeschätzte Potenzial von Altglas aus Fernsehgeräten (Haushalte und Gewerbe/Industrie) mit ca. 5.000 – 8.000 t einem Anteil von ca. 35% - 60% entspricht. Dieser Anteil entspräche den Ersatzanschaffungen, was plausibel erscheint.

Eine gleichartige Abschätzung lässt sich für PC-Monitore durchführen, wobei als Quelle nicht die Erhebung der Statistik Austria dient, sondern die einschlägigen Informationen von marktführenden Distributoren stammen. Nach dieser Quelle fallen aus dem PC-Monitor Bereich in Österreich ca. 1,5 kg/Haushalt in 1999 bzw. bereits 1,75 kg/Haushalt für 2000 als Input von Bildröhrenglas ins Gewicht. Ähnliche starke Zuwächse (bis zu +16% p. a., wie für 1999/2000) aus statistischen Daten der letzten fünf Jahre bestätigen diese Trends.

Für 1998 lässt sich daraus die Gesamtinputmenge an Glas aus Monitoren mit ca. 5.000 t abschätzen. Das im vorigen Abschnitt abgeschätzte Abfallpotenzial von 1.000 – 2.000 t entspräche einem Anteil von ca. 20% - 40%. Dieser Anteil entspräche den Ersatzanschaffungen, was plausibel erscheint.

Aus den jährlichen Nettoabsätzen von relevanten Bildröhrengeräten ohne Berücksichtigung der Erhöhung der Ausstattungsgrade ergibt sich ein zukünftiges Anfallpotenzial von knapp 20.000 t/a (ca. 14.500 t/a aus Fernsehgeräten und ca. 5.000 t/a aus PC-Monitoren).

Insgesamt stützt die Berücksichtigung der Inputraten an Geräten die Abschätzung des Abfallpotenziales von ca. 6.000 t – 11.000 t Altglas.

Die hohen Zuwachsraten insbesondere im Bereich der Monitore lassen eine Verdoppelung dieses Potenzials innerhalb der nächsten 5 – 10 Jahre erwarten. Limitiert wird diese Entwicklung durch das Erreichen von Maximalausstattungen sowohl bei Fernsehern als auch bei Monitoren als auch durch absehbare technische Entwicklungen wie den – mengenmäßig noch nicht relevanten - stark steigenden Anteil an „Flachbildschirmen“ unter Verwendung bildröhrenfreier Technologien.

Einschränkend zu allen Ergebnissen dieser Auswertung muss angemerkt werden, dass die statistischen Angaben zu Fernsehgeräten zum einen pro Jahr sehr stark schwanken (Export-Import Saldo 1996: ca. 0,6 Mio. Stück, 1998: 1,3 Mio. Stück., 1999: 0,9 Mio. Stück.) und andererseits die in den ÖSTAT-Daten enthaltenen Daten für Monitore viel zu niedrig sind (20.000 – 50.000 Stück von 1996 – 1999).

#### 2.3.4 Altgeräteaufkommen aus dem Bundesabfallwirtschaftsplan 1998

Eine weitere Ableitung des Massenpotenzials an Bildröhrenaltglas leitet sich über die Gesamtmenge an Elektroaltgeräten in Österreich gemäß Bundesabfallwirtschaftsplan 1998 ab [Lit. 7]. Das Gesamtpotenzial für Elektroaltgeräte, das aus einer Vielzahl von Recherchen und Expertenschätzungen vom UBA ermittelt wurde, beträgt 80.000 t/a, von denen etwa 55% Haushalten und 45% dem gewerblichen Bereich zugeordnet wurden. Diese Verteilung konnte nicht bestätigt werden, vielmehr wird ein weit höherer Anteil der Elektroaltgeräte der Haushalte (bzw. haushaltsähnlicher Einrichtungen) unterstellt (ca. 65-75%). Bei den Bildschirmgeräten muss von einem noch höheren Haushaltsanteil (ca. 80% - 90%) ausgegangen werden.

Dies geht aus zahlreichen Gesprächen mit den Betreibern der Aufbereitungsanlagen hervor bzw. ergibt sich aufgrund der Ergebnisse der regionalen Sammlungen (siehe auch Kap. 2.4).

Von der Gesamtmenge von 80.000 t Elektroaltgeräten lässt sich über das Verhältnis der Sammelquoten der Bildschirmgeräte zur Sammelquote der Gesamtheit der Elektroaltgeräte<sup>7</sup> von ca. 12% - 24% für den jährlichen Anfall von Bildschirmgeräten ein Bereich von 9.000 t – 19.000 t abschätzen. Aufgrund der unterschiedlichen Anteile in überwiegend ländlichen Gebieten (Flachgau, Braunau, Weiz mit 12% - 15%) und städtischen Gebieten (Bregenz 24%) dürfte der gesamtösterreichische Wert eher im oberen Bereich liegen (weitere Details dazu siehe Kapi-

---

<sup>7</sup> Elektroaltgeräte umfassen neben den Bildschirmgeräten, die Großgeräte wie Kühlschränke, Herde, Wasch- und Geschirrspülmaschinen sowie die Vielzahl an Elektrokleingeräten (Küchenmaschinen, elektrische Rasierer, Bügeleisen etc.)

tel 2.4.2). Weitere Unschärfen ergeben sich daraus, dass sich die Sammelquoten nur auf Sammlungen aus Haushalten bzw. haushaltsähnlichen Einrichtungen beziehen, d. h. gewerbliche Mengen nicht ausreichend berücksichtigt sind. Weiters ist die Verteilung von Bildschirm- zu sonstigen Elektroaltgeräten aus Haushalten nicht mit der Verteilung im Gewerbe gleichzusetzen. Trotz dieser Unwägbarkeiten ist eine Abschätzung auf dieser Basis zulässig, um zu einem Mengengerüst für Bildschirmaltglas zu gelangen.

Ausgehend von der Gesamtmasse an Bildschirmgeräten lässt sich nun der Anteil an Bildröhrenaltglas in zwei Schritten ableiten, die weniger Unschärfen aufweisen:

- Der Bildröhrenanteil, der bei der Demontage der Bildschirmgeräte anfällt, beträgt im Mittel ca. 50 Gew.%. Die Unsicherheiten bzgl. die Schwankungsbreiten bei diesem Wert ergibt sich aus dem unterschiedlichen Bildröhrenanteil in Fernsehgeräten (50-60 Gew.%) und PC-Monitoren (30-40 Gew.%) sowie dem nicht genau bekannten und nicht konstanten Verhältnis von Fernsehgeräten zu PC-Monitoren. In der vorliegenden Abschätzung wurde ein Anteil an Fernsehgeräten von 75% (resp. 25%igen Monitoranteil) zugrundegelegt. Eine weitere Unsicherheit liegt in den Änderungen aufgrund des laufenden Generationswechsels bestimmter schwer abschätzbarer Markttrends bei den Einzelgeräten (aktuell Trend zu größeren Diagonalen bei Fernsehgeräten und PC-Monitoren) begründet. Inwieweit sich die LCD-Flachmonitore auf dem Markt etablieren und die eine Rückverschiebung des Verhältnisses im Vergleich zu den Fernsehgeräten ergibt, sollte bei den zukünftigen Schätzungen berücksichtigt werden.
- Der gesamte verwertbare Glasanteil (Schirm-, Konus- und Mischglas) aus den Bildröhren beträgt etwa 85-90 %, da bei der Aufbereitung ein bestimmter Anteil an teilweise verunreinigtem Bruchglas anfällt, der nicht der Verwertung zugeführt werden kann.

Die o. a. Angaben stammen zum Teil aus Stichprobenanalysen der regionalen Sammel- und Verwertungsprojekte und decken sich weitgehend mit den Angaben der befragten kommerziellen Verwertungsbetriebe in Österreich.

Aus den Anteilen ergibt sich somit ein Bereich an verwertbarem Bildröhrenaltglas von etwa 4.000 - 9.000 t/a, das in verschiedenen – von der Aufbereitungsart abhängigen - Fraktionen vorliegt. Eine Aufschlüsselung der Menge dieser Fraktionen findet sich in Kapitel 2.4.

## 2.4 Bottom-Up

Die Bottom-Up Ansätze zeigen den IST-Zustand der erhobenen bzw. recherchierten Abfallmengen und damit die Differenzen zum Anfallpotenzial auf. Der Schwerpunkt lag dabei auf den derzeitigen Sammelmengen, die bereits einer Aufbereitung zugeführt werden, sowie auf den „echten“ Verwertungswegen, um den zukünftigen Handlungsbedarf für die Erfüllung von nachweislichen Quoten einzugrenzen.

### 2.4.1 Zusammenfassung Bottom-Up EOL-Glasaufkommen

Die Ergebnisse dieser gewählten Ansätze für die Abschätzung der IST-Mengenströme EOL-Glas liefern ebenfalls eine plausible Übereinstimmung, wobei der dritte Ansatz aufgrund der aufgezeigten Defizite kein definiertes Ergebnis liefert, sondern Problemfelder aufzeigt. Als gemeinsamer realistischer Bereich wird übereinstimmend eine entsorgte Menge EOL-Glas Menge von ca. 2.000 – 4.000 t/a gefunden. Davon werden ca. 1.000 t einer Verwertung zugeführt. Die Übereinstimmung der Ansätze weist darauf hin, dass die ermittelten Werte für die österreichische EOL-Glasmenge, die einer Aufbereitung und Verwertung zugeführt wird, nur etwa 10-25% des Anfallpotenzials beträgt.

Insgesamt gibt es – insbesondere aus dem gewerblichen Bereich – für Monitore drei Hauptfaktoren, die zu einer Erklärung der Differenz zwischen Abfallpotenzial und nachvollziehbar entsorgter Menge beitragen:

1. Erhebliche Wiederverwendungsquoten: zahlreiche Betriebe oder Institutionen stellen gebrauchte Monitore öffentlichen Institutionen (wie Schulen) oder Privaten (in der Regel den eigenen Mitarbeitern) unentgeltlich zur Verfügung.
2. Ein bestimmter Anteil der gebrauchten aber nicht mehr in Verwendung stehenden Geräte liegt in (betrieblichen und privaten) „Zwischenlagern“, z. T. um noch Wiederverwendungsabnehmer zu finden. Die Wahrscheinlichkeit schwindet aber aufgrund der raschen technologischen Entwicklung und des damit verbundenen Preisverfalls zunehmend.
3. Kleingewerbe dürften einen bestimmten Anteil an Monitoren als „Private“ abgeben.

Große Unschärfen bleiben in den Bereichen Deponierung, Export von (teilweise) aufbereitetem EOL-Glas sowie Export funktionstüchtiger und reparaturbedürftiger Altgeräte, die aufgrund fehlender (oder uneinheitlicher) Verbringungsbestimmungen resp. Kontrollen sehr umfangreiche Erhebungen notwendig machen würden.

## 2.4.2 Hochrechnung des Altgeräteaufkommens auf Basis regionaler Sammelergebnisse

Eine gängige Möglichkeit zu einer Abschätzung der IST-Mengen an entsorgtem Bildröhrenglas ist die Hochrechnung auf Basis von Sammelergebnissen. Alle berücksichtigten Sammlungen führten auch zu einer fachgerechten Aufbereitung, d. h. die Sammelquote ist unter Berücksichtigung des Glasanteils aus der praktischen Aufbereitung der theoretischen Verwertungsquote gleichzusetzen.

In Österreich wurden im Zeitraum 1995 - 2000 verschiedene Untersuchungen zur Sammelmenge an Elektroaltgeräten und Bildschirmgeräten durchgeführt. In einigen Regionen wurden gezielte Sammelprojekte mit Informationskampagnen und anschließender detaillierter Auswertung der gesammelten Geräte initiiert und ausgewertet (zB EAG-Sammlung Flachgau, EAG Sammlung Oberösterreich). Aus den Ergebnissen und aus Veröffentlichungen sonstiger Sammelergebnisse ergibt sich ein Bereich von 1,2 kg - 4,8 kg EAG/Einwohner mit einem Anteil von 0,2 - 1,1 kg Bildschirmgeräte/Einwohner. Der große Schwankungsbereich resultiert aus unterschiedlicher Informationsarbeit, Kosten für die Übergeber, verschiedenen Definitionen der Sammelfraktionen ("Fernseher", "Bildschirmgeräte") und stark steigenden Ausstattungsgraden bei PC-Monitoren im Zeitraum 1995 - 2000. Als ungewichtetes Mittel werden 0,6 kg Bildschirmgeräte/Einwohner für die Abschätzung der gesamtösterreichischen Sammelmenge herangezogen. Unter der Annahmen eines Glasanteils von 50%+/- 5% (je nach Monitoranteil) resultiert eine gesammelte Altglasmenge aus EAG von 2.200 - 2.800 t/a.

Die mittlere, spezifische (ungewichtete) Sammelquote ergibt über die Einwohneranzahl und über die entsprechenden Anteile hochgerechnet einen Bereich für die tatsächliche Anfallmenge an EOL-Glas von ca. 1.200 – 2.800 t/a (siehe Tabelle 4). Dieser Anfall würde trotzdem nur etwa einem Anteil von ca. 20% bis 50% des Anfallpotenzials entsprechen – abhängig von den gewählten Werten der jeweiligen Bereiche.

Elektroaltgeräte		3,97	kg/EW.a
Bildschirmgeräte		0,6	kg/EW.a
Einwohner	8.100.000		
Elektroaltgeräte		32.000	t/a
Bildschirmgeräte		5.000	t/a
Massenanteil Bildröhre	50% ± 5%		
<b>Masse an Bildröhren</b>		<b>2.200 – 2.800</b>	<b>t/a</b>

Tabelle 4 EOL-Glas Anfallmenge auf Basis der direkten Hochrechnung regionaler Sammelergebnisse

### 2.4.3 Bildschirmgeräte: Sammlung, Aufbereitung, Verwertung, Deponierung

Eine weitere Quelle für die Bottom-Up Abschätzung waren die Sammler bzw. Aufbereitungsanlagen für Elektronikschrott bzw. Bildschirmgeräte im besonderen. In Gesprächen mit den Betreibern dieser Anlagen wurde ein grobes Mengengerüst für die derzeit in Österreich aufbereiteten Bildschirmgeräte aufgestellt. Die dabei anfallenden aufbereiteten EOL-Glasmengen werden im Vergleich zu den möglichen Behandlungskapazitäten in Tabelle 5 zusammengefasst dargestellt.

Die Betreiber von Aufbereitungsanlagen bzw. Verwerter, die im Rahmen der Erhebungen kontaktiert wurden sind:

- Sammler von Bildschirmgeräten resp. EOL-Glas
- Aufbereitungsanlagen für Bildschirmgeräte
- Österreichische Verwerter von EOL-Glas

	Menge EOL t/a	Kapazität EOL t/a
<b>Aufbereitung EOL-Glas gesamt</b>	<b>1.000</b>	<b>1.600</b>

Tabelle 5 Überblick über die derzeit (Basis 1999/2000) anfallenden Bildröhrenglasmengen in Aufbereitungsbetrieben im Vergleich zu den Kapazitäten

Die einzige mengenmäßig relevante Verwertungsmöglichkeit in Österreich ist derzeit ein Bleihüttenbetrieb. Die Bleihütte verarbeitet sowohl Konus- und Schirmglas als auch Mischglas als Substitut für Quarzsand (Schlackenbildner). Derzeit werden etwa 1000 t/a eingesetzt, eine geringfügige Steigerung ist produktionsseitig möglich, aber die Substitution ist technologiebedingt und durch die tatsächlichen Produktionsmengen begrenzt (Anreicherung der Bleioxidanteile in der Schlacke, mögliche Änderung der Deponiefähigkeit aufgrund des geänderten Eluierungsverhaltens).

In weit geringerem Umfang wird aufbereitetes und gereinigtes Bildröhrenglas in der Bauindustrie (als Zuschlagsstoff) eingesetzt, wobei genaue Angaben zu den Verwertungswegen und -mengen fehlen. Der wirtschaftliche Anreiz ist nach Aussagen mehrerer Betreiber von professionellen Aufbereitungen nicht sehr hoch (vergleichsweise teurer als Deponiegebühren).

Aus Gesprächen mit einer Vielzahl österreichischer Entsorger und den Betreibern von Aufbereitungsanlagen für Bildschirmglas ist von einer Gesamtmenge an deponierten Altglas aus Bildschirmgeräten in einer Größenordnung von ca. 1.000 – 3.000 t/a auszugehen.

Die derzeitige Verwertung und Deponierung ergeben eine Gesamtmenge von 2.000 – 4.000 t/a, was sich mit dem Bereich der Hochrechnung insofern deckt, als nur die Aufbereitungsanlagen und Verwertungswege, nicht jedoch einzelne Deponieeingangszahlen erfasst wurden.

#### 2.4.4 Vergleich mit Mengengerüst Abfalldatenverbund und BAWPI 1998

Die Hauptproblematik bei diesem Bottom-UP Ansatz ist, dass für nicht gefährliche Abfälle aufgrund fehlender Meldepflichten nur - z. T. durch Erhebungen gestützte - Mengenschätzungen vorliegen. Die Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die hauptsächlich relevanten Abfallarten, unter denen Bildröhren(glas) bisher erfasst worden ist<sup>8</sup>. Eine günstige Vergleichsbasis stellen die Zahlen leider aufgrund der geänderten Festsetzungsverordnung sowie der ÖNORM S 2100 nicht dar. In einzelnen Bundesländern sieht man erhebliche Schwankungen, die auch in Gesprächen mit den wichtigsten regionalen Entsorgungsunternehmen nicht restlos aufgeklärt werden konnten. Geringere Abfallmassen könnten v. a. insbesondere vor 1998 noch unter SN 31408 (Glas und Altglas) zusammengefasst sein.

Eine erhebliche Menge der Abfälle kommt aus privaten Haushalten und wird an den Sammelstellen (ohne Begleitschein) als „Problemstoff“ abgegeben, womit dieser Anteil nur dann als Primärabfall im Abfalldatenverbund erfasst wurde, wenn dieser vom kommunalen Sammler als gefährlicher Abfall übergeben wurde.

---

<sup>8</sup> Gemäss Verordnung über die Festsetzung von gefährlichen Abfällen und Problemstoffen (BGBl. II 227/1997), seit 1.3.1998 in Kraft; ersetzte die Problemstoffverordnung (BGBl. 771/1991) und die Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle (BGBl. 49/1991). Die FestsetzungsV 1997 verweist auf die ÖNORM S 2100 "Abfallkatalog", ausgegeben am 1.9.1997.

SN	Abfallbezeichnung	Fest-V	S 2100	1999	1998	1997	1996	1995
31433	Glas und Keramik mit produktspezifischen schädlichen Beimengungen	1991	1990					
	<i>Burgenland</i>			#	#	25.958	29.740	28.530
	<i>Kärnten</i>			#	#	30.901	10.236	7.594
	<i>Niederösterreich</i>			#	#	322.612	432.619	243.041
	<i>Oberösterreich</i>			#	#	320.977	236.789	228.280
	<i>Salzburg</i>			#	#	135.582	34.337	24.006
	<i>Steiermark</i>			#	#	424.919	679.773	649.663
	<i>Tirol</i>			#	#	372.612	276.723	28.032
	<i>Vorarlberg</i>			#	#	265.813	206.576	181.994
	<i>Wien</i>			#	#	685.540	846.882	477.625
	<b>Summe Österreich</b>			#	#	2.584.914	2.753.675	1.868.765
31466	Glas und Keramik mit produktspezifischen schädlichen Beimengungen	1998	1997					
	<i>Burgenland</i>			470	Ø	Ø	Ø	Ø
	<i>Kärnten</i>			17	165	Ø	Ø	Ø
	<i>Niederösterreich</i>			40.120	18.068	Ø	Ø	Ø
	<i>Oberösterreich</i>			137.848	62.674	Ø	Ø	Ø
	<i>Salzburg</i>			9.620	31	Ø	Ø	Ø
	<i>Steiermark</i>			195.943	458.238	Ø	Ø	Ø
	<i>Tirol</i>			4.285	249	Ø	Ø	Ø
	<i>Vorarlberg</i>			125	Ø	Ø	Ø	Ø
	<i>Wien</i>			27.677	34.626	Ø	Ø	Ø
	<b>Summe Österreich</b>			416.105	574.051	0	0	0
35201	elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen	1998	1997					
	<i>Burgenland</i>			108.603	98.298	Ø	Ø	Ø
	<i>Kärnten</i>			99.509	54.758	Ø	Ø	Ø
	<i>Niederösterreich</i>			46.219	49.911	Ø	Ø	Ø
	<i>Oberösterreich</i>			547.817	574.526	Ø	Ø	Ø
	<i>Salzburg</i>			424.092	278.363	Ø	Ø	Ø
	<i>Steiermark</i>			509.914	446.984	Ø	Ø	Ø
	<i>Tirol</i>			784.826	993.642	Ø	Ø	Ø
	<i>Vorarlberg</i>			18.958	27.671	Ø	Ø	Ø
	<i>Wien</i>			665.280	920.283	Ø	Ø	Ø
	<b>Summe Österreich</b>			3.205.218	3.444.436	Ø	Ø	0
35202	elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, ohne umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen	ngA	1997					
35210	Bildröhren (nach dem Prinzip der Kathodenstrahlröhre)	ngA	1997					
		#		im entsprechenden Jahr keine Begleitscheinmeldung				
		Ø		Abfallart aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen in diesem				
				diesem Zeitraum nicht als gefährlich eingestuft				

Tabelle 6 Mögliche Schlüsselnummern für Abfallarten unter denen Bildröhren(glas) erfasst sein könnten sowie die korrespondierenden Massen (Primärabfälle) aufgeschlüsselt nach Bundesländern aus dem Abfalldatenverbund 1995-1999, UBA.

Durch die neueren ÖNORMEN S 2106 und S 2107 sollten die Unschärfen der Abfallzuordnungen v. a. für die Betreiber von Aufbereitungs- und Verwertungsanlagen klar geregelt werden, wobei insbesondere für primäre Übergeber aus dem Haushalts- und kommunalen Bereichen Grauzonen bleiben werden.

Eine plausible Übereinstimmung ergibt sich aus dem Vergleich von Daten aus dem Abfalldatenverbund mit Daten der MA 48 aus 1998 in Wien [Lit. 11]. Im Abfalldatenverbund wird der Großteil der aus privaten Bereichen stammenden Elektroaltgeräte (inkl. der Bildröhrengeräte) unter der „allgemeineren“ Schlüsselnummer 35201 abgebildet (bei primären Abfälle vom Erzeuger bzw. der kommunalen Sammelstelle). In beiden Fällen erkennt man – trotz der grundsätzlichen

Unterschiede - , dass es von der ersten Übergabe (primäre Abfälle aus dem Abfalldatenverbund bzw. Input MA 48) zur zweiten (sekundäre Abfälle aus dem Abfalldatenverbund bzw. Output ABA, MA 48) zu deutlichen Verschiebungen in der Größenordnung von 100-135 t/a von der SN 35201 zur SN 31466 kommt (resp. vom Elektronikschrott zum Bildschirmschrott.).

Die geringe Sekundärabfallquote für die SN 35201 in 1998 gegenüber 1999 kann z. B. aufgrund der Übergabe einer höheren Menge an Übernehmer in anderen Bundesländern erklärt werden.

Dass der überwiegende Teil der Bildröhrengeräte aus dem privaten Bereich stammen dürfte, stimmt mit den sehr geringen Sammelquoten der MA 48 für beide Abfallfraktionen (Bildschirm – und Elektronikschrott) aus dem gewerblichen Bereich überein.

## 2.5 Vorgaben aus Regelwerken

Am 13. Juni 2000 wurde von der EU Kommission ein Vorschlag für eine Richtlinie über Elektro- und Elektronikgeräte (KOM (2000) 347) zur Harmonisierung von nationalen Maßnahmen bei der Entsorgung von gebrauchten Elektro- und Elektronikgeräten, verabschiedet. Das vorrangige Ziel dieser Richtlinie ist "die Vermeidung von Abfällen von Elektro- und Elektronikgeräten und darüber hinaus die Wiederverwertung, das Recycling und andere Formen der Verwertung solcher Abfälle, um die zu beseitigende Abfallmenge zu reduzieren" (Artikel 1). Die Richtlinie soll sowohl für privat als auch für gewerblich genutzte Elektro- und Elektronikgeräte gelten. Wichtige Punkte des Richtlinienvorschlags betreffen u. a. die Sammlung, die Finanzierung, die Festlegung von Verwertungs- und Wiederverwendungsquoten sowie Mindeststandards für Behandlungsanlagen.

Die Finanzierung der Behandlung, Verwertung und Beseitigung von Elektro- und Elektronikgeräten soll nach einer Übergangsfrist von fünf Jahren durch die Hersteller erfolgen. Die Mitgliedstaaten müssen dabei sicherstellen, dass die Hersteller entsprechende Systeme gemäss der vorgesehenen Richtlinie bereitstellen.

Die getrennte Sammlung der Elektro- und Elektronikgeräte wird in Artikel 4 des Richtlinienvorschlags geregelt. Dabei wird zugleich unter Absatz 5 ein Sammelziel vorgegeben, das von den einzelnen Mitgliedsländern bis spätestens 36 Monate nach Inkrafttreten der Richtlinie anzustreben ist. Aufgrund der noch fehlenden Erfahrungswerte gibt die Richtlinie derzeit nur ein "weiches" Sammelziel von **4 kg getrennt gesammelter Elektro- und Elektronikaltgeräte aus privaten Haushalten pro Einwohner und Jahr** vor. So bald wie möglich soll dann überprüft werden, ob dieses Ziel von den Ländern eingehalten werden kann oder ob eine Änderung (sowohl nach unten als auch nach oben) notwendig ist. Geplant ist, das Sammelziel für Altgeräte in Form eines Prozentsatzes, abhängig von den an Privathaushalte verkauften Geräten, festzulegen.

Um diese Mindestquote von 4 kg getrennt gesammelter Elektroaltgeräte zu erreichen, sind die Mitgliedstaaten u. a. dazu verpflichtet, genügend Rücknahmestellen zur Verfügung zu stellen, über die Endnutzer Elektro- und Elektronikgeräte aus privaten Haushalten kostenlos zurückgeben können. Weiters sind die Privathaushalte über ihren Beitrag und über die entsprechenden Entsorgungsmöglichkeiten zu informieren.

Von Seiten der österreichischen Industrie gibt es bereits konkrete erste Vorstellungen. So sollen ca. 5.500 Rücknahmestellen bei Händlern (ca. 3.000) und Gemeinden (ca. 2.500) in Form von

Gitterkasten ("collection facilities") eingerichtet werden. Weiters sollen 100 zentrale "collection points" mit einem Einzugsgebiet von jeweils etwa 30 km installiert werden<sup>9</sup>.

Der Anteil an Bildschirmgeräten bezogen auf die gesamte Menge an zu entsorgenden Elektro- und Elektronikaltgeräten aus privaten Haushalten beträgt derzeit knapp 20%. Um das anzustrebende Sammelziel von 4 kg pro Einwohner zu erreichen, ist deshalb eine möglichst weitgehende Erfassung dieser Fraktion erforderlich.

In Artikel 5 des Richtlinienvorschlags werden zum einen die technischen Anforderungen an die Behandlungsstandorte vorgegeben, zum anderen werden die Mindestanforderungen festgelegt, die an die Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten gestellt werden. Die Mindestbehandlung umfasst "die Entfernung aller Flüssigkeiten und eine selektive Behandlung gemäß Anhang II der vorliegenden Richtlinie, sofern die Wiederverwendung und das Recycling von Bauteilen oder ganzen Geräten behindert wird".

Für Bildschirmgeräte mit Kathodenstrahlröhren werden die Mindestanforderungen an die Behandlung gemäß Anhang II wie folgt vorgegeben:

1. die Kathodenstrahlröhre muss aus dem Gerät entfernt und gemäß Artikel 4 der Richtlinie 75/442/EWG beseitigt oder verwertet werden (Anhang II Ziffer 1)
2. die fluoreszierende Ummantelung der Kathodenstrahlröhre muss entfernt werden (Anhang II Ziffer 2)

Verwertungsquoten, die bis spätestens 1. Jänner 2006 für die getrennt gesammelten Elektro- und Elektronikaltgeräte von den Herstellern erreicht werden müssen, sind in Artikel 6 des Richtlinienvorschlags abhängig von der Gerätekategorie definiert. Die Einteilung und Zuordnung der einzelnen Geräte in Kategorien erfolgt über Anhang I A und B der Richtlinie.

Gemäß Anhang I A fallen Bildschirmgeräte sowohl unter die Kategorie 3 "IT & Telekommunikationsgeräte" als auch unter die Kategorie 4 "Unterhaltungselektronik".

Die für Elektro- und Elektronikaltgeräte, die Kathodenstrahlröhren enthalten, relevanten Verwertungsquoten sind in Artikel 6 Buchstabe e) des Richtlinienvorschlags festgelegt:

1. die Verwertungsquote ist auf ein Minimum von 75% des durchschnittlichen Gewichtes der Geräte anzuheben und
2. die Wiederverwendungs- und Recyclingquote für Bauteile, Material und Substanzen muss mindestens 65% des Gewichtes der Geräte erreichen.

---

<sup>9</sup> Quelle: Wirtschaftskammer Österreich

Gemäß den Begriffsbestimmungen in Artikel 3 des Richtlinienvorschlags bedeutet dabei:

- "Elektro- und Elektronikaltgeräte" Elektro- und Elektronikaltgeräte, die im Sinne der Richtlinie 75/442/EWG Artikel 1 Buchstabe a) als Abfall gelten, einschließlich aller Bauteile, Unterbaugruppen und Verbrauchsmaterialien, die zum Zeitpunkt der Entsorgung Teil des Produkts sind
- "Verwertung" jedes der anwendbaren in Anhang II B der Richtlinie 75/442/EWG genannte Verfahren
- "Wiederverwendung" Maßnahmen, bei denen Elektro- und Elektronikaltgeräte für denselben Zweck verwendet werden, einschließlich der weiteren Nutzung von Elektro- und Elektronikaltgeräten, die zu Rücknahmestellen, Vertreibern, Recyclingbetrieben oder Herstellern gebracht wurden
- "Recycling" die in einem Produktionsprozess erfolgende Wiederaufbereitung der Abfallmaterialien für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke, jedoch mit Ausnahme der energetischen Verwertung.

Somit ergeben sich für Geräte mit Kathodenstrahlröhren folgende Vorgaben:

	Ø Gerätegewicht	Ø Bildröhrenanteil	Ø Bildröhrengewicht	Verwertungsquote 75%	Recyclingquote 65%
TV-Geräte	25-35 kg	55%	16,5 kg	~ 22 kg	~ 19 kg
Monitore	20-25 kg	35%	9 kg	~ 17 kg	~ 14 kg

Tabelle 7 Übersicht der notwendigen Verwertungs- bzw. Recyclingmassen von Bildschirmgeräten nach der EU-RL

Tabelle 7 verdeutlicht, dass vor allem bei TV-Geräten die vorgegebenen Verwertungs- und Recyclingquoten ohne eine weitestgehende stoffliche Verwertung des Bildschirmglases nicht einzuhalten sind.

Neben dem Vorschlag für eine Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte werden derzeit zwei weitere zukünftige Richtlinien im Elektro- und Elektronik-Bereich diskutiert. Dabei handelt es sich zum einen um einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten. (geplantes Ausstiegsdatum: 1. Januar 2007).

In Artikel 4 dieses Richtlinienvorschlags ist vorgesehen, dass "Schwermetalle (Blei, Quecksilber, Cadmium und sechswertiges Chrom) und bromhaltigen Stoffe ... ersetzt werden müssen, da diese Stoffe bei der Entsorgung zu schwerwiegenden Umweltbelastungen führen".

Dieses Verbot würde das bei der Bildröhrenglasherstellung verwendete Blei betreffen, das bezogen auf die gesamte Elektro- und Elektronikbereich den größten Anteil darstellt. Eine Bildröhre kann je nach Größe 1-3 kg Bleioxid enthalten. Bleihaltige Gläser von Kathodenstrahlröhren sind jedoch davon ausgenommen, da es derzeit keine Alternative zu Bleioxid als Schutz vor der Röntgenstrahlung gibt. In Dänemark, wo bereits eine entsprechende Stoffverbots-VO eingeführt wurde, sind Kathodenstrahlröhren ebenfalls von dem Bleiverbot ausgenommen.

Die dritte Richtlinie in diesem Zusammenhang betrifft eine Richtlinie über allgemeine Umweltauswirkungen elektrotechnischer Geräte nach dem "new approach" gemäß Art. 95 "EEE".

## **2.6 Zukünftige Mengenentwicklung**

Wie im Abschnitt 2.3.3 ausgeführt ist innerhalb der nächsten 5 – 10 Jahre mit einer Verdoppelung des Abfallpotenzials auf ca. 10.000 – 20.000 t/a zu rechnen. Werden die Bestrebungen für flächendeckende Sammelsysteme umgesetzt, ist mit einer weitgehenden Angleichung der Sammelmenge an zumindest die rechnerische Untergrenze des Potenzials zu rechnen, was einer Verdreifachung bis Verfünffachung der derzeitigen Sammelmenge bedeutet.

In der Einführungsphase könnte ein „schlagartiger“ Abbau von privaten „Altgerätelagern“ auftreten, da wahrscheinlich mehrere hunderttausend Stück an Bildschirmaltgeräten in Haushalten und Betriebsstätten gelagert werden.

### **3 Verfügbare Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten**

Um die in dem EU-Richtlinie Vorschlag vorgegebene Verwertungsquote von 75% bzw. Wiederverwendungs- und Recyclingquote von 65% für Geräte mit Kathodenstrahlröhren zu erreichen, ist eine möglichst weitgehende Verwertung mit anschließendem Wiedereinsatz des EOL-Bildröhrenglases unumgänglich. Die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Verwertungsmöglichkeiten für Bildröhrenglas werden derzeit in Österreich bzw. in Europa angewendet. In Österreich existiert gegenwärtig nur eine Bleihütte, die EOL-Bildröhrenglas in größeren Mengen als Schlackebildner einsetzt. Daneben werden geringe Mengen in der Glasindustrie und in der Baustoffindustrie verwertet. Europaweit gibt es verschiedene Ansätze, das schwermetallhaltige Bildröhrenglas bei unterschiedlichen Prozessen als Sekundärrohstoff bzw. als Zuschlagstoff einzusetzen.

#### **3.1 Vorbehandlungsverfahren**

Vor der eigentlichen Behandlung der Bildröhre muss diese aus dem Gehäuse des TV-Gerätes bez. des Monitors entfernt werden. Dies geschieht meist in Demontagebetrieben. Dort werden die Bildröhren überwiegend manuell aus dem Gehäuse ausgebaut und die Elektronenquelle, Ablenkeinheiten und Spannringe (Implosionsschutz) entfernt. Anschließend können die belüfteten Bildröhren in speziellen Behandlungsanlagen aufbereitet werden.

Für die Behandlung von Bildröhren können grundsätzlich zwei verschiedene Verfahrensarten angewendet werden, die erheblichen Einfluss auf die weitere Behandlungs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten des Bildschirmglases haben:

- Zerlegeverfahren
- Shredderverfahren.

##### **3.1.1 Zerlegeverfahren**

Bei den Zerlegeverfahren werden Schirm- und Konusglas zuerst getrennt und anschließend separat weiterbehandelt. Dieses Verfahren kann für alle gängigen Farbbildröhren angewendet werden, Probleme können lediglich bei Extremgrößen sowie bei Bildschirmbruch auftreten.

Das Separieren der Bildröhre in Schirm- und Konusglas erfolgt meist thermisch-mechanisch mittels eines Heizdrahtes oder mit einem Heizband. Dadurch wird das Glas an einer Stelle erhitzt und durch die dabei entstehenden Spannungen ist ein Abtrennen bzw. Absprengen des Konusglases vom Schirmglas möglich. Die Trennung erfolgt dabei meist direkt am Glaslot. Um jedoch eine saubere Trennung von Schirm- und Konusglas zu erreichen, sollte die Trennung im

Schirmglas stattfinden (einige Millimeter vom Glaslot entfernt). Weiters ist darauf zu achten, dass beim Absprennen des Glases keine Glaslot- bzw. Konusglasreste am Schirmglas zurückbleiben.

Ein weitere Variante des Trennens von Schirm- und Konusglas ist das genau definierte Erhitzen und somit Aufweichen des Glaslotes in einem Ofen.

Bildröhrenhersteller verwenden zur Trennung von Schirm- und Konusglas z.T. Salpetersäure, um die einzelnen Gläser nicht zu beschädigen. Anschließend können diese wieder in den Fertigungsprozess eingesetzt werden. Für Aufbereitungsanlagen ist dieses Verfahren nicht geeignet.

Nach der Trennung von Schirm- und Konusglas werden die enthaltenen Metallteile entfernt und der Metallverwertung zugeführt. Die beiden Glasfraktionen werden nun getrennt voneinander weiterbehandelt. Bei der Schirmglasfraktion muss als nächstes das auf das Glas aufgebraute Leuchtpulver entfernt werden. Da das Leuchtpulver jedoch nur sehr lose auf das Glas aufgebracht ist, kann es relativ einfach unter Zuhilfenahme einer Bürste abgesaugt und anschließend ordnungsgemäß als gefährlicher Abfall entsorgt werden.

Abhängig vom vorgesehenen Verwertungsweg und den spezifischen Anforderungen, die an das EOL-Glas gestellt werden, müssen die auf die Gläser aufgebraute Beschichtungen noch entfernt werden. Das Entfernen der Beschichtung kann entweder trocken oder nass erfolgen.

Bei der Trockenreinigung wird die Beschichtung mit Hilfe von Strahlmitteln (meist Korund, Stahlkugeln) von dem Glas entfernt. Bei dem Trockenverfahren sollte die Anlage nach Stand der Technik gekapselt sein und über einen leichten Unterdruck vermieden werden, dass umweltrelevante Emissionen entstehen. Weiters muss die Anlage über ein Abluftsystem zur Abscheidung des Leuchtpulvers verfügen. Werden zur Reinigung Strahlmittel eingesetzt, müssen diese entweder im Kreislauf geführt werden oder ebenfalls ordnungsgemäß entsorgt werden.

Bei der Nassreinigung erfolgt das Entfernen der Beschichtungen mit Wasser unter Hochdruck oder mit entsprechenden chemischen Zusatzstoffen. Nach dem Stand der Technik wird das Reinigungswasser im Kreislauf gefahren.

Im Anschluss an die Reinigung wird das Glas meist über einen Brecher zerkleinert. Dadurch wird zum einen das Volumen verringert, zum andern müssen abhängig vom nachfolgenden Verwertungsweg bestimmte Korngrößen eingehalten werden.

Nach der Aufbereitung der Bildröhren stehen für die weitere Verwertung je nach Aufbereitungsverfahren folgende Glasfraktionen zur Verfügung:

- bleihaltiges Konusglas (inkl. Glasfritte, Halsglas)
- bariumhaltiges Schirmglas

### 3.1.2 Schredderverfahren

In Schredderanlagen können alle Bildröhren, unabhängig von der Größe sowie Glasbruch behandelt werden. Im Gegensatz zu den Zerlegeverfahren werden bei den Schredderanlagen die ganzen Bildröhren zuerst zerkleinert und anschließend weiterbehandelt. In Abbildung 3-1 ist der vereinfachte Verfahrensablauf beim Schreddern schematisch dargestellt.

Nach dem Zerkleinern gelangen die Scherben zusammen mit den noch enthaltenen Metallteilen zur Reinigung, um das während des Zerkleinerns freigesetzte Leuchtpulver sowie weitere Anhaftungen zu entfernen. Die Reinigung kann analog wie bei den Zerlegeverfahren entweder trocken oder nass-chemisch erfolgen. Bei dem Trockenverfahren wird die abrasive Wirkung des Umwälzvorgangs in einer Trommel genutzt, um die Beschichtungen zu entfernen. Auf Strahlmittel kann hierbei verzichtet werden. Im Anschluss an die Reinigung werden die enthaltenen metallischen Bestandteile über Abscheidesysteme entfernt und können der Metallverwertung zugeführt werden. Je nach Anlage und Anforderungen, die an die Glasfraktion gestellt werden, ist eine abschließende Klassierung der Glasfraktionen (z.B. über Infrarot) möglich. Eine absolut sortenreine Trennung der Glasfraktion ist jedoch vor allem bei den kleineren Glasteilen nicht mehr möglich.

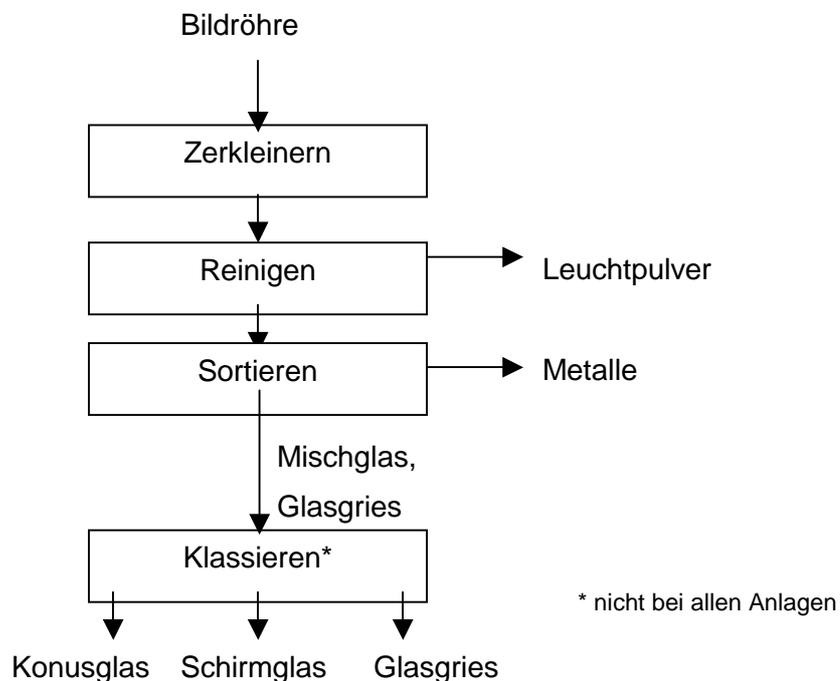


Abbildung 3-1 Schematische Darstellung des Schredderprinzips

### 3.1.3 Bewertung von Verfahren und Output

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Vor- und Nachteile von Zerlege- und Schredderverfahren dargestellt.

<i>Zerlegeverfahren</i>	<i>Schredderverfahren</i>
- z. T. Probleme bei Extremgrößen	+ es können alle Bildröhren verarbeitet werden (auch Glasbruch)
+ sortenreine Trennfraktionen (Schirmglas – Konusglas) → unterschiedliche Entsorgungswege für die einzelnen Glasfraktionen möglich	- keine absolut sortenreinen Trennung der einzelnen Fraktionen möglich → Einschränkungen bei den Verwertungsverfahren
- vergleichsweise hohe Kosten	+ vergleichsweise niedrige Kosten

Tabelle 8 Vor- und Nachteile von Zerlege- und Schredderverfahren

Der Vorteil der Zerlegeverfahren liegt vor allem in der sortenreinen Trennung der unterschiedlichen Glasfraktionen. Bei den Schredderverfahren ist eine Separation der einzelnen Glasfraktionen (Schirm- und Konusglas) nach der Reinigung über entsprechende Glassortieranlagen zwar ebenfalls möglich, die Trenngenaugigkeit ist jedoch aufgrund der vielen kleinen Stücke meist nicht sehr hoch. Ein weiterer Vorteil der Zerlegeverfahren ist, dass weder das Konusglas, noch die in der Bildröhre enthaltenen Metallteile mit dem Leuchtpulver in Berührung kommen und somit eine aufwendige Reinigung entfällt.

Für eine hochwertige Verwertung (z.B. Einsatz als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenherstellung) ist es wichtig, dass der Anteil an Verunreinigungen (z.B. Eisenoxid, Graphit) oder Fremdstoffen wie z.B. Metalle, Kleberrückstände so gering wie möglich ist. Eine strikte sortenreine Trennung der unterschiedlichen Glasfraktionen hat zudem den Vorteil, dass spezifische Verwertungswege für Schirm- und Konusglas möglich sind.

Die für die einzelnen Verwertungswege relevanten Parameter, die die Glasfraktionen erfüllen müssen, werden bei den einzelnen Verfahren genauer beschrieben.

In Österreich sind derzeit vier Behandlungsanlagen für Bildröhren im Einsatz, wobei drei der Anlagen nach dem Zerlegeprinzip arbeiten. Bei der vierten Anlage handelt es sich um eine neue Schredderanlage mit einer Kapazität von etwa 600 t/a. Eine Sortierung der Scherben in Konus- und Schirmglas am Ende des Aufbereitungsprozesses ist derzeit aus Kostengründen nicht vorgesehen.

Trotz der zum Teil sehr aufwendigen Aufbereitungsverfahren, werden die entstehenden EOL-Glasfraktionen gegenwärtig nicht direkt bei den Glasherstellern als Sekundärrohstoff in der Glasschmelze eingesetzt. Zum einen erfüllen die meisten Fraktionen nicht die hohen Anforderungen der Glasproduzenten, zum anderen handelt es sich bei den Aufbereitungsanlagen zu meist um kleinere Betriebe, die die Mindestlosgröße von 300 t EOL-Glas nicht zur Verfügung stellen können. Ein weiterer Grund, warum dieser Weg nicht praktiziert wird liegt darin, dass die Glasproduzenten kein Risiko eingehen wollen und deshalb bislang nur von Firmen Glasfraktionen übernehmen, die sie selbst überprüft bzw. zertifiziert haben. In Deutschland existieren derzeit zwei Anlagen, die Bildröhren bzw. EOL-Gläser speziell nach den Vorgaben der Glashersteller aufbereiten.

Diese Anlagen übernehmen sowohl ganze Bildröhren als auch bereits aufbereitete Scherben von anderen Aufbereitern. Durch dieses "pooling" ist es möglich, große Losgrößen herzustellen und zugleich dem Glasproduzenten einen relativ genau definierten Rohstoff zur Verfügung zu stellen.

Bei dem angewendeten Verfahren wird bei den ganzen Bildröhren zuerst das Leuchtpulver über den Hals der Bildröhre abgesaugt. Die Reinigung der Gläser erfolgt entsprechend der Vorgaben der Glasproduzenten. Derzeit erfolgt keine Trennung von Schirm- und Konusglas, da die gesamte anfallende Glasmenge ohne größerer Probleme als Mischglasfraktion in der Glasschmelze eingesetzt werden kann. Bei einer geänderten Bedarfssituation von Seiten der Glasproduzenten ist eine Umstellung auf getrennte Fraktionen jedoch möglich. Genaue Angaben zum dem Aufbereitungsverfahren werden von den Anlagenbetreibern nicht bekannt gegeben.

Die Kapazität der beiden Anlagen liegt derzeit bei jeweils ca. 6.000 t/a. Um die Auslastung der Anlagen sicherzustellen, werden inzwischen EOL-Gläser aus Skandinavien importiert. Eine weitere Spezialaufbereitungsanlage steht in den Niederlanden, die Konusglas für einen deutschen Glasproduzenten aufbereitet.

Ein wichtiger Glasproduzent ist bereit, das bei ihm verfügbare Know-how zur Aufbereitungstechnologie an potenzielle Aufbereiter in Österreich weiterzugeben<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Quelle: persönliche Gespräche mit Schott Glas, Mainz

## 3.2 Verwertungs- und Entsorgungswege in Österreich

### 3.2.1 Einsatz als Schlackebildner in einer Bleihütte

Bildröhrengläser werden aufgrund ihres hohen Silikatgehalts (50-60%) als Schlackebildner in Bleihütten eingesetzt. Dabei können sowohl Front- als auch Konusglas bzw. Mischglas eingesetzt werden. Prinzipiell wäre auch der Einsatz von ganzen, nicht aufbereiteten Bildröhren möglich, diese Variante wird aber von der entsprechenden Landesregierung abgelehnt. Limitierender Faktor beim Einsatz von Altglasscherben als Schlackebildner bei Bleihütten ist der in den Gläsern enthaltene Alkalianteil, der auf die Stabilität der Silikatschlacke einen negativen Einfluss hat.

Der Anteil an Bildröhrenglas, der dem Ofen zugesetzt wird hängt im wesentlichen von den weiteren Zuschlagstoffen ab. In Bleihütten werden neben den Altglasscherben noch andere Abfallfraktionen wie z.B. Glasschleifschlamm oder Galvanikschlämme eingesetzt, so dass die Mengen der zur Schlackebildung erforderlichen Zuschlagstoffe ständig variieren.

Die in der Bleihütte anfallende Silikatschlacke kann aufgrund der Eluatwerte deponiert werden.

Nach Angaben des Betreibers der Bleihütte werden derzeit ca. 1.000 t EOL-Glas pro Jahr eingesetzt. Eine Ausweitung der Kapazität wäre zwar möglich, ist aber nicht vorgesehen.

In Deutschland ist nach Angaben des UBA, Berlin nur eine einzige ältere Bleihütte in der Lage EOL-Glas zu verarbeiten. Die restlichen Bleihütten, die nach einem neueren Verfahren betrieben werden, können kein EOL-Glas einsetzen.

Inwieweit es sich bei diesem Weg um eine Verwertung handelt, ist umstritten. Zwar werden durch den Einsatz von EOL-Glas Rohstoffe ersetzt, auf der anderen Seite entsteht jedoch kein Produkt, sondern eine Schlacke, die deponiert wird. Zudem ist fraglich, ob bei den Temperaturen in einer Bleihütte (~ 1.000° C) die Glasmatrix überhaupt aufgeschlossen werden kann und somit Blei als Rohstoff gewonnen werden kann. Um eine Reduktion des Bleis zu ermöglichen, müssten mindestens Temperaturen von 1.200 – 1.300 °C erreicht werden<sup>11</sup>

Eine Verwertung von EOL-Glas in Bleihütten sollte aus ökologischen Gründen nur für Mischglasfraktionen angewendet werden, die aufgrund ihrer Zusammensetzung für andere höherwertige Verwertungswege nicht in Frage kommen.

---

<sup>11</sup> Quelle: Schott Glas, Mainz

### 3.2.2 Weitere Entsorgungswege von EOL-Bildröhrenglas

Neben den beschriebenen Verwertungsmöglichkeiten wird EOL-Bildröhrenglas in geringen Mengen auch noch in anderen Bereichen eingesetzt, wie z.B. der Glasindustrie (reine Fraktionen), Straßenunterbau oder Baustoffindustrie. Die Verwendung von EOL-Bildröhrenglas in der Baustoffindustrie führt jedoch zu einem Eintrag von Schadstoffen in andere Produktkreisläufe und kann deshalb nicht empfohlen werden.

Ein weiterer wichtiger Entsorgungsweg ist derzeit noch die Verbringung auf Deponien. Obwohl es keine genauen Angaben gibt, kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil des EOL-Glases auf Deponien entsorgt wird. Aufgrund der hohen Schwermetallkonzentrationen im Bildröhrenglas sowie deren mögliche Eluation aus dem Glas [Lit. 4] sollte EOL-Bildröhrenglas weder im Bergversatz noch auf einer Deponie beseitigt werden.

## 3.3 Verfügbare Verwertungsmöglichkeiten im angrenzenden EU-Raum

### 3.3.1 Einsatz als Sekundärrohstoff für Bildröhrenglasproduktion

In Europa gibt es derzeit acht Standorte, an denen Bildröhrenglas hergestellt wird. Grundsätzlich ist die Bereitschaft bei den meisten Glasherstellern vorhanden, EOL-Glas zumindest bei der Konusglasschmelze wieder einzusetzen. In welchem Umfang EOL-Glas eingesetzt wird, hängt im wesentlichen davon ab, ob es sich bei der Glasfraktion um sortenreines Konusglas handelt oder um Mischglas. Beim Einsatz von reinem Konusglas wäre es theoretisch möglich, etwa 50% des Inputs in die Schmelze über EOL-Glas abzudecken<sup>11</sup>. Der Anteil an EOL-Mischglas bewegt sich derzeit zwischen 2 – 6%. Nach Aussage eines Glasproduzenten ist ein prozentualer Anteil von 12-15% ohne größere Probleme möglich. Der maximal mögliche Input an EOL-Mischglas liegt bei etwa 22%.

#### *Inputanforderungen*

Die Hauptprobleme beim Einsatz von EOL-Glas aus der Bildröhrenaufbereitung bei der Bildröhrenglasproduktion sind die Inhomogenität sowie unterschiedliche chemische Zusammensetzung der Scherben, bedingt durch die vier unterschiedlichen Glassorten aus denen sich Farbbildröhren zusammensetzen. Abhängig vom jeweiligen Bildröhrenproduzenten kann die chemische Zusammensetzung von Bildröhrengläsern zudem stark variieren.

Für den Einsatz von EOL-Scherben bei der Bildröhrenglasproduktion ist es jedoch wichtig, dass es sich dabei um eine möglichst genau definierte Altscherbenfraktion handelt, da Fehler erst am Ende des Herstellprozesses festgestellt werden können und somit unter Umständen die gesamte Produktion von ein bis zwei Tagen als Ausschuss im Scherbensilo landet.

Inwieweit Bildröhrenaltglas als Sekundärrohstoff wieder bei der Bildröhrenproduktion eingesetzt werden kann, hängt derzeit im wesentlichen von folgenden Faktoren ab

- Beschichtung
- Verunreinigung (Anteil an Fremdstoffen)
- Chemische Zusammensetzung
- Korngröße
- Losgröße
- Homogenität der Scherben
- Transmission
- Restfeuchte

Ein Anteil von 10% Monochrombildröhrenglas wird derzeit beim Einsatz von Mischglas toleriert. Dies entspricht in etwa auch dem Anteil an Monochrombildröhren bezogen auf die Gesamtanfallmenge. Ein nachträgliches Vermischen von Konus- und Schirmglas zur Herstellung einer Mischglasfraktion sollte nicht erfolgen.

Die Mindestlosgröße liegt bei 300 t. Bei Chargen, die kleiner sind wäre der Aufwand der Beprobung zu groß.

Ein besonderes Problem bei der Bildröhrenglasherstellung stellt Chrom dar. Chrom ist im Bildröhrenglas mit einem Anteil von 3 ppm enthalten. Steigt der Anteil an Chrom jedoch über 6 ppm, so kann das Bildschirmglas nicht mehr verwendet werden. Ein Chromeintrag ist z.B. durch Brecher möglich, die mit Chrom beschichtet sind, um das extrem harte Bildschirmglas zu zerkleinern.

### Schirmglasproduktion

Der Einsatz von Altscherben bei der Schirmglasproduktion beschränkt sich derzeit fast ausschließlich auf den internen Ausschuss. Eine Verwendung von EOL-Glas wird von den meisten Herstellern als zu riskant angesehen, da bereits geringste Verunreinigungen zu Qualitätseinbußen und somit zu Produktionsausfällen führen können. Seit einiger Zeit werden jedoch bereits erfolgreich Versuche durchgeführt, auch in diesem Bereich EOL-Glas einzusetzen (vgl. hierzu Kap. 3.4.1)

### Konusglasherstellung

Der Einsatz von Altglas ist zur Zeit noch auf die Konusglasherstellung begrenzt. Bei den derzeit eingesetzten Altglasscherben handelt es sich überwiegend um gemischte Scherben, d.h. Schirm- und Konusglas. Begrenzender Faktor beim Einsatz von Mischglas ist vor allem der Bariumgehalt der Schirmgläser. Der maximal mögliche BaO-Gehalt im Konusglas liegt bei 2 – 2,6%. Monochrombildröhren werden gar nicht oder nur in ganz geringem Umfang eingesetzt, da diese einen sehr hohen Bariumoxidanteil enthalten.

Die angelieferten EOL-Scherben werden beim Bildröhrenproduzenten nochmals zerkleinert. Damit wird zum einen eine genau definierte Größe eingestellt, zum anderen werden noch eventuell im Gemenge enthaltene Metalle wie z.B. in das Glas eingeschmolzene Pins entfernt.

Durch den Einsatz von Altglasscherben bei der Bildröhrenglasproduktion werden zum einen wichtige Ressourcen (Quarzsand, Kalk, Soda) geschont, zum anderen wird auch der Energiebedarf bei der Glasschmelze gesenkt, da Glasscherben bereits bei niedrigeren Temperaturen schmelzen als die Primärrohstoffe.

Inzwischen wird jedoch von einigen Glasherstellern immer mehr darauf gedrängt, Aufbereitungsverfahren zu verwenden, bei denen eine sortenreine Trennung von Schirm- und Konusglas möglich ist, um so den Anteil an Altglasscherben bei der Produktion zu erhöhen. Aufgrund der noch sehr geringen Mengen an aufbereitetem EOL-Glas, werden derzeit noch Mischglasscherben eingesetzt.

#### 3.3.2 NE-Metallhüttenindustrie (Sekundärkupferhütte)

In Deutschland existiert derzeit eine Sekundärkupferhütte mit integrierter Bleigewinnung, die das EOL-Bildröhrenglas als Silikat-Schlackebildner im Elektroofen einsetzt. Es können dabei sowohl ganze Bildröhren (belüftet und ohne Elektronenstrahlerzeuger) als auch Mischglasscherben eingesetzt werden. Begrenzender Faktor beim Einsatz von Bildröhrenglas ist der Alkaligehalt, da sich ein hoher Alkaligehalt negativ auf die Festigkeit und Beständigkeit der Eisensilikatschlacke auswirkt. Das im Konusglas enthaltene Blei wird reduziert und kann anschließend als reines Blei zurückgewonnen werden.

Die bei diesem Prozess entstehende Eisensilikatschlacke wird in einer Brech- und Siebanlage so aufbereitet, dass sie als Baustoff eingesetzt werden kann. Das Eisensilikat-Gestein wird überwiegend für den Wasserbau eingesetzt und muss deshalb hohe Qualitätsanforderungen erfüllen (Bleigehalt < 0,5%). Es besitzt eine relativ hohe Dichte und wird u.a. beim Deckwerksbau für Uferbefestigungen bzw. für Sohlensicherungen in Häfen, an Flüssen und im Küstenschutz eingesetzt.

Derzeit werden ca. 2.500 t/a EOL-Bildröhrengläser eingesetzt, ein Ausbau der Kapazität auf 5.000 t/a wäre jedoch möglich.

### 3.3.3 Keramische Industrie

Aus technischer Sicht ist der Einsatz von EOL-Glas in der keramischen Industrie (z.B. Fließmassen) grundsätzlich möglich. Aufgrund des Schwermetallgehalts ist die Verwendung in der keramischen Industrie jedoch bedenklich. Durch das schwermetallhaltige Glas werden Schadstoffe in den Produktkreislauf eingebracht, die sich vor allem am Lebensende der Produkte negativ auf die Verwertungsmöglichkeiten auswirken können. Trotz der ökologischen Bedenken, die auch von vielen Firmen der Branche getragen werden, ist jedoch von einem begrenztem Einsatz des EOL-Bildröhrenglases in der keramischen Industrie auszugehen.

### 3.3.4 Schaumglasherstellung / Blähglasherstellung

Bei den verschiedenen Verfahren zur Herstellung von Schaum- bzw. Blähglas ist der Einsatz von EOL-Bildröhrenglas aus technischer Sicht prinzipiell kein Problem. Infolge der in den Scherben enthaltenen Schwermetalle treten jedoch produktseitig Probleme auf. Blähglas, das u.a. in der Baustoffindustrie als Zuschlagstoff eingesetzt wird, kann bei der Verwendung von schwermetallhaltigen Glasscherben die für Baustoffe geltenden Grenzwerte nicht einhalten.

Bei Schaumglas, das vorwiegend im Straßenunterbau sowie zur Wärmedämmung eingesetzt wird, treten die gleichen Probleme auf. Auch hier können die vorgegebenen Eluatwerte bezüglich Schwermetalle im Produkt nicht eingehalten werden.

Nach Aussage eines Schaumglasherstellers werden die vorgeschriebenen Eluatwerte nicht eingehalten, da für die notwendigen Test das Schaumglas gemahlen wird und somit die Oberflächenstruktur zerstört wird. Bei Tests mit nicht gemahlenem Schaumglas, wie es in der Praxis eingesetzt wird, gibt es gemäß Hersteller keine Probleme mit den vorgeschriebenen Grenzwerten.

Von Seiten der Industrie besteht großes Interesse, EOL-Bildröhrengläser als Sekundärrohstoff bei der Schaumglasproduktion auch in größeren Mengen einzusetzen.

### 3.3.5 Flachglasindustrie

Von einigen Bildröhrenaufbereitern wird der Einsatz von EOL-Glas in der Flachglasherstellung befürwortet. Das Problem beim Einsatz des Bildröhrenglases in der Flachglasindustrie ist zum einen, dass die chemische Zusammensetzung unterschiedlich ist und zum anderen es bereits rechtliche Bestrebungen gibt, den Einsatz von bestimmten Schwermetallen wie sie in den Bildröhrengläsern enthalten sind zu begrenzen bzw. ganz zu verbieten. Weiters werden Flachgläser

z.T. in der Hohlglasindustrie als Sekundärrohstoffe eingesetzt. Dadurch würde es zu einem Schadstoffeintrag bzw. einer Schadstoffanreicherung in einem System kommen, in dem ursprünglich diese Stoffe nicht enthalten waren. Über Ausmaß und Umfang des gegenwärtigen Einsatzes von EOL-Bildröhrenglas in der Flachglasindustrie liegen keine Angaben vor.

### 3.3.6 Behälterglas

Der Einsatz von Bildröhrenglas in die Behälterglasindustrie wird von den Verbänden strikt abgelehnt. Früher wurden Mischgläser aus der Aufbereitung von Bildröhren eingesetzt, was zu einer deutlichen Erhöhung des Bleigehaltes im Behälterglas geführt hat. Der Einsatz von Bildröhrenglas als Sekundärrohstoff in der Behälterglasindustrie würde zu einer Einschleusung von Schadstoffen führen, die ursprünglich nicht vorhanden waren. Ein weiterer Punkt ist die Verschärfung des Schwermetallgrenzwertes (Summe aus Cadmium, Chrom, und Quecksilber und Blei) in Verpackungsmaterialien von 250 ppm auf 100 ppm ab 1.7.2006. Um eventuelle Verunreinigungen zu vermeiden, lehnt die Behälterglasindustrie grundsätzlich den Einsatz von Bildröhrenglas ab. In einigen Ländern Europas (z.B. Italien) wird das Bildröhrenglas jedoch vermutlich weiterhin zur Herstellung von Behälterglas verwendet.

### 3.3.7 Straßenunterbau

Inwieweit Bildröhrenglas beim Straßenbau eingesetzt wird, lässt sich nicht genau feststellen. Aufgrund der physikalischen und chemischen Eigenschaften ist Bildröhrenglas jedoch nicht für den Einsatz im Straßenbau geeignet. Probleme treten vor allem bei der mechanischen Langzeitstabilität auf. Durch die damit verbundene ständige Oberflächenneubildung kann eine Eluaktion des im Glas enthaltenen Bleis gefördert werden.

Eluattests haben ergeben, dass abhängig vom pH-Wert beachtliche Mengen an Blei und Barium aus den Gläsern eluiert werden können [Lit. 4]. Vor allem im sauren pH-Bereich nimmt die Schwermetalleluation zu.

### **3.4 Pilotprojekte und zukünftige Technologieentwicklungen**

Pilotprojekt und Technologieentwicklungen konzentrieren sich vor allem auf das bariumhaltige Schirmglas, das im Verhältnis zum Konusglas in doppelter Menge bei der Aufbereitung von Bildröhren anfällt. Wichtig bei allen möglichen zukünftigen Einsatzbereichen für Schirmglas ist die absolut saubere Trennung vom Bleiglas.

#### **3.4.1 Schirmglasherstellung**

Die hohen optischen Qualitätsanforderungen, die an das Schirmglas gestellt werden, gestalten den Einsatz von EOL-Glas bei der Schirmglasschmelze äußerst problematisch, da bereits geringste Verunreinigungen zu hohen Verlusten bei der Produktion führen können.

Seit einigen Wochen läuft bei einem deutschen Glasproduzenten ein Pilotprojekt, bei dem EOL-Schirmglas als Sekundärrohstoff dem Schirmglasgemenge zugegeben wird. Aufgrund der positiven Erfahrungen wurde beschlossen, in Zukunft verstärkt EOL-Schirmglas als Rohstoff bei der Schirmglasschmelze einzusetzen.

Das Hauptproblem beim Einsatz von EOL-Glas bei der Schirmglasproduktion ist, dass die EOL-Scherben sortenrein, d.h. ohne Bleiglasreste und absolut ohne Monochrombestandteile vorliegen müssen. Des Weiteren sollte das EOL-Glas nach Transmissionsfarbe getrennt werden. Hierfür wurde extra ein Gerät entwickelt, das es ermöglicht, Schirmglas nach Transmissionsfarben zu trennen. Eine Zerkleinerung des Schirmglases ist nicht unbedingt erforderlich, da durch den Brechvorgang Verunreinigungen in die Scherben gelangen können.

Nach Angaben des Glasproduzenten besteht derzeit die größte Schwierigkeit darin, die entsprechenden Mengen an EOL-Schirmglas, die die hohen Anforderungen erfüllen, zu erhalten.

#### **3.4.2 Mineralfaserherstellung**

Eine weitere Möglichkeit, das im Verhältnis zum Konusglas in doppelter Menge anfallende Schirmglas einer hochwertigen Verwertung zuzuführen, könnte die Glasfaserindustrie darstellen. Nach umfangreichen Tests wurde von einem deutsch-französischen Unternehmen die grundsätzliche Eignung von absolut bleifreiem Schirmglas als Sekundärrohstoff bei der Glasfa-

seproduktion bestätigt. Sowohl produkt- (Kanzerogenität) als auch emissionsseitig (TA-Luft) gibt es demnach keine Probleme bei der Verwendung von EOL-Schirmglas<sup>12</sup>.

Allerdings wurde der Einsatz von EOL-Glas bis jetzt erst über einen sehr kurzen Zeitraum getestet. Eine endgültige Entscheidung bezüglich der Eignung kann nach Aussage des Konzerns jedoch erst nach einer längeren Testphase getroffen werden.

Neben bariumhaltigem Schirmglas eignen sich auch andere Altglasscherben wie z.B. Flachglas zur Herstellung von Glasfasern, die in Zukunft auch vermehrt dem Recycling zugeführt und somit in Konkurrenz zum EOL-Schirmglas stehen werden. Deshalb wird das Hauptproblem beim Einsatz von EOL-Schirmglas als Sekundärrohstoff in der Glasfaserindustrie unter anderem darin bestehen, die benötigten Glasscherben in entsprechender Qualität und Menge ökonomisch aufzubereiten<sup>12</sup>.

Glasfasern, die v.a. zur Wärmedämmung eingesetzt werden, sind langlebige Produkte, die durch ihre Dämmeigenschaften zusätzliche ökologische Vorteile beim Energieverbrauch bieten.

### 3.4.3 Fassadenplattenherstellung

Das von einer deutschen Firma entwickelte Verfahren ist noch im Versuchsstadium. Wie bei der Mineralfaserherstellung kann auch hier nur absolut bleifreies Schirmglas eingesetzt werden. Genauere Angaben zu diesem Pilotprojekt sind derzeit nicht verfügbar.

### 3.4.4 Strahlenschutzindustrie

Beim Einsatz von Bildröhrenglas zur Herstellung von Strahlenschutzkleidung wird die Eigenschaft der Gläser genutzt, durch ihren hohen Schwermetalloxidanteil energetische Strahlung (Röntgenstrahlung) abzuschirmen. Die Altglasscherben würden dabei zu textilen Fasern aufbereitet werden, aus denen die entsprechende Kleidung hergestellt werden kann. Das Problem ist dabei zum einen, dass die benötigten Mengen relativ gering sind, zum anderen die Kleidung relativ dick. Ein weiteres Einsatzgebiet wäre z.B. in der Raumfahrt bzw. Flugzeugtechnik.

---

<sup>12</sup> Quelle: Franz Puder, Umweltbundesamt, Berlin

## **4 Verfügbare Kapazitäten und ökonomisch-ökologische Randbedingungen**

### **4.1 Einsatz als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenproduktion**

Bei einer Bewertung der gegenwärtig zur Verfügung stehenden Verwertungsverfahren unter ökologischen Gesichtspunkten ist der Kreislaufführung der End-of-life-Bildschirmgläser eine hohe Priorität zuzuordnen. Durch den Wiedereinsatz des Glases als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenproduktion werden zum einen Rohstoffressourcen geschont und zum anderen kann der relative hohe Energieverbrauch bei der Glasschmelze gesenkt werden. Um die EOL-Gläser bei der Glasschmelze wieder einsetzen zu können, müssen jedoch z.T. sehr aufwendige Vorbehandlungsschritte durchgeführt werden.

#### Konusglasschmelze

Sowohl für das anfallende Mischglas als auch für Konusglas besteht bereits jetzt die Möglichkeit, dieses als Sekundärrohstoff bei der Konusglasschmelze einzusetzen. In Europa werden derzeit ca. 176.000 t Konusglas pro Jahr produziert. Bei einem gegenwärtig möglichen Einsatz von EOL-Mischglas in der Konusglasschmelze im Bereich von 2 – 6% entspricht dies einer Jahresmenge von ca. 3.500 t – 10.650 t. Diese Kapazitäten werden derzeit jedoch nicht ausgeschöpft. Nach Ansicht des Arbeitskreises Bildröhrenrecycling<sup>13</sup> wäre bei einem ausschließlichen Einsatz von Konusglas sogar ein Anteil von bis zu 50% am Gesamtinput in die Glasschmelze möglich. Die Abbildung 4-1 zeigt das zugehörige Inputszenario. Somit könnten theoretisch ca. 88.000 t/a Konusglas europaweit als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenherstellung wieder eingesetzt werden [Lit. 10]

---

<sup>13</sup> unter Koordination des ZVEI, Deutschland gebildeter Arbeitskreis (Beteiligung aller europäischer Bildröhren- und Bildröhrenglashersteller)

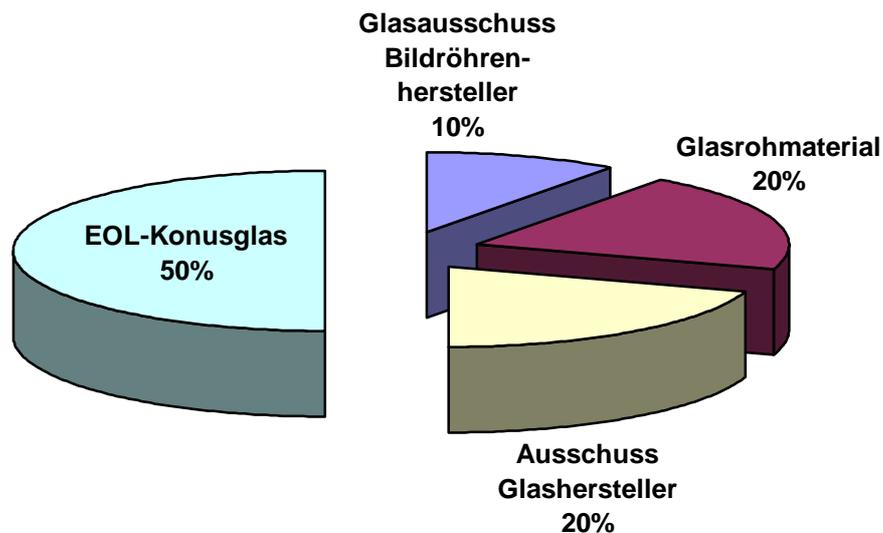


Abbildung 4-1: Zielvorstellung Input-Zusammensetzung Konusglasschmelze

Der Einsatz von EOL-Glas als Sekundärrohstoff in der Glasschmelze setzt jedoch eine spezielle Aufbereitung voraus, die derzeit nur von drei Firmen entsprechend den Vorgaben der Glashersteller durchgeführt werden kann. Die Kosten für die Aufbereitung liegen bei den beiden deutschen Firmen bei ca. 1.400 öS/t (Annahmekosten)<sup>14</sup>. Die Übernahmekosten zur Aufbereitung für die Konusglasschmelze liegen derzeit für Mischglas bei ca. 1.200 öS/t und für reines Konusglas bei ca. 420 – 500 öS. Bei den Preisangaben handelt es sich um Durchschnittswerte, die vor allem von der Qualität sowie der Menge abhängen. Transportkosten sind nicht enthalten.

### Schirmglasschmelze

Nach dem erfolgreichen Verlauf von Pilotversuchen bezüglich des Wiedereinsatzes von EOL-Schirmglas in der Schirmglasschmelze, ist ein deutscher Glasproduzent gerade dabei, diese Verwertungsschiene zu etablieren und entsprechende Logistikkonzepte zu entwickeln. Derzeit wird mit einer Jahreskapazität von ca. 7.000 t EOL-Schirmglas gerechnet, die kontinuierlich gesteigert werden soll. Da es sich bei dem EOL-Schirmglas um einen hochwertigen Sekundärrohstoff handelt, kann bei entsprechender Aufbereitungsqualität mit einem voraussichtlichen Erlös von ca. 350 öS/t für den Anlieferer gerechnet werden.

---

<sup>14</sup> "Erste Schritte zum Bildschirm-Recycling", VDI Nachrichten 6.10.2000

## **4.2 Glasfaserindustrie**

Eine weitere Verwertungsmöglichkeit, die zur Zeit diskutiert wird, ist der Einsatz von EOL-Schirmglas als Sekundärrohstoff bei der Glasfaserproduktion. Auch diese wäre aufgrund der Kreislaufschließung als ökologisch hochwertige Verwertung anzusehen. Sollten die derzeit noch laufenden Langzeittests positiv ausfallen, so würde für das mengenmäßig bedeutendere Schirmglas eine weitere attraktive Verwertungsschiene zur Verfügung stehen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können aber weder Angaben zu Kapazitäten noch zu Übernahmekosten gemacht werden.

## **4.3 Einsatz als Schlackebildner in einer Bleihütte**

In Österreich besteht derzeit die Möglichkeit EOL-Bildröhrenglas in einer Bleihütte einzusetzen. Dieser Verwertungsweg sollte jedoch nur dann gewählt werden, wenn keine anderen hochwertigeren Möglichkeiten zur Verfügung stehen, da bei diesem Prozess das EOL-Glas als Schlackebildner eingesetzt wird und anschließend als Abfallprodukt entsorgt wird.

## **4.4 NE-Metallhüttenindustrie (Sekundärkupferhütte)**

Die Verwertung von EOL-Bildröhrenglas in einer Sekundärkupferhütte mit integrierter Bleirückgewinnung ist aus ökologischer Sicht weniger vorteilhaft, da keine Kreislaufführung der wesentlichen Komponenten erfolgt.

Mit einer maximalen Kapazität von ca. 5.000 t/a und Übernahmekosten in Höhe von ca. 2.000 öS/t EOL-Glas ist dieser Verwertungsweg weder mengenmäßig noch aus ökonomischer Sicht besonders relevant. Bei diesem Verwertungsprozess können sowohl ganze Bildröhren als auch EOL-Scherben angenommen werden.

## **4.5 Weitere Entsorgungswege von EOL-Bildröhrenglas**

EOL-Bildröhrengläser werden gegenwärtig überwiegend nicht einer hochwertigen Verwertung zugeführt. Ein Teil des anfallenden EOL-Glases wird z.B. im Straßenunterbau oder Baustoffindustrie (vgl. Kap. 3.2 bzw. 3.3) eingesetzt. Genaue Angaben zu den eingesetzten Mengen und Kosten sind nicht verfügbar. Ein Einsatz von EOL-Bildröhrenglas in diesen Bereichen sollte jedoch aus ökologischen Gründen vermieden werden.

Eine Verbringung auf Deponie ist abzulehnend zu betrachten, da aufgrund der vorgegebenen Glaseigenschaften eine Eluation der im EOL-Bildröhrenglas enthaltenen Schwermetalle nicht auszuschließen ist [Lit. 4]. Die Deponiepreise schwanken stark und liegen im Bereich von öS/t 1.000 – 1.500.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Verfahren mit Angaben zu Input und Kapazität (soweit verfügbar) sowie mit einer überschlägigen Kennzeichnung der technischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung zusammengefasst.

Verfügbare Kapazitäten und ökonomisch-ökologische Randbedingungen

Verbleib	Glasfraktion	derzeit eingesetzte Mengen	Kapazität	Bewertung		
				technisch	ökologisch	ökonomisch <sup>15</sup>
Einsatz als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenproduktion						
Konusglasschmelze	Mischglas, Konusglas	< 10.000 t/a (Europa)	88.000 t/a	etabliert	++	~ 1.200 öS/t 420 – 500 öS/t
Schirmglasschmelze	Schirmglas	< 1.000 t/a(Europa)	> 10.000 t/a	Pilotphase	++	~ 350 öS/t Erlös
Glasfaserindustrie	Schirmglas	/ (Europa)	?	Testphase	+	?
Einsatz als Schlackebildner in einer Bleihütte	Mischglas	~ 1.000 t/a (Österreich)	~ 1.000 t/a	etabliert	~	ca. 1.000 öS/t
NE-Metallhüttenindustrie (Sekundärkupferhütte)	Mischglas / Konusglas	~ 2.500 t/a (Deutschland)	~ 5.000 t/a	etabliert	~	2.000 öS/t
Deponie	Mischglas	1.000 – 3.000 t	/	/	--	1.000 – 1.500 öS/t

Abbildung 4-2: Zusammenfassende Bewertung der Verwertungs- und Entsorgungswege von EOL-Bildröhrenglas

<sup>15</sup> Die hier angegebenen Werte sind Durchschnittswerte, die abhängig von der Qualität und Menge stark variieren können

## **5 Entwicklungstendenzen, ergriffene Aktivitäten und Handlungsempfehlungen**

Betrachtet man die tatsächlich erfassten Mengen an Bildröhren im Vergleich zum theoretischen Abfallaufkommen, so wird deutlich, dass vor allem bei der Sammlung noch Defizite vorhanden sind. In Zukunft ist mit einer Zunahme von gesammelten Mengen und damit der Gefahr abnehmender Verwertungsquoten zu rechnen, da insbesondere Absatzsteigerungen und Abfallströme aus der bisherigen Lagerung bei den Erzeugern zu berücksichtigen sein werden. Bezüglich der von der geplanten Richtlinie vorgegebenen Verwertungsquoten besteht daher sowohl in Bezug auf die gegenwärtige als auch auf die zukünftige Verwertungsquote Handlungsbedarf.

Insbesondere im nahen Ausland werden in den nächsten Jahren ausreichend Verwertungs-kapazitäten für EOL-Bildröhrengläser zur Verfügung stehen. Die korrespondierenden Verfahren bieten sowohl ökologisch als auch ökonomisch Vorteile. Die Chancen aus diesen Entwicklungen sollten für die österreichischen Stoffströme genutzt werden.

Das Projektteam hat hierzu in Absprache mit dem BMLFUW bereits mit einem Glashersteller Gespräche geführt. Als Ergebnis ist im Anhang eine Abnahmeerklärung der Firma Schott Glas, Mainz beigefügt, in der sich der Glasproduzent bereit erklärt, bei entsprechender Qualität das in Österreich anfallende EOL-Glas bis zu einer Menge von 7.500 t/a bzw. 15.000 t/a als Sekundärrohstoff bei der Bildröhrenherstellung einzusetzen bzw. einer hochwertigen Verwertung zuzuführen.

Diese Menge reicht aus, um das absehbare Abfallpotential abzudecken. Um diese Verwertungs-kapazitäten zu nutzen und die geforderten Verwertungsquoten zu erreichen, ist eine entsprechende Sammel- bzw. Behandlungsinfrastruktur zu etablieren. Hieraus leiten sich folgende Handlungsempfehlungen / Maßnahmenvorschläge ab:

- Information für private Haushalte über die Rückgabemöglichkeiten für Bildschirmgeräte
- Kostenlose Abgabemöglichkeit von Altgeräten für private Haushalte
- Verbesserte Erfassung der relevanten Mengenströme
- Aufbau einer Sammelinfrastruktur gemeinsam mit der Industrie
- Behandlungsgrundsatz etablieren
- Förderung von Verfahren zur Trennung von Schirm- und Konusglas
- Erschwerung der Deponierung (zB spezieller AISAG-Beitrag)

## Literaturverzeichnis

- Lit. 1        Europäisches Parlament, Generaldirektion Wissenschaft, Abteilung für Umwelt, Energie und Forschung, STOA, "Elektronikschrott" (WEEE), Themenpapier Nr. 3, 1998
  
- Lit. 2        "Phosphore als Wertstoffe und Begleitmaterial", Prof. Dr. M. Bredol, FH Münster, Symposium Recycling von End-of-Life Bildröhren: Aufgaben und Lösungen, 7./8. September 2000, Mainz
  
- Lit. 3        Deutscher Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V., Selb
  
- Lit. 4        Mobilisierbarkeit von Schwermetallen und Arsen aus Schlacken, Gläsern und Gesteinen, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 1999
  
- Lit. 5        „Erwartetes Altgeräteaufkommen als Grundlage zur Planung von Entsorgungskonzepten“, Robert-Alojzije Ivisic, Entsorgungspraxis 4, 2000, Seite 23ff.
  
- Lit. 6        "Bildschirmglasrecycling", Franz Puder, Umweltbundesamt Berlin, Symposium Recycling von End-of-Life Bildröhren: Aufgaben und Lösungen, 7./8. September 2000, Mainz
  
- Lit. 7        Bundesabfallwirtschaftsplan 1998, Umweltbundesamt Österreich, 1998.
  
- Lit. 8        Beurteilung der Verwertungsmöglichkeiten für Behälterglas, Flachglas, Bildschirmglas und Leuchtstofflampen, Franz Puder, Umweltbundesamt Berlin, 1997.
  
- Lit. 9        „Elektronikschrottreycling – Fakten, Zahlen und Verfahren“, Informationsschrift der bvse – recyconsult GmbH im Auftrag des Bundesverbandes Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V. (bvse), 2000.
  
- Lit. 10       "Wiederverwendung von Bildröhrenglas", Recycling Magazin 17/1997, S. 8 ff
  
- Lit. 11       Leistungsbericht der Abfallwirtschaft, MA 48, 1999