



## Branchenpapier Verarbeitung von Glas und Keramik

Stand: 11.06.2013

Erarbeitet von Wuppertal Institut und Ecofys

### ***Prozessoptimierungen und beste verfügbare Technologien (BVT) (kurz- bis mittelfristig bis 2030):***

#### ***Rahmenbedingungen:***

Die Glas- und Keramikindustrie weist eine hohe Produktvielfalt auf und ist durch ihre unterschiedlichen Produktionsverfahren sehr heterogen. Sie verzeichnet in NRW – hinter der Chemie- und Stahl/Eisenbranche – den drittgrößten Endenergiebedarf (mit 10%) und die dritthöchsten THG-Emissionen aller Industriebranchen (IT.NRW 2011). Die Herstellung von Glas und Keramik benötigt vor allem thermische Energie (Befuerung von Wannen und Öfen). Die Glasschmelze stellt den energieintensivsten Schritt bei der Glasherstellung dar (ca. 65 - 80 % des gesamten Verbrauchs), da die Wannen durchgehend laufen. Da bei Stillstand die Wannen beschädigt werden, werden bei Flauten die Wannen z.T. ohne zu produzieren weiter betrieben. Die Investitionszyklen für Wannen betragen durchschnittlich 15-18 Jahre, nach denen diese individuell neu errichtet werden. 85 % des gesamten Brennstoffbedarfs wird durch Erdgas gedeckt. Der spezifische Endenergiebedarf der Glasindustrie hat sich seit Mitte der 1990er Jahre nur wenig verändert. Branchenexperten zufolge sind die bestehenden Prozesse weitestgehend optimiert. Mit den bisher zur Verfügung stehenden Techniken seien kaum noch Einsparmöglichkeiten gegeben. Weitergehende Einsparpotenziale liegen nach Angaben des Bundesverbands (BV) Glas in der Peripherie des Schmelzprozesses sowie bei nachgelagerten Prozessen (siehe z.B. Glassglobal 2009 oder BV Glas 2011: 2)



Minderungsstrategien:

Handlungsfeld Steigerung der Energieeffizienz

Strategien	Minderungs- potenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
<p>Verwendung effizienter Verbrennungstechniken/ technische und thermische Verbesserung der Brennöfen z.B. durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Low NOx-Brennern</li> <li>• Anwendung von Verbrennungsregelungstechniken</li> <li>• Rekuperator-Brenner</li> <li>• verbesserte Abdichtungen und Ausmauerungen</li> <li>• interaktive Computersteuerung des Ofenregimes</li> <li>• reduzierter Einsatz von Brennhilfsmitteln und/oder der Einsatz von Brennhilfsmitteln, die aus SiC/ Superlegierungen hergestellt sind</li> <li>• Reduzierung des Luftdurchsatzes im Ofen</li> <li>• Brennerregelung über O<sub>2</sub>-Messung,</li> <li>• Änderung der Ofengeometrie</li> <li>• Gebläseoptimierung</li> </ul>	+		<p>Eine optimierte Verbrennung führt in Fraunhofer ISI et al. 2011 zu den größten Effizienzsteigerungen. Allerdings fallen Minderungspotentiale im Vergleich zur Energieintensität fossil befeuerter Wannen eher gering und bewegen sich nach Aussagen der Industrie häufig im Bereich weniger Prozente.</p>



Strategien	Minde- rungs- poten- zial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
Technische und thermische Verbesserung der Trockner, z.B. durch die automatische Überwachung der Trocknerkreisläufe und Kontrolle von Feuchtigkeit und Temperatur, Einbau von Impulslüftern	+		
Akzeptanzkampagne für Glasrecycling und entsprechende Produkte	o		BV Glas: Akzeptanzkampagne bereits gestartet: <a href="http://www.was-passt-ins-altglas.de">www.was-passt-ins-altglas.de</a>
KWK-Wärmeeinsatz zur Vorwärmung von Ausgangsstoffen	+		KWK zur Vorwärmung von Prozessen hat nur geringes Potenzial, da kaum Niedertemperatur-Prozesswärme benötigt wird; KWK für die Vorwärmung von Ausgangsstoffen möglich
Gemenge- und Scherben-Vorwärmung durch Nutzung der Restwärme im Abgas	o		Durch Maßnahmen zur Abwärmenutzung werden mittlerweile über 90 % der Abwärme für den Glasschmelzprozess zurückgewonnen, der Rest wird in den Unternehmen i.d.R. zur Strom- und Dampfproduktion sowie zur Heiß- und Warmwasserbereitung eingesetzt
Erhöhung des Scherbenanteils bei der Glasherstellung /vermehrte Verwendung von Altglas	o		Technisches Potential ist im Wesentlichen durch die gewünschte Glasfarbe und die Scherbenverfügbarkeit beschränkt.  Durch eine Zugabe von 10 % Scherben kann der Energie-



Strategien	Minde- rungs- poten- zial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
			<p>einsatz um 2,5 bis 3 % gesenkt werden; allerdings ist die Scherbenverfügbarkeit seit der Einführung des Zwangspfandes am 1. Januar 2003 spürbar zurückgegangen.</p> <p>Heute besteht jede Flasche im Schnitt bereits zu rund 60 Prozent aus „Alt“-Scherben, bei einigen Farben sogar aus bis zu 90 Prozent; auch in den übrigen Glasbranchen – Flachglas und Spezialglasindustrie – werden Altglasscherben wiederverwendet. Allerdings gibt es hier ggf. Qualitätseinbuße. Deshalb sind Alt-Scherben hauptsächlich für Behälterglas einsetzbar.</p>
Gewichtsreduktion z.B. durch die Herstellung von Hohlglas nicht wie bisher in einem zwei-, sondern einem einstufigen Formgebungsprozess oder der Reduzierung der Wandstärke durch ein neues Beschichtungsverfahren	+		<p>Ein neues Verfahren wird derzeit getestet, hierdurch kann sich im industriellen Einsatz mehr als 20 Prozent Energie einsparen lassen, außerdem wird ein Verfahren zur Herstellung von dünnem Einscheibensicherheitsglas entwickelt, außerdem wird getestet inwieweit Aluminium in den Poren des Feuerfestmaterials die Lebensdauer von Schmelzwannen steigern kann</p> <p>Bereits Entwicklung verschiedener Beschichtungsverfahren. Allerdings wenig Durchsetzung, u.a. wegen geringer Innovationsfreude der Abfüller im Mehrwegbereich.</p> <p>Vorteil des zweistufigen Prozesses: gleichmäßigere Glasverteilung und damit geringere Wanddicken können realisiert werden. Das Potenzial einer einstufigen Formgebung sollte</p>



Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
			kritisch hinterfragt werden.
Einführung von Energiemanagementsystemen, Weitgehendes Schließen der Energie- und Stoffkreisläufe, Prozessoptimierung durch Steuerung der Betriebsparameter/ Aufeinander abgestimmte Energieverteilungs-, Instrumentierungs- und Antriebskonzepte	+		Durch ein konsequentes Energiemanagement lassen sich insbesondere kleine bislang nicht gehobene Potentiale erreichen. Diese sind allerdings verhältnismäßig gering.
Power Management (Austausch von überalterten und ineffizienten Aggregaten durch hochmoderne Technik, Einsatz von Frequenzumrichtern)	+		Technisch machbar, aber aufgrund der hohen Kosten ist die Umsetzbarkeit eher gering.
Optimierung der Wannenbauart (u.a. Abdichtung ggü. Außenluft) und regelmäßige Instandhaltung der Schmelzwannen	o		Die Glasindustrie sieht jedoch das physikalische Limit der Glasschmelze nahezu erreicht.
Verbesserung der Druckluftversorgung im Bereich der Hohlglaserzeugung	o		Auf die genutzten Druckluftkompressoren entfallen etwa 15 bis 30 % der verbrauchten elektrischen Energie; Analysen zeigen, dass mit ausgefeilten Druckluftantrieben bezüglich Wiederholgenauigkeit und Dynamik an Grenzen gestoßen wird, die mit einem elektromechanischen Antrieb einfach überwunden werden können, damit lässt sich die Leistungsfähigkeit der Glasherstellung um 3,5% steigern



Handlungsfeld Energieträgerwechsel

Strategien	Minderungs-potenzial (++, +, o)	Umsetz-barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
<p>Sukzessive Substitution fossiler Brennstoffe wie Heizöl für Einschmelzprozesse durch kohlenstoff-arme Energieträger wie regenerativ erzeugtem Strom oder Biomasse und Substitution von Gas mit Elektro-Brennöfen</p>	<p>+</p>		<p>Heizöl wird kaum noch verwendet (die benötigte Energie stammt bereits fast vollständig aus der Verbrennung von Erdgas).</p> <p>Ein Energieträgerwechsel unterliegt Investitionszyklen von bis zu 18 Jahren (Wannenhauptreparatur). Zu bedenken ist, dass der Schweröl-Einsatz energetisch günstiger ist (bis zu 6 %) als der Erdgas-Einsatz, und daher mehr Endenergie benötigt wird.</p> <p>Substitution von Gas mit Strom ist wenig attraktiv, weil Energiekosten in Relation höher sind; regenerativer Strom muss zur Verfügung stehen</p> <p>Biogas muss in Erdgasqualität aufbereitet sein, um aufgrund des geringeren Heizwertes nicht zu erheblichen Effizienzverlusten zu führen.</p>



### Handlungsfeld Reduktion prozessbedingter Emissionen

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
Prüfung und Analyse des realisierbaren Potentials für CCS unter Berücksichtigung der spezifischen Charakteristika der nordrhein-westfälischen Glas- und Keramikindustrie	+		Kurzfristig ist CCS keine Option. Eine Perspektive über 2030 hinaus müsste noch entwickelt werden.
Prüfung und Analyse von Alternativen zum Soda-Einsatz	+		Die hier beschriebenen Optionen bieten eher ein geringes Einsparpotential zu verhältnismäßig hohen Kosten. Die technische Machbarkeit und Stand der Forschung ist noch mit der Industrie abzustimmen.
Verminderung des Einbringens von Vorläufersubstanzen (Verwendung von Rohmaterialien mit geringem Anteil von Schwefel- und Stickstoffoxide, Chlor, Fluor ...)	+		
Zugabe von kalziumhaltigen Additiven (feinem Kalkstein oder Kreide)	+		
Sorptionsanlagen (Adsorber, Absorber)(Kaskaden-Schütttschicht-Adsorber, Moduladsorbersysteme, Trockene Abgasreinigung mit einem Filter (Gewebefilter oder Elektrofilter), Nasse Abgasreinigung, Aktivkohlefilter, Biologische Wäscher)	+		
Nachverbrennung (Thermische Nachverbrennung, Katalytische Nachverbrennung)	+		



Handlungsfeld Klimaverträgliche Gestaltung des Produktportfolios

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
Entwicklung neuer Werkstoffe und Materialien für die Gebäudesanierung, z.B. Materialien für Hochleistungswärmedämmstoffe oder Hochleistungs-fenster			Die Glasindustrie stellt in den Bereichen Gebäude-/Fensterverglasung, Dämmstoffe, Glasfasern, Spezial- und Solarglas und Behälterglas bereits Produkte bereit, die helfen die Treibhausgasemissionen zu verringern. Energiesparende Produkte wie Wärmeschutzverglasung, Sonnenschutzgläser und Multifunktionsgläser führen jedoch zu einem höheren spezifischen Energiebedarf wegen der längeren Verweilzeiten in den Glaswannen.
Erforschung und Entwicklung von Glasprodukten für die Solarbranche			s.o.
Stärkere Umstieg von Einweg- auf Mehrwegflaschen			Potenzial dieser Maßnahme ist aber als sehr begrenzt anzusehen, da Mehrwegflaschen nicht beliebig oft verwendbar sind; die Industrie würde die bereits hohe Scherbeneinsatzquote gerne weiter erhöhen, jedoch mangelt es an der Verfügbarkeit von Altglasscherben in ausreichender Qualität.





## Alternative Technologien (langfristig bis 2050):

### Minderungsstrategien:

#### Handlungsfeld Steigerung der Energieeffizienz

Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen
Neue Schmelzkonzepte und Ofentechniken, z.B. Einsatz der Sauerstoff-Brennstoff-Schmelztechnik, Submerged Combustion, Centauro Ofen, Porenbrenner, Fast- und Segmented-Melting, Hochgeschwindigkeits-Impuls-Brenner, Drehgenerator-Brenner-System oder Radiant Tube Burners, Schnellbrandöfen (z.B. Rollenöfen), mikrowellenunterstütztes Brennen und Trocknen, Strahlrohrbrenner	++		Hier sind je nach Wannentyp bis zu 50 % Brennstoffeinsparung möglich. Allerdings befinden sich die Mehrheit der Techniken noch im Entwicklungsstatus und sind sehr kostenintensiv. Bei ausreichender Verfügbarkeit regenerativen Stroms ist eine Umstellung auf Elektroschmelzöfen evtl. sinnvoller.  Fast- und Segmented-Melting (bisher noch sehr energieintensiv und in Pilotphase; Brenner muss mit Wasser gekühlt werden)
Innovative Heiztechniken: Glas-FLOX-Hochtemperatur-Verbrennungstechnologie			
Karbonfaser Trocknungssystem			



## Weiterführende Literatur:

- BINE Informationsdienst (2008): Glas herstellen – energieeffizient und schadstoffarm,  
<http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/glas-herstellen-energieeffizient-und-schadstoffarm/?subpageof=&artikel=1015>
- Bundesverband Glasindustrie e.V. (BV Glas) (2011): Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Glasindustrie. Besondere Maßnahmen im Jahre 2010. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- Bundesverband Glasindustrie e.V. (2012): Umwelt & Energie, <http://www.bvglas.de/umwelt-energie/glasrecycling/>
- EnBW; E.ON Energie; RWE Power; Vattenfall Europe (2009): Energiezukunft 2050: Teil II - Szenarien. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. [http://www.ffe.de/download/berichte/Endbericht\\_Energiezukunft\\_2050\\_Teil\\_I.pdf](http://www.ffe.de/download/berichte/Endbericht_Energiezukunft_2050_Teil_I.pdf)
- Energieagentur NRW (2012): Energieeffizienz in der Stein- und keramischen Industrie,  
<http://www.energieagentur.nrw.de/unternehmen/energieeffizienz-in-der-stein-und-keramischen-industrie-3752.asp>
- European Commission (2012): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)
- Fraunhofer ISI; IREES; Hassan, A. (2011): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen von industriellen Branchentechnologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrenstechniken. Schlussbericht No. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 3709 46 130. Karlsruhe, Berlin: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI), IREES GmbH, TU Berlin.
- Fraunhofer ISI (2011b): Endberichterstattung an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Materialeffizienz in der Produktion: Einsparpotenziale und Verbreitung von Konzepten zur Materialeinsparung im Verarbeitenden Gewerbe, Karlsruhe, 7. Dezember 2011
- Ifeu/Fraunhofer ISI (2011): Endbericht Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative, Endbericht des Projektes „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“
- Glassglobal „The Glass Community“ (2009): Mehr Energieeffizienz bei der Glasherstellung,  
[http://www.glassglobal.com/news/mehr\\_energieeffizienz\\_bei\\_der\\_glasherstellung-12969.html](http://www.glassglobal.com/news/mehr_energieeffizienz_bei_der_glasherstellung-12969.html)
- IT.NRW (2011): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2009. No. E443200900. Statistischer Bericht. Düsseldorf: Information und Technik Nordrhein-Westfalen.
- Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (2011): Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2010, Bericht zum Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, des Bun-

## Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen

desministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, des Bundesministeriums der Finanzen und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie.

Siemens AG (2008): Energieeffizienz erhöht die Produktivität. Glass. Answers for industry.

Umweltbundesamt (UBA) (2001): Merkblatt über beste verfügbare Technik in der Glasindustrie, Berlin, 2001

UBA (2007): Merkblatt über die Besten Verfügbaren Techniken in der Keramikindustrie August 2007 mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung.

UVEK/BFE (2006): ERSATZ VON PNEUMATISCHEN UND HYDRAULISCHEN ANTRIEBEN DURCH ELEKTROANTRIEBE POTENTIALANALYSE Schlussbericht.

Werkstoffinformationsgesellschaft mbH (2008): Hochleistungskeramik 2025 – Strategieinitiative für die Keramikforschung in Deutschland des Koordinierungsausschusses Hochleistungskeramik der DKG und DGM

WWF (2009): Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Basel/Berlin.

ZWIESEL KRISTALLGLAS AG, Das Glas mit Ökoprofil. Nachhaltig produziert für reinen Genuss, [http://www.zwieselkristallglas-shop.com/shop/de/cms/kataloge/schott-zwiesel/Oekobroschuere\\_D-Opti.pdf](http://www.zwieselkristallglas-shop.com/shop/de/cms/kataloge/schott-zwiesel/Oekobroschuere_D-Opti.pdf)

