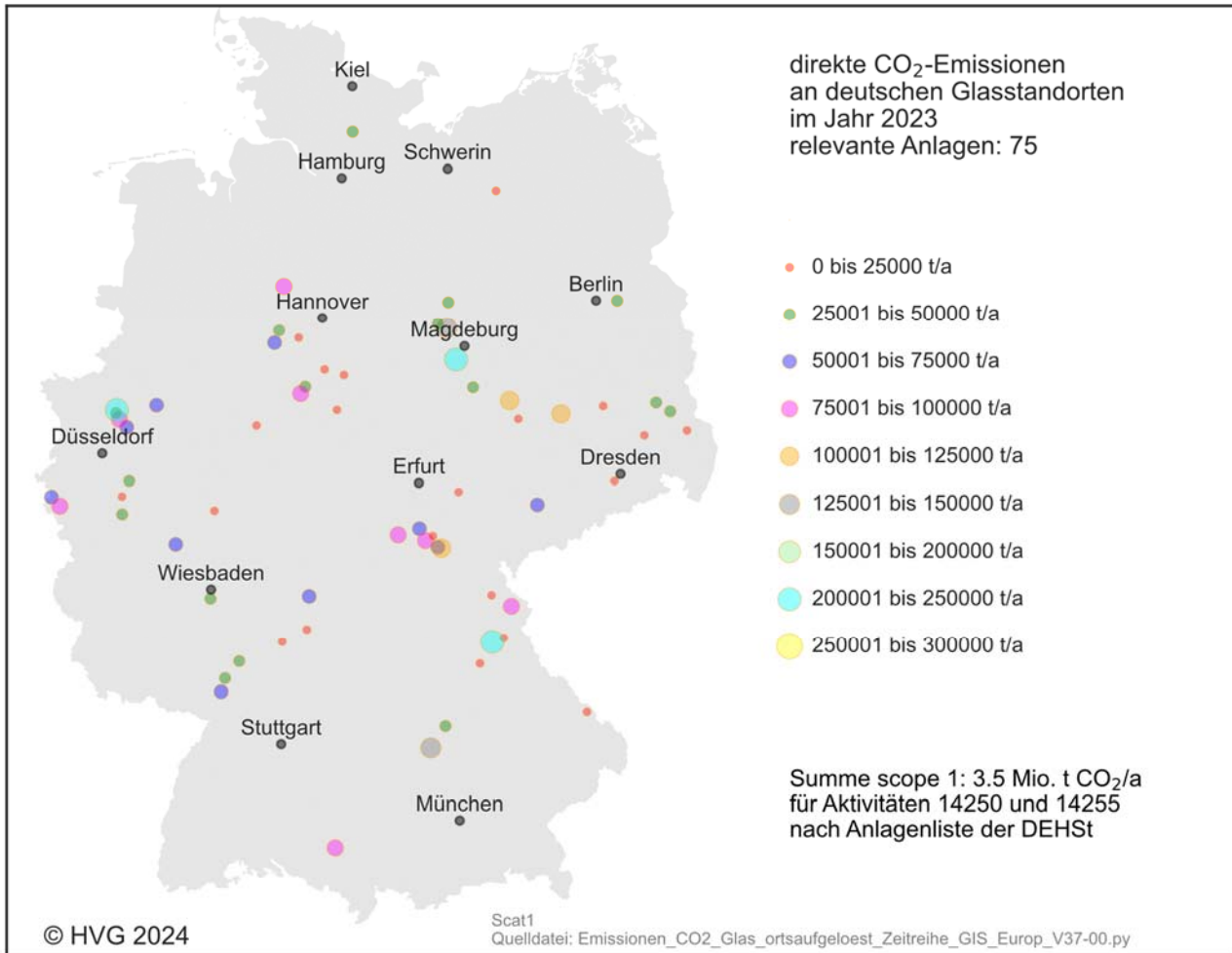




HVG-DGG

Service und Forschung für die Glasherstellung



HVG-TÄTIGKEITSBERICHT 2024

Titelbild: Direkte CO₂-Emissionen an deutschen Glasstandorten im Jahr 2023. Datenquelle: Anlagenliste der DEHSt [https://www.dehst.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Expertensuche/Servicesuche_Formular.html?nn=282192&resourceld=304000&input_=282192&pageLocale=de&cl2Categories_Themen=&cl2Categories_Themen.GROUP=1&templateQueryString=anlagenliste&submit=] am 03.04.2025
2024 © Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.

Tätigkeitsbericht der
Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.
für das 104. Geschäftsjahr 2024

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.
Siemensstraße 45, 63071 Offenbach am Main

Tel.: +49 (69) 97 58 61 -0, FAX: +49 (69) 97 58 61 -99, Mail: info@hvg-dgg.de
Website: www.hvg-dgg.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	7
Forschungsinstitut	9
Vorstand	9
Beirat	9
Verzeichnis der Mitgliedsfirmen und Mitgliedshütten der HVG	10
1. Interna	12
2. Sitzungen der Gremien der HVG	13
2.1 Mitgliederversammlung	13
2.2 Sitzungen des Vorstandes der HVG	14
2.3 Sitzung des Beirats der HVG.....	14
3. Veranstaltungen der HVG	15
3.1 HVG-Fortbildungskurs „Emissionen und Emissionsminderung“, 25./26. November 2024, Hanau	15
3.2 HVG-Seminare: Grundlagen der industriellen Glasherstellung.....	16
3.2.1 HVG-Seminar "Grundlagen der industriellen Glasherstellung" Teil 1: Schmelzen von Glas, 16.-17. April 2024	16
3.2.2 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 2: Formgebung von Glas, 14.-15. Mai 2024	17
3.2.3 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 3: Emissionsminderung, 16. Mai 2024.....	17
3.2.4 HVG-Seminar „Temperaturmessmethoden für die Glasherstellung“, 5.-7. November 2024.....	18
4. Veröffentlichungen und Vorträge	19
4.1 HVG-Mitteilungen	19
4.2 HVG-Newsletter	19
4.3 Publikationen der HVG	19
4.3.1 Bezugsquellen	19
4.3.2 Veröffentlichungen von HVG-Mitarbeiter:innen	19
4.4 Vorträge von HVG-Mitarbeiter:innen	20
4.5 Posterpräsentationen von HVG-Mitarbeitern	22
5. Glastechnologie	23
5.1 Forschung	23
5.1.1 Mit öffentlichen Mitteln geförderte Forschungsvorhaben.....	23
5.1.1.1 Glas-CO2 (BMBF 01LJ2005A) abgeschlossen:.....	23
5.1.1.2 MaxScherben (IGF)	25

5.1.1.3	Nachbruch	26
5.1.1.4	RelInvent (KlimPro Industrie, BMBF BMBF 01LJ2009A-F) Vernetzungs- und Transferprojekt	28
5.1.1.5	TranHyDe-Sys (Wasserstoffrepublik Deutschland, BMWK)	28
5.1.2	Forschungsplanung	29
5.1.2.1	Recycling des Glasanteils von End-of-Life Photovoltaik- Modulen (IGF)	29
5.1.2.2	EMI-H2	30
5.1.2.3	NH ₃ -Glas eingereicht im 2. Aufruf von KlimPro.....	31
5.1.2.4	neue Verbrennungstechnologie	32
5.1.3	Auftragsforschung	32
5.2	Mitarbeit in Gremien	32
5.3	Dienstleistungen	34
5.4	Gemeinnützige Tätigkeiten	34
6.	Emissionsmesstechnik.....	36
6.1	Untersuchungen im Auftrag.....	36
6.1.1	Akkreditierung / Notifizierung der Messstelle	36
6.1.2	Arbeitsbereiche der Messstelle.....	37
6.1.3	Messaktivitäten im Jahr 2024	37
6.1.3.1	Emissionsmessungen nach §28 BImSchG	37
6.1.3.2	Messungen im Rahmen der 44. BImSchV	38
6.1.3.3	Messungen auf Wunsch des Betreibers	39
6.1.3.4	Funktionsprüfungen inklusive Vergleichsmessungen (AST) und Kalibriermessungen (QAL2)	39
6.1.3.5	Anmerkungen zu Durchführung von Messungen.....	39
6.1.3.6	Gutachtliche Stellungnahmen	41
6.1.4	Qualitätssichernde Maßnahmen	41
6.1.5	Ausrichtung der Messstelle	43
6.2	Bewertung der Ergebnisse aus Emissionsmessungen	43
6.3	Emissionsminderung	44
6.3.1	Überblick	44
6.3.2	Saure Abgasbestandteile	44
6.3.3	NO _x	45
6.4	Beratungstätigkeit der Abteilung „Umweltschutz“	47
6.4.1	Novellierung der TA-Luft.....	47
6.4.2	Mitarbeit in Gremien	52

7. Verwaltung externer Forschungsvorhaben	53
7.1 Externe Forschungsvorhaben	53
7.1.1 Schmelzen von Braunglas in vollelektrischen Schmelzwannen Braunglas- VES (IGF) 53	

Vorwort

Das Jahr 2024 war weiterhin durch internationale Krisen und den damit verbundenen nationalen und insbesondere wirtschaftlichen Auswirkungen geprägt. Bei einer zunehmenden Zahl von Unternehmen gab es Reisebeschränkungen, was zu einer verminderten Teilnahme an einzelnen Präsenzveranstaltungen der HVG führte. Durch Online-Formate der HVG-Grundlagenkurse I-III und des HVG-Seminars war die Beteiligung an diesen Veranstaltungen auf einem stabilen Niveau. Die Teilnehmenden des HVG-Fortbildungskurses schätzen hingegen insbesondere die Diskussionen und das Netzwerken mit den Referenten und Referentinnen sowie anderen Teilnehmenden, so dass der Fortbildungskurs wie in den Vorjahren in Präsenz organisiert wurde.

Die 97. Glastechnische Tagung der DGG fand im Mai 2024 in Aachen statt und war mit 298 Teilnehmenden sehr gut besucht. Das Tagungsprogramm bot mit 115 Vorträgen, davon 12 Invited Speakers, und 30 Postern einen umfassenden Überblick zum Stand der Glasforschung und Glastechnologie.

Die Vorstandssitzungen fanden wie in den Vorjahren in einem hybriden Format statt. Die Gemeinsame Sitzung des HVG-Beirats und des DGG-Vorstandsrats fand am 18.04.2024 online statt. Eine weitere Sitzung des HVG-Berats wurde in Präsenz am 20.11.2024 in der Geschäftsstelle der HVG-DGG durchgeführt, da einige HVG-Beiratsmitglieder sich noch nicht persönlich kennengelernt hatten. Hauptthema war die zukünftige Ausrichtung der Forschungsaktivitäten der HVG.

Die HVG-Grundlagenseminare sowie das HVG-Seminar „Temperturmessmethoden für die Glasherstellung“ fanden online statt. Der HVG-Fortbildungskurs mit dem Thema „Emissionen und Emissionsminderung“ wurde in Präsenz in Hanau durchgeführt. Die Möglichkeiten zu Diskussionen mit der Referentin und den Referenten sowie zum Austausch zwischen den Teilnehmenden wurden sehr gut genutzt und begrüßt.

Wirtschaftliche Lage der Glasindustrie

Im Jahr 2024 ist die Nachfrage in allen Segmenten der Glasindustrie gesunken, was bei einigen Herstellern zur Stilllegung von Produktionskapazitäten führte. Auch für das Jahr 2025 gehen die Glasherstellenden Unternehmen nicht von einer Belebung der Nachfrage aus.

Entwicklungen bei der HVG

Aufgrund der stabilen wirtschaftlichen Entwicklung im Jahr 2023 und der Gewinnung der Wiegand-Glashüttenwerke GmbH zum 01.01.2024 als neues Ordentliches Mitglied, sind die Mitgliedsbeiträge im Jahr 2024 gegenüber dem Vorjahr um ca. 7% gestiegen.

Im Jahr 2025 wird weiterhin die Neu-Mitgliedergewinnung und möglichst auch die Rückgewinnung ehemaliger Mitglieder ein Ziel sein. Aufgrund des Austritts der Glashütte Freital GmbH und der Lühr Filter GmbH werden die Mitgliedsbeiträge jedoch zunächst sinken.

Die Erträge aus öffentlich geförderten Forschungsvorhaben in der Abteilung „**Glas-technologie**“ sind gegenüber dem Vorjahr deutlich zurückgegangen. Es wurden 5 Projekte bearbeitet, von denen eines zum Projektabschluss kam. Anträge und Skizzen für 3 neue Projekte befinden sich in Vorbereitung oder sind bereits positiv begutachtet. Für eine weitere Projektidee wurde mit der Zusammenstellung des Projektkonsortiums begonnen. Aufgrund der politischen Situation (vorläufige Haushaltsführung) werden bis zur Verabschiedung eines Bundeshaushalts für 2025 keine Bewilligungsbescheide für neue Projekte erteilt werden. Dies wird zu erheblichen Verzögerungen der Projektstarts um mindestens 6 Monaten führen. Eventuell können Projekte aus technischen Gründen trotz positiver Begutachtung nicht durchgeführt werden.

Die Auftragslage für die **Akkreditierte Messstelle** war auf einem guten Niveau. Zum Vorjahr wurde eine Steigerung der Erträge um ca. 8 % erreicht.

Es gibt vermehrt Anfragen von Unternehmen außerhalb der Glasindustrie. Außerdem sind zunehmend Nebenaggregate (Notstromaggregate, Ausbrennöfen) überwachungspflichtig, so dass in den kommenden Jahren gute Chancen für eine Ausweitung des wirtschaftlichen Geschäftsbetriebs bestehen. Aus diesem Grund wurde ein neues Fahrzeug beschafft, um zukünftig parallel 2 Messaufträge bearbeiten zu können und die Flexibilität bei der Terminvereinbarung zu erhöhen.

Die 2. Revision des GlassBREF wurde verschoben und wird jetzt für Anfang 2027 erwartet. Voraussichtlich im Jahr 2026 sollen Workshops zur vorbereitenden Datenerhebung durchgeführt werden. Die HVG wird

das Ziel verfolgen, im Rahmen der an der Revision beteiligten nationalen erweiterten Expertengruppe ihre umwelttechnische Expertise einzubringen.

Die HVG dankt allen Mitgliedsfirmen und Projektpartnern für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit im Berichtszeitraum 2023/4. Wir freuen uns auf die Fortsetzung der laufenden und den Start von neuen Forschungsvorhaben sowie auf die Zusammenarbeit im Rahmen der Emissionsüberwachung.

Offenbach am Main, im April 2025

Thomas Jüngling

Forschungsinstitut

63071 Offenbach am Main
Siemensstraße 45
Telefon: +49 (69) 97 58 61 – 0
Telefax: +49 (69) 97 58 61 – 99
E-Mail: hvg@hvg-dgg.de
Internet: www.hvg-dgg.de

Geschäftsführer:

Dr.-Ing. Thomas JÜNGLING

Technische Mitarbeiter:innen:

Dipl.-Ing. Petra BOEHM
Dr. rer. nat. Ferdinand DRÜNERT
Dipl.-Ing. Bernhard FLEISCHMANN
Dipl.-Ing. (FH) Karlheinz GITZHOFFER
Dr. phil. nat. Henrik GUSTMANN
Dipl.-Ing. (FH) Thomas KRÖBER
Dipl.-Math. Nils-Holger LÖBER
Tomislav LONCAREVIC
Dr. rer. nat. Diana LUDGEN
Dipl.-Ing. (FH) Uwe PETERMANN
Chemielaborantin Martin QAZI
Dipl.-Ing. (FH) Frank RÜHL
B.Eng. Ahmad SABSABI
Chemielaborantin Dilek SAHIN-SARIBAS
Dipl.-Ing. Dominic WALTER

Vorstand

Vorsitzender:

Dr.-Ing. Heinz KAISER
Schott AG, Mainz

Schatzmeister:

Dipl.-Ing. Gerd BUCHMAYER
Vetropack Austria GmbH, Pöchlarn

Vorstandsmitglieder:

Dipl.-Ing. Markus BEUTINGER
Verallia Deutschland AG, Bad Wurzach
Dipl.-Ing. Christoph CLAESGES
Pilkington Deutschland AG, Gladbeck
Dipl.-Ing. Andreas KOHL
Gerresheimer Moulded Glass GmbH, Lohr
Dipl.-Ing. Oliver WIEGAND
Wiegand-Glashüttenwerke GmbH

Beirat

Dr.-Ing. Thomas BEWER, Steinhausen, CH
Dipl.-Ing. Michael HAHN, Mainz
Dr.-Ing. Ralph JESCHKE, Nienburg
Dr. Joachim KÜSTER, Mainz
Dipl.-Ing. Frank LÜBBERING, Bad Münden
Dr. Christian PÜTTMANN, Gladbeck
Dipl.-Phys. Stefan ROSNER, Mitterteich
Dipl.-Ing. Stefan SCHMITT, Mainz
Dipl.-Ing. Dirk SCHNURPFEIL, Lohr
Dr. Guido STEBNER, Bülach, CH
Dr. Thomas STRUPPERT, Steinbach am Wald

Verzeichnis der Mitgliedsfirmen und Mitgliedshütten der HVG

(Stand: 31. März 2025)

a) Stammwerke

- Ardagh Glass GmbH, Nienburg
- BASF Personal Care and Nutrition GmbH, Düsseldorf
- Borax Europe Limited, London*
- Bucher Emhart Glass SA, Steinhausen*
- Docter Optics Components GmbH, Neustadt
- DURAN Produktions GmbH & Co. KG, Mainz
- Füller Glastechnologie Vertriebs-GmbH, Spiegelau
- GEA Bischoff GmbH, Essen*
- Gerresheimer AG, Düsseldorf
- Glasfabrik Lamberts GmbH & Co. KG, Wunsiedel
- Glashütte Limburg Gantenbrink GmbH & Co. KG, Limburg
- GMB Glasmanufaktur Brandenburg GmbH, Tschernitz
- Horn Glass Industries AG, Plößberg*
- Nikolaus Sorg GmbH & Co. KG, Lohr*
- P-D Refractories GmbH, Niederlassung Dr. C. Otto, Bochum*
- Pilkington Deutschland AG, Gelsenkirchen
- Poraver GmbH, Schlüsselfeld*
- Retorte GmbH Selenium Chemicals & Metals, Röthenbach*
- Ritzenhoff AG, Marsberg
- SCHOTT AG, Mainz
- Sibelco Deutschland GmbH, Brake*
- Solvay Chemicals GmbH, Rheinberg*
- Spezialglashütte Kugler Colors GmbH, Kaufbeuren

- Stölzle-Oberglas GmbH, Köflach
- Technologie-Anwender-Zentrum Spiegelau, Spiegelau
- Verallia Deutschland AG, Werk Bad Wurzach, Bad Wurzach
- Vetropack Holding AG, Bülach
- Weck glass and packaging GmbH, Bonn
- Wiegand Glashüttenwerke GmbH, Steinbach am Wald (seit 01.01.2024)
- Wöllner GmbH, Ludwigshafen
- Zippe Industrieanlagen GmbH, Wertheim*

* assoziierte Mitglieder

b) Zweigwerke und Tochterunternehmen

- Ardagh Glass GmbH, Obernkirchen
- Ardagh Glass GmbH, Werk Bad Münder, Bad Münder
- Ardagh Glass GmbH, Werk Drebkau, Drebkau
- Ardagh Glass GmbH, Werk Germersheim, Germersheim
- Ardagh Glass GmbH, Werk Lünen, Lünen
- Ardagh Glass GmbH, Werk Neuenhagen, Neuenhagen
- Ardagh Glass GmbH, Werk Wahlstedt, Wahlstedt
- Bauglasindustrie GmbH, Schmelz
- EME GmbH, Erkelenz*
- Gerresheimer Essen GmbH, Essen
- Gerresheimer Lohr GmbH, Lohr
- Gerresheimer Tettau GmbH, Tettau

-
- Heye International GmbH, Obernkirchen
 - Horn Bau und Service GmbH, Plößberg*
 - P-D Industriegesellschaft mbH – Feuerfestwerke Wetro, Puschwitz*
 - Pilkington Automotive Deutschland GmbH, Witten
 - Pilkington Deutschland AG, Werk Gladbeck, Gladbeck
 - Pilkington Deutschland AG, Werk Weiherhammer, Weiherhammer
 - SCHOTT AG, Standort Grünenplan, Grünenplan
 - SCHOTT AG, Standort Mitterteich, Mitterteich
 - SCHOTT Technical Glass Solutions GmbH, Jena
 - UniMould GmbH, Obernkirchen
 - Verallia Deutschland AG, Werk Essen, Essen
 - Verallia Deutschland AG, Werk Neuburg, Neuburg
 - Verallia Deutschland AG, Werk Wirges, Wirges
 - Vetropack Austria GmbH, Werk Kremsmünster, Kremsmünster, A
 - Vetropack Austria GmbH, Werk Pöchlarn, Pöchlarn, A
 - Wiegand Glashüttenwerke GmbH, Standort Großbreitenbach
 - Wiegand Glashüttenwerke GmbH, Standort Lauscha
 - Wiegand Glashüttenwerke GmbH, Standort Schleusingen

1. Interna

Mitglieder

Am 31. März 2025 gehören der HVG 20 Glas-herstellende Mitgliedsfirmen mit 27 angeschlossenen Zweigwerken und Tochterunternehmen sowie 11 assoziierte Mitgliedsfirmen mit 3 angeschlossenen Zweigwerken an.

Die Mitgliedschaften der Glashütte Freital GmbH sowie der LÜHR FILTER GmbH endeten am 31.12.2024.

Vorstand

Im Rahmen der 94. Mitgliederversammlung, die am 27.05.2024 in Aachen stattfand, wurde Herr Andreas Kohl für eine weitere Amtszeit als HVG-Vorstand gewählt.

Herr Oliver Wiegand wurde neu in den HVG-Vorstand gewählt.

Beirat

Im Rahmen der 94. Mitgliederversammlung, die am 27.05.2024 in Aachen stattfand, wurden Herr Dr. Thomas Bewer, Herr Frank Lübbering und Herr Stefan Schmitt für jeweils eine weitere Amtszeit zum HVG-Beirat gewählt.

Herr Dr. Thomas Struppert wurde neu in den HVG-Vorstandsrat gewählt.

Personelle Veränderungen

Im Jahr 2024 gab es keine personellen Veränderungen bei der HVG.

2. Sitzungen der Gremien der HVG

2.1 Mitgliederversammlung

Die 94. ordentliche Mitgliederversammlung der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie fand am 27. Mai 2024 im Rahmen der 97. Glastechnischen Tagung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft in Aachen statt und wurde von Herrn Dr. Heinz Kaiser, HVG-Vorstandsvorsitzender, geleitet.

Im ersten Tagesordnungspunkt begrüßte Herr Dr. Kaiser die Anwesenden, stellte die ordnungsgemäße Einberufung und Beschlussfähigkeit fest, und wies auf den kartellrechtlichen Leitfaden der HVG-DGG hin. Die Tagesordnung wurde von der Mitgliederversammlung bestätigt. Anschließend informierte der Geschäftsführer der HVG, Dr. Jüngling, über den Tätigkeitsbericht 2023, der seit April 2024 über die HVG/DGG-Webseite eingesehen werden kann. Der Link lautet: <https://www.hvg-dgg.de/de/hvg-dgg/taetigkeitsberichte>.

Nachdem der Jahresabschluss 2023 besprochen war, beantragte Herr Dr. Kilo die Entlastung des Vorstands und der Geschäftsführung. Diese wurde einstimmig ohne Gegenstimmen und Enthaltungen erteilt. Im Anschluss erläuterte Herr Dr. Jüngling die aktuelle Hochrechnung für das Geschäftsjahr 2024. Danach wurde die Planung für das Jahr 2025 vorgestellt.

Herr Schnurpfeil merkte an, dass andere Organisationen im Forschungsbereich Projekte vorschlagen bzw. ausschreiben. Dies sei eine Möglichkeit, direkt F&E-Finanzierung aus der Industrie zu erhalten.

Die Mitgliederversammlung hatte darüber hinaus keine ergänzenden Fragen oder Anmerkungen.

Im nächsten Tagesordnungspunkt schlug der Vorstand vor, die Berechnung des Mitgliedsbeitrages 2025 für Ordentliche Mitglieder konstant zu halten. Die Mitgliederversammlung beschloss dies einstimmig. Ebenso wurde einstimmig beschlossen, den Mitgliedsbeitrag für Assoziierte Mitglieder im Jahr 2025 konstant zu halten.

Im nächsten Tagesordnungspunkt wurden vorgeschlagene Satzungsänderungen erläutert und anschließend beschlossen:

- § 2 (Satzungszweck): Da die Zeitschrift „GLASS SCIENCE AND TECHNOLOGY“ nicht mehr existiert, wurde diese im Satzungstext durch das neue Online-Journal „GLASS EUROPE“ ersetzt.
- § 9 (Vorstand): Die maximale Zahl für die Vorstandsmitglieder wurde von 6 auf 7 erhöht.
- § 12: Ein neuer Paragraph wurde eingefügt, der die Beschlussfassung im Vorstand regelt. Der Vorstand fasst Beschlüsse mit einfacher Mehrheit. Bei gleicher Anzahl von „JA“- und „Nein“-Stimmen entscheidet die Stimme des Vorsitzenden.
- Außerdem wurde die Präambel angepasst und die Nummerierung der § 12 bis § 16 aufgrund des Einschubs eines neuen Paragraphen 12 um jeweils 1 erhöht.

Die Änderung des § 9 wurde mehrheitlich beschlossen, alle anderen Änderungen wurden einstimmig beschlossen.

Nächster Tagesordnungspunkt waren die Wahlen zum HVG-Vorstand:

- Die Amtszeit von Herrn Andreas Kohl war abgelaufen und er stellte sich in Abwesenheit zur Wiederwahl. Herr Kohl wurde von der Mitgliederversammlung mehrheitlich für eine weitere Amtszeit als HVG-Vorstand bestätigt. Er nahm die Wahl im Nachgang an.
- Herr Oliver Wiegand kandidierte neu für einen Sitz im Vorstand und wurde mehrheitlich mit einer Enthaltung zum HVG-Vorstand gewählt. Er nahm die Wahl an und bedankte sich für das Vertrauen. Herr Dr. Kaiser brachte seine Freude über die zukünftige Zusammenarbeit mit

Es folgten die Wahlen zum HVG-Beirat:

- Die Amtszeiten von Herrn Dr. Thomas Bewer, Herrn Frank Lübbering und Herrn Stefan Schmitt waren abgelaufen und die 3 Vorstandsrate stellten sich zur Wiederwahl. Die Mitgliederversammlung wählten Herrn Dr. Bewer und Herrn Lübbering einstimmig und Herrn Schmitt mit großer Mehrheit und einer Enthaltung für jeweils eine weitere Amtszeit als HVG-Beirat. Alle Gewählten nahmen die Wahl an.

Zum Ende der Mitgliederversammlung wies Dr. Jüngling auf die nächste ordentliche HVG-Mitgliederversammlung hin, die im Rahmen der 98. Glastechnischen Tagung am 26. Mai 2025 in Goslar stattfinden wird.

2.2 Sitzungen des Vorstandes der HVG

Die Vorstände von HVG und DGG traten am 15. Mai und am 6. Dezember 2024 zusammen. Die Sitzungen wurden im hybriden Format online und in der Geschäftsstelle in Offenbach am Main durchgeführt.

2.3 Sitzung des Beirats der HVG

Am 18. April 2024 fand eine gemeinsame Sitzung des HVG-Beirates und des DGG-Vorstandsrates online in einem Teams-Meeting statt. Der Status aller laufenden und geplanten Forschungsvorhaben wurde vorgestellt und diskutiert.

Die zukünftigen Themen für HVG-Fortbildungskurse wurden diskutiert. Das Thema für 2024 war bereits festgelegt („Emissionen und Emissionsminderung“). Für das Thema im Jahr 2025 wurde um Vorschläge gebeten. Die Themen aller HVG-Fortbildungskurse seit 1957 sind auf der Website der HVG-DGG einsehbar.

3. Veranstaltungen der HVG

3.1 HVG-Fortbildungskurs „Emissionen und Emissionsminderung“, 25./26. November 2024, Hanau

Der HVG-Fortbildungskurs „Emissionen und Emissionsminderung“ gab einen umfassenden Überblick zum Stand der Technik und der Zeitschiene für die 2. Überarbeitung des GlassBREF. Die Referierenden und die Teilnehmenden haben die Gelegenheit für intensive Diskussionen und einen fruchtbaren Austausch genutzt.

Die Emissionen von Glasschmelzanlagen werden hauptsächlich durch Freisetzung von Rohstoffbestandteilen, die Brennstoffe zur Wannenbeheizung und die Verbrennungsbedingungen beeinflusst. Glasschmelzwannenöfen sind mit nachgeschalteten Abgasreinigungsanlagen ausgerüstet und werden regelmäßig durch Emissionsmessungen nach § 28 BImSchG oder durch kontinuierliche Messeinrichtungen überwacht.

Im Hinblick auf den Klimaschutz durch Vermeidung von CO₂-Emissionen werden alternative Konzepte mit elektrischer oder hybrider Beheizung entwickelt und eingesetzt, wodurch sich die Emissionen signifikant ändern.

Die Referierenden gaben einen Überblick über den rechtlichen Hintergrund und die zu erwartenden gesetzlichen Regelungen im Zuge der IED-Verordnung, erläuterten die theoretischen Grundlagen der Emissionsentstehung sowie -minderung und stellten den aktuellen Stand der Technik anhand von Praxisbeispielen vor.

Folgende Vorträge wurden gehalten:

Henrik Gustmann, HVG, Offenbach am Main

Primäre Emissionsminderungsmaßnahmen in der Glasindustrie

- Rohstoffeinfluss und Betriebsweise von Glasschmelzwannen
- Emissionskomponenten und Rohgas-situation

Sandra Leuthold, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

IED 2.0 und die Glass-BREF-Revision

- Auswirkungen der IED 2.0 auf BREF-Revisionen
- Potenzieller Ablauf der Glass-BREF-Revision
- Themen für die Glass-BREF-Revision und mögliche Schlussfolgerungen

Volker Scharnagl, F.I.C. Germany GmbH, Weiden/Opf.

Entstehung und Regelung von Emissionen durch Primärmaßnahmen mit MPC (Model Predictive Control)

- Einführung in Modell Predictive Control (MPC)
- Entstehung von Emissionen, primäre Gegenmaßnahmen und Regelungskonzepte
- Praktische Anwendungsbeispiele

Andreas Birle, Flammatec Germany GmbH, Cottbus

Emissionsminderung durch Brennertechnologie

- Stand der Technik und neue Entwicklungen bei der Brennertechnologie

Thomas Binniger, CTP Chemisch Technische Prozesstechnik GmbH, Graz, Austria

Anlagen für die Minderung von organischen Emissionen

- Verfahren und Apparate für die Reinigung von VOC/TOC und D/F...
- Ausführung eines Fallbeispiels

Ulrich Schwarz, GEA Bischoff GmbH, Frankfurt am Main

Dekarbonisierung in der Glasindustrie – Stand & Aussichten

- Energieeinsparung und Abwärmenutzung
- Substitution von Erdgas als Energieträger
- Abgasreinigung, z.B. mittels Aminwäsche

Matthias Hagen, Dürr Systems AG, Goldkronach

Abgasreinigung von Glaswannen

- Stand der Technik
- Entwicklungen und Trends
- Beispiele
- Herausforderungen für Glashersteller

3.2 HVG-Seminare: Grundlagen der industriellen Glasherstellung

Das Grundlagen-Seminar der HVG bietet einen Überblick der Verfahren und Technologien, die in der modernen Glasproduktion eingesetzt werden.

Produkte aus Glas findet man in weiten Bereichen des täglichen Lebens, sei es im Automobilbau, in der Architektur, in der Elektroindustrie oder bei der Lebensmittelverpackung. Entsprechend der Vielfalt der Einsatzaufgaben und Glaskompositionen variieren auch die Schmelz- und Formgebungsverfahren.

Die Ingenieur:innen der HVG beschäftigen sich seit vielen Jahren mit ihren jeweiligen

Fachgebieten. Das dabei erworbene Wissen kann für viele Anwender in der Glasindustrie nützlich sein. Insbesondere kann die Ausbildung der Ingenieur:innen in der Glasindustrie nicht auf alle Detail-Bereiche eingehen, so dass die Glasindustrie auf ein entsprechendes Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen angewiesen ist. Die HVG bietet das Grundlagenseminar in 3 Teilen thematisch gegliedert an. Alle Seminare fanden 2024 als Online-Seminare statt.

Es richtet sich an alle Mitarbeiter:innen der Glasindustrie, Zulieferfirmen und weiterverarbeitenden Betriebe, insbesondere auch an solche ohne fachspezifische Ausbildung, an Behördenvertreter:innen, aber auch an Studierende von Fachhochschulen und Universitäten, die eine konzentrierte Einführung in den Glasherstellungsprozess erwarten.

3.2.1 HVG-Seminar "Grundlagen der industriellen Glasherstellung" Teil 1: Schmelzen von Glas, 16.-17. April 2024

Dieser Seminarteil gibt einen grundlegenden Einblick in den Schmelzvorgang (Rohstoffe, Schmelze und Läuterung) sowie die Schmelzanlagen und ihrem Energieverbrauch.

Folgende Themen wurden behandelt:

Einführung

- Grundlegende chemische und physikalische Eigenschaften und Anwendungen von Gläsern und Glasschmelzen, typische Zusammensetzungen

Glasschmelzaggregate, und Energiekennzahlen

- Vorstellung unterschiedlicher Glasschmelzaggregate
- Energieverbrauch, Energiekennzahlen

Vorgänge beim Schmelzen von Glas

- Gemengereaktion, Schmelzvorgang
- Läuterung
- Grundlagen der Redox Kennzahlen

Als Referent:innen standen Dipl.-Ing. Dominic Walter, Dipl.-Ing. Bernhard Fleischmann, Dipl.-Ing. Petra Boehm und Dr. rer. nat. Ferdinand Drünert zur Verfügung, die sich bei der HVG seit vielen Jahren im Rahmen von Forschungsvorhaben und Dienstleistungen mit Fragestellungen der industriellen Glasherstellung befassen.

Am Seminar nahmen 10 Teilnehmer:innen aus der Industrie und der HVG teil.

3.2.2 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 2: Formgebung von Glas, 14.-15. Mai 2024

Dieser Seminarteil gibt einen grundlegenden Überblick über die wichtigsten Formgebungsverfahren. Dabei soll auch ein Einblick in die Themenbereiche Homogenisierung der Schmelze und Tempern der Glasprodukte gegeben werden.

Das Grundlagen-Seminar ist eine Zusammenstellung der Verfahren und Technologien, die in der modernen Glasproduktion eingesetzt werden.

Das Seminar richtet sich an dieselben Interessensgruppen wie der Teil 1.

Folgende Themen wurden behandelt:

Einführung

- Viskosität und effektive Wärmeleitfähigkeit

Konditionierung

- Thermische Homogenisierung
- Tempern von Glas

Formgebung von Glas

Formgebungsverfahren für

- Behälterglas
- Wirtschaftsglas
- Rohrglas
- Faserglas
- Flachglas

Die Vorträge der einzelnen Themenbereiche beinhalteten auch Hinweise zu Maßnahmen der Qualitätsprüfung, -kontrolle und -sicherung. Glasfehler bei der Formgebung von Glas wurden an gegebener Stelle behandelt.

Als Referent:innen standen Dipl.-Ing. Bernhard Fleischmann und Dipl.-Ing. Petra Boehm zur Verfügung, die sich bei der HVG seit vielen Jahren im Rahmen von Forschungsvorhaben und Dienstleistungen mit Fragestellungen der industriellen Glasherstellung befassen. Zusätzlich konnte Dipl.-Ing. Gesine Bergmann vom VDMA als Referentin gewonnen werden.

Am Seminar nahmen 12 Teilnehmer:innen aus der Industrie und der HVG teil.

3.2.3 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 3: Emissionsminderung, 16. Mai 2024

Dieser Seminarteil gibt einen grundlegenden Überblick über luftverunreinigende Emissionen bei der Glasherstellung, zeigt

Minderungstechnologien auf, erläutert die Emissionsmesstechnik, skizziert die erforderlichen Laboranalysen und widmet sich der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Überwachung der Emissionen.

Das Seminar richtet sich an dieselben Interessensgruppen wie die Teile 1 und 2.

Als Referenten standen z.T. langjährige Mitarbeiter der Messstelle der HVG zur Verfügung. Es handelt sich um die Herren Dipl.-Ing. Karlheinz Gitzhofer, Dr. Henrik Gustmann und Dipl.-Ing. Frank Rühl.

Folgende Themen wurden behandelt:

Emissionen von Glasschmelzöfen

Primäre und sekundäre Minderungsmöglichkeiten

Emissionsüberwachung

- Regelwerke
(z.B. TA Luft / 44. BImSchV)
- Wiederkehrende Emissionsmessungen
(z.B. Messungen nach §28 BImSchG)
- Kontinuierliche Emissionsüberwachung
(Qualitätssicherungsstufen nach VDI 3950:2018 bzw. DIN EN 14181:2015 – Zertifizierung (QAL1) / Funktionsprüfungen (AST) / Kalibriermessungen (QAL2) / Betreiberpflichten (QAL3))

Am Seminar nahmen 7 Teilnehmer:innen aus der Industrie und der HVG teil.

3.2.4 HVG-Seminar „Temperaturmessmethoden für die Glasherstellung“, 5.-7. November 2024

Die am häufigsten eingesetzte Messtechnik im Prozess der Glasherstellung ist die Temperaturmessung. Dabei kommen vor allem Berührungsthermometer und optische Messsysteme zum Einsatz.

Das Vertiefungsseminar „Temperaturmessmethoden“ soll helfen, die Messung von Temperaturen für die entsprechenden Anwendungsbereiche besser zu verstehen, Fehler in der Durchführung zu erkennen und das Messergebnis zu bewerten.

Referent war Dipl.-Ing. Bernhard Fleischmann, der sich bei der HVG seit vielen Jahren mit Messungen von Temperaturen bei den verschiedensten Prozessschritten mit unterschiedlichsten Messmethoden während der Glasproduktion befasst.

Folgende Themen wurden behandelt:

Thermodynamische Grundlagen

- Temperaturskalen
- Temperatursensor Mensch
- Definitionen

Temperaturmessverfahren

- berührende Messmethoden
- Widerstandsthermometer
- Thermopaare
- optische Messmethoden
- Pyrometer
- IR-Kamera

Praxis der Temperaturmessung

- bei der Glasschmelze
- bei der Formgebung
- typische Fehler bei der Temperaturmessung
- Berührungsthermometer
- optische Messung

- Alterung
- Kalibrierung, Überwachung der Messeinheiten

Am Seminar nahmen 6 Teilnehmer:innen aus der Industrie sowie weitere Zuhörer aus der HVG teil.

4. Veröffentlichungen und Vorträge

4.1 HVG-Mitteilungen

Seit 2013 werden die HVG-Mitteilungen innerhalb des HVG-Newsletters veröffentlicht. Sie können auch als Download über die Webseite der HVG abgerufen werden.

Im Berichtsjahr 2024 erschien eine HVG-Mitteilung:

Ferdinand Drünert, Bernhard Fleischmann,
HVG, Offenbach am Main
Francisco Moser, Simon Maier, Ralph-Uwe
Dietrich, DLR, Stuttgart

HVG Mitteilung Nr. 2176: Kohlenstoffkreisläufe für die CO₂-neutrale Glasproduktion
Teil 1: Ergebnisse zur technischen Umsetzung aus dem Projekt Glas-CO₂.

4.2 HVG-Newsletter

Der HVG-Newsletter ist 2024 drei Mal erschienen. Er berichtet über Aktivitäten der HVG und DGG und stellt so ein Bindeglied zwischen den Glastechnologen vor Ort und den auf dem Server der HVG zum Download bereitstehenden Informationen dar. Der kostenlose Newsletter kann nach einer einmaligen Anmeldung erhalten werden und wird nicht automatisch zugesandt. Nähere Informationen sind auf der Einstiegsseite unserer Homepage www.hvg-dgg.de zu finden oder über Herrn Löber loeber@hvg-dgg.de zu erhalten.

4.3 Publikationen der HVG

4.3.1 Bezugsquellen

HVG-Publikationen können zum Teil über den Buchhandel, immer bei der Geschäftsstelle der HVG-DGG (E-Mail: info@hvg-dgg.de) oder online unter <https://www.hvg-dgg.de/de/wissensressourcen/publikationen/fachbuecher#c1144> bestellt werden. Eine Liste aller Publikationen der HVG ist unter <https://www.hvg-dgg.de/de/wissensressourcen/publikationen> zusammengestellt.

4.3.2 Veröffentlichungen von HVG-Mitarbeiter:innen

Der Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Glas-CO₂ liegt vor:

Bis zum Jahr 2045 soll eine Umstellung auf eine Produktion ohne Treibhausgasemissionen erfolgen. Dies betrifft auch die energieintensive Glasindustrie. Hier entstehen neben den wärmebedingten Emissionen zusätzlich CO₂-Emissionen aus Zersetzungsprozessen der eingesetzten Rohstoffe. Während für die Bereitstellung einer CO₂-neutralen Prozesswärme Konzepte existieren bzw. sich in industrieller Erprobung befinden, ist jedoch für die Behandlung der rohstoffbedingten Emissionen noch kein zufriedenstellendes Konzept verfügbar. Diese Lücke soll mit dem Projekt Glas-CO₂ geschlossen werden.

Kernkonzept des Projekts ist die Umwandlung des CO₂ aus dem Abgas der Glasproduktion in einen synthetischen Brennstoff unter Verwendung von on-site hergestelltem, grünem Wasserstoff. Dadurch wird die Glasproduktionen mit Carbon Capture

Ansätzen und Power-to-X Technologien verknüpft und der Kohlenstoff in einen Kreislauf gehalten. Durch den Einsatz von Carbonaten im Gemenge der Glasproduktion entsteht im Kreislauf naturgemäß ein Überschuss an Brennstoff, der aufgrund der fossilen Natur der Carbonate nicht als erneuerbar eingeordnet werden kann. Allerdings sind die direkten Emissionen verhindert und es entsteht ein marktfähiger Stoff, welcher in anderen Prozessen noch Einsatz finden kann. Weiterhin ist der Kreislaufprozess lediglich von elektrischem Strom als Energieträger abhängig, sodass das Konzept auch für Standorte abseits der Zugänge eines Pipelinesystems für Wasserstoff umsetzbar ist. Durch den modularen Aufbau des Kreislaufs können Abgasreinigung, Brennstoffsynthese und Wasserstoffsynthese voneinander entkoppelt und an externe Dienstleister ausgelagert werden. Zusätzlich entstehen durch ein übergreifendes Wärmenutzungsprozess Synergieeffekte zur Steigerung der Gesamteffizienz.

Die Prozesskette für einen derartigen Kreislauf wurde daher in diesem Projekt aus technologischen und ökonomischen Gesichtspunkten untersucht und ausgewertet. Hierbei kamen nur Technologien mit einem hohen Reifegrad (8 oder 9) in Betracht. Wir konnten zeigen, dass die Brennstoffsynthese aus dem Abgas der Glasproduktion aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten erst bei hohen CO₂ Zertifikatskosten (>1000 € t_{CO₂}) bzw. sehr niedrigen Stromkosten wirtschaftlich wird. Dennoch haben wir mit dem vorgeschlagenen Kreislaufprozess erstmals einen Weg beschrieben, durch den mit heute verfügbaren Technologien eine emissionsfreie Glasproduktion möglich ist.

Laufzeit: 01.04.2021 – 31.03.2024

Drünert, Ferdinand; Rahmat, Yoga; Weyand, Julia; Moser, Francisco; Dietrich, Ralph-Uwe; Fleischmann, Bernhard: Kreislaufführung des Kohlendioxids aus dem Glasschmelzprozess zur Herstellung synthetischer Brennstoffe (Glas-CO₂), (KlimPro-Industrie 01LJ2005(A+B)), 2024.

4.4 Vorträge von HVG-Mitarbeiter:innen

Drünert, F.: Glass Recycling und Carbon Neutrality. Gastdozent in der Vorlesungsreihe „Glastechnologie“ im Studiengang Materialwissenschaften der FSU Jena, 31.01.2024

Fleischmann, Bernhard: Feuerfest und Wasserstoff. 05. März 2024, Fachausschuss 2 der DGG, Bayreuth.

Fleischmann, Bernhard: Verhalten von Elektrodenmaterialien im Glasschmelzkontakt. 05. März 2024, Fachausschuss 2 der DGG, Bayreuth.

Walter, Dominic: Diskussionsbeitrag zu Carbon Capture – CCS und CCU. 05. März 2024, Fachausschuss 2 der DGG, Bayreuth.

Boehm, Petra: Erste Schmelzversuche mit PV-Recycling-Komponenten. 06. März 2024, Fachausschuss 3 der DGG, Bayreuth.

Walter, Dominic: Einführung in die industriell Glasherstellung. 16. April 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze., (Online)

Fleischmann, Bernhard: Refraktärwerkstoffe, Glasschmelzaggregate, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen. 16. April 2024.

HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze, (Online)

Boehm, Petra: Rohstoffe zur Glasherstellung. 17. April 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze, (Online),

Walter, Dominic: Schmelze von Glas. 17. April 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze: (Online)

Drünert, Ferdinand: Läuterung und Farbe. 17. April 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze, (Online)

Walter, Dominic: The influence of hydrogen (Co-)firing on the process of melting glass. Technical committee TC13 of the International Commission on Glass. Online, 19.04.2024.

Fleischmann, Bernhard: Wichtige physikalische Eigenschaften bei der Glasherstellung; Thermische Homogenisierung; Kühlen. 13. Mai 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 2: Formgebung, (Online)

Boehm, Petra: Flachglasherstellung. 15. Mai 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 2: Formgebung (Online).

Gitzhofer, Karlheinz: Emissionen von Glasmelzöfen. 16. Mai 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online).

Gustmann, Henrik: Primäre und sekundäre Minderungsmöglichkeiten. 16. Mai 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen

Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online).

Gustmann, Henrik: Emissionsüberwachung. 16. Mai 2024. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online).

Drünert, F. et al.: Carbon capture and utilization: The price of CO₂-neutral glass production. 98. Glastechnische Tagung der DGG in Aachen, 27. – 29. 05. 2024.

Walter, Dominic.: The influence of hydrogen (co-)firing on the physical and chemical properties of different glasses – Results originating from the Projekts HyGlass and H₂-Glas (IGF 21745 N). 98. Glastechnische Tagung der DGG in Aachen, 27. – 29. 05. 2024.

Fleischmann, Bernhard: Aktuelle Forschungsprojekte in der Glasindustrie. BV Glas Workshop CCUS am 01. Juni 2024.

Fleischmann, Bernhard: Energieeinsatz bei der (klimaneutralen) Glasherstellung. Teil 1 am 27. Juni 2024 und Teil 2 am 04. Juli 2024. Gastdozent in der Ringvorlesung „Energieintensive Industrien im Wandel“ an der Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik und Energiesysteme.

Drünert, F. et al.: Carbon capture and utilization cycles for a CO₂-neutral glass production. Glasstec2024, Düsseldorf, 22. – 25. 10. 2024

Fleischmann, Bernhard: Temperaturmessmethoden für die Glasherstellung - Thermodynamische Grundlagen, Temperaturmessverfahren und Praxis der Temperaturmessung. HVG-Vertiefungs-Seminar, vom 05. bis 07. November 2024

Drünert, F. et al.: Glas-CO₂. 2. KlimPro Statuskonferenz, Dortmund, 12. – 13. 11. 2024

Drünert, F.: Glass Recycling und Carbon Neutrality. Gastdozent in der Vorlesungsreihe „Glastechnologie“ im Studiengang Materialwissenschaften der FSU Jena, 19.12.2024

Drünert, Ferdinand: Carbon Capture and Utilization technologies for a CO₂- neutral glass production via synthetic fuel synthesis. 2. KlimPro Statuskonferenz, Dortmund, 12. – 13. 11. 2024.

4.5 Posterpräsentationen von HVG-Mitarbeitern

Fleischmann, Bernhard: Hydrogen, a renewable fuel for glass melting. TransHyDE, BMBF 03HY2010. 98. Glastechnische Tagung der DGG in Aachen, 27. – 29. 05. 2024.

Drünert, Ferdinand. et al.: Carbon Capture and Utilization technologies for a CO₂-neutral glass production. 98. Glastechnische Tagung der DGG in Aachen, 27. – 29. 05. 2024.

Boehm, Petra. et al.: Investigations on different fractions of cullet for glass recycling – especially smaller than 1 mm. 98. Glastechnische Tagung der DGG in Aachen, 27. – 29. 05. 2024.

Fleischmann, Bernhard: Hydrogen, a renewable fuel for glass melting. Glasstec2024, 22. bis 25. Oktober 2024, Düsseldorf.

Boehm, Petra: Characterisation of a CO₂-free raw material for glass production: fine cullet, Glasstec2024, 22. bis 25. Oktober 2024, Düsseldorf.

Boehm, Petra: Numerical Modeling of Post-Fracture Behavior in Laminated Safety Glass: Method Development, Glasstec2024, 22. bis 25. Oktober 2024, Düsseldorf.

5. Glastechnologie

5.1 Forschung

Die Abteilung Glastechnologie beschäftigt sich mit Fragen zu den Fachgebieten

- Werkstoffe zur Glasherstellung
- Ofentechnologie und -betrieb, Sensoren, Messtechnik
- Verbrennung und Verhalten von Brennstoffen
- Schmelzprozess und Läuterung, Redox
- Formgebung
- Kühlung des Glases sowie
- Energieverbrauch und Energiekennzahlen, Verminderung der CO₂-Emissionen und
- am Rande auch mit Fragen zu Methoden der Qualitätsprüfung.

Der überwiegende Teil der im Berichtsjahr durchgeführten Arbeiten wurde im Rahmen von Forschungsprojekten geleistet oder für die Planung und Beantragung von neuen Forschungsvorhaben aufgewandt. Die Tätigkeiten werden in den entsprechenden Kapiteln des Jahresberichts ausführlich beschrieben.

Die HVG ist bis Ende 2024 Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF). Die AiF förderte mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die vorwettbewerbliche industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF). Ab 2024 übernimmt das DLR (Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt) als Projektträger diese Aufgabe.

Die der HVG hierdurch zur Verfügung stehenden Mittel werden zum einen für Forschungsvorhaben verwendet, die direkt bei der HVG durchgeführt werden. Zum anderen tritt die HVG auch als Förderstelle für Projekte externer Forschungsinstitute auf. Hier übernimmt sie die Verwaltung der Forschungsvorhaben gegenüber der AiF.

Die HVG nimmt auch an Ausschreibungen und Aufrufen weiterer Förderprogrammen anderer Ministerien teil und nutzt deren Fördertöpfe.

Neben den öffentlich geförderten Forschungsvorhaben führt die HVG auch Forschungsprojekte mit Eigenmitteln oder im Rahmen einer Dienstleistung durch.

5.1.1 Mit öffentlichen Mitteln geförderte Forschungsvorhaben

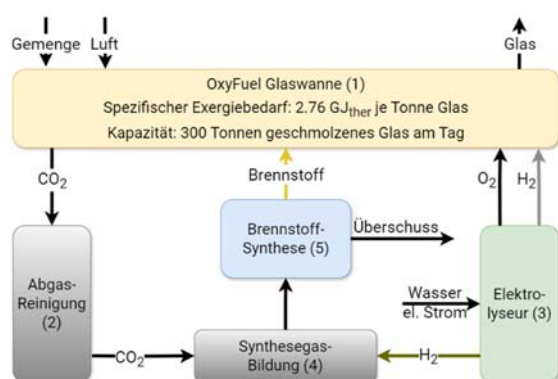
5.1.1.1 Glas-CO₂ (BMBF 01LJ2005A) abgeschlossen:

Das Vorhaben hat den Titel „Nutzung des aus dem Glasschmelzprozess freiwerdenden Kohlendioxids zur Kreislaufführung und Herstellung synthetischer Brennstoffe“.

Verschiedene technische Optionen zur CO₂-Vermeidung in der Glasindustrie wurden hinsichtlich ihrer Machbarkeit, technologischen Reife und erwarteten Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Die untersuchten Prozesse ermöglichen so die Umsetzung von CO₂ aus den Rohstoffen in einen Brennstoff unter Verwendung regenerativen grünen Stroms.

CO₂-Emissionen in der Glasindustrie lassen sich erheblich verringern, wenn das CO₂ aus den Prozessabgasen aufgefangen wird, mit erneuerbar erzeugtem Wasserstoff in Brennstoff umgewandelt und so erneut für die Glasschmelze genutzt werden kann. Dies ist besonders vielversprechend bei Oxyfuel-Prozessen, in denen das trockene Prozessabgas einen hohen CO₂-Gehalt aufweist.

Die Funktionssicherheit von industriellen Thermoprozessanlagen bei hohen Temperaturen (>1500 °C) über mehrere Jahre ohne Unterbrechung ist essenziell für die industrielle Glasproduktion. Daher muss die Schmelzwanne kontinuierlich mit Energie versorgt werden. In diesem Projekt wurde dies neben aus erneuerbaren Energien erzeugtem Wasserstoff – sogenanntem „grünen Wasserstoff“ – durch weitere Energieträger sichergestellt, welche die Speicherung der elektrischen Energie aus „Überschusszeiten“ ermöglichen. Eine reine Wasserstoff-Verbrennung führt bei Herstellungsverfahren mit prozessbedingten CO₂-Emissionen nicht zur Erreichung der CO₂-neutralen Fertigung.



CO₂-Kreislauf mit synthetischem Brennstoff bei der Glasherstellung. Wasserstoff ermöglicht hier einerseits die Umsetzung des entstehenden CO₂ in einen Brennstoff (grün / gelb), andererseits ist auch stattdessen die direkte Verbrennung möglich (grau). © HVG

Der grundlegende Gedanke der Machbarkeitsstudie war die Kreislaufführung von CO₂ aus dem Abgas einer industriellen Thermoprozessanlage. Durch Abscheidung des brennstoff- und prozessbedingten CO₂ kann mit Hilfe von grünem Wasserstoff ein synthetischer Brennstoff erzeugt werden. Dieser Brennstoff ermöglicht eine Kreislaufführung des CO₂ durch den erneuten Einsatz in dem Schmelzaggregat. Das Projekt Glas-CO₂ klärte, inwieweit die einzelnen Teilschritte des CO₂-Kreislaufes technologisch ausgereift sind und wie diese mit den Besonderheiten der Gase aus dem Glasherstellungsprozess zurechtkommen. Auch eine ökonomische Bewertung der CO₂-neutralen Glasherstellung wurde mit Hilfe unterschiedlicher Szenarien vorgenommen. Die Aufbereitung des CO₂ und Herstellung des synthetischen Brennstoffs kann auch von einem Dienstleister übernommen sowie zentral für mehrere Abnehmer vorgenommen werden. Die Machbarkeit wurde bezüglich Technologie, ökonomischer Randbedingungen, Auslegung, Kosten, Wartung und Betrieb untersucht.

Im Projekt konnten wir zeigen, dass eine nahezu vollständige Umsetzung von CO₂ in einen synthetischen Brennstoff möglich ist. Die Kosten hierfür sind nicht nur abhängig von dem Prozess, sondern vor allem auch von den zugrundeliegenden Stromkosten: Bei einem Strompreis von 60 € je MWh entstehen Kosten von 470 bis 500 € pro Tonne geschmolzenes Glas durch den synthetischen Brennstoff. Im Vergleich ist der Einsatz von Wasserstoff als Brennstoff bei Umsetzung der rohstoffbedingten Emissionen mit Kosten von etwa 430 € pro Tonne geschmolzenes Glas verbunden, während die Kosten ohne Aufbereitung bei ca.

300 € pro Tonne geschmolzenes Glas liegen.

5.1.1.2 MaxScherben (IGF)

Das IGF-Forschungsvorhaben 01IF22607N „MaxScherben“, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK) wurde im Jahr 2024 durchgängig bearbeitet. Drei Forschungseinrichtungen führen dieses Vorhaben gemeinsam durch: die Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) e.V., die Technische Hochschule Deggendorf mit ihrem Technologie Anwender Zentrum Spiegelau und die Universität Bayreuth mit dem Keylab Glastechnologie - Lehrstuhl Keramische Werkstoffe.

Die Schließung der Stoffkreisläufe spielt in der heutigen Zeit eine immer wichtigere Rolle. Bei der Behälterglasherstellung stellen die Recyclingscherben mit durchschnittlich 65 % heute schon den mengenmäßig größten Anteil im Gemenge dar, weshalb die Qualität dieses wertvollen Sekundärrohstoffes sichergestellt werden muss. Technisch möglich sind zurzeit schon weitaus größere Mengen. Diese stehen aber oft im Markt nicht zur Verfügung. Mit dem Bestreben, immer weniger CO₂-Emissionen bei der Glasherstellung zu generieren, sind die Bestrebungen der Industrie groß, den Scherbenanteil kontinuierlich zu steigern. Hier setzt das Forschungsprojekt MaxScherben an.

Ziel des Projektes ist es, eine Erhöhung der Recyclingquote aus der Aufbereitung, um ca. 10 % zu erreichen. Dadurch sinkt der Energieverbrauch beim Schmelzen um ca. 3 % sowie damit auch die prozessbedingten CO₂-Emissionen um 5 - 7 %, was in

Deutschland einer Ersparnis von ca. 120.000 t CO₂/Jahr entspricht.

Die Recyclingscherben sollen mittels LIBS (laserbasierte Analysemethode) und Plasma-induzierter Gasanalyse charakterisiert werden. Mit den Ergebnissen der beiden Messmethoden wird ein Kohlenstoffäquivalent über lineare Regression für die gesamte Scherbencharge bestimmt. In Versuchsreihen soll durch gezielte Verunreinigung von Scherben die Wirkung der Kohlenstoffverunreinigungen auf den Schmelzprozess detailliert untersucht werden. Erste Schmelzversuche zeigten bereits, dass sich Verbindungen wie Ketchup oder Öle bei gleichem Kohlenstoffäquivalent unterschiedlich auf die Färbung, also den Redoxzustand des Glases auswirken.

Auch zeigte sich, dass die Korngröße der verwendeten Scherben einen erheblichen Einfluss auf die Farbe des Produktes hat. Dieses interessante Phänomen zeigt ebenfalls die Relevanz des Forschungsvorhabens auf.



Im August wurde Arbeiten des Forschungsvorhabens MaxScherben von einer Praktikantin unterstützt. Frau Nicola Kühn (li) führte Siebanalysen von Recyclingscherben durch und bestimmte unter anderem den Glühverlust dieser Fraktionen.

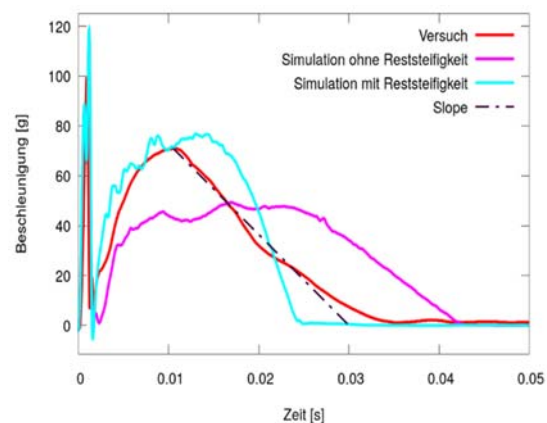
Auch durch die neue Unterstützung im Projekt MaxScherben von der Universität Bayreuth durch Frau Sarah Kerling (re) bot es sich an, einen Einblick in die Welt der Herstellung von Behälterglas zu organisieren. So wurde eine Besichtigung bei Verallia Deutschland AG in Bad Wurzach gemacht. Vielen Dank auf diesem Weg an Anette Zimmermann für die Führung.

5.1.1.3 Nachbruch

Die passive Sicherheit bei Kraftfahrzeugen gewinnt zunehmend an Bedeutung. So stellt ab 2024 unter anderem der Kopfaufprall auf die Windschutzscheibe einen zulassungsrelevanten Lastfall dar. Zur objektiven Bewertung der zu erwartenden Schwere von Verletzungen wird das Kopfverletzungskriterium (HIC) bestimmt. Dieser Wert darf bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten und muss somit im Vorfeld

der Entwicklung von Kraftfahrzeugen berücksichtigt werden.

Im Zuge der Fahrzeugentwicklung sollen die Gefahren der Kopfverletzungen bewertet werden. Numerische Verfahren sind für die Prognose unabdingbar. Während der Bruchvorgang und das Bruchverhalten der Windschutzscheibe aus Verbund-Sicherheitsglas (VSG, Glas und Verbundfolie) durch die vorangegangenen Forschungsprojekte bereits gut abgebildet werden, kann das Nachbruchverhalten bei vollkommen gebrochenem VSG nur qualitativ dargestellt werden. Eine Methode, wie die mechanischen Eigenschaften des VSG für die Erfassung des Nachbruchverhaltens für den Kopfaufprall zielführend aus Kleinproben ermittelt und in die Simulation integriert werden können, ist aktuell nicht verfügbar.



Vergleich des Beschleunigungs-Zeit-Verlaufes aus Versuch (rot) und Simulation ohne Reststeifigkeit der gebrochenen Glaselemente (magenta) und mit einer konstanten, frei gewählten Reststeifigkeit (blau).

Ziel des Projektes ist es, eine validierte Berechnungsmethodik unter Berücksichtigung des Nachbruchverhaltens von VSG zu entwickeln. Anwendungen im Automotive sowie im Bauwesen sollen realitätsnah prognostiziert werden können. Um dieses Ziel zu erreichen, wird das Steifigkeits-

verhalten von gebrochenem VSG in Abhängigkeit von unterschiedlichen Dehnraten und Fragmentierungsgraden an Kleinproben ermittelt und eine Methodik zur Prognose des Fragmentierungsgrades unter Impaktbelastung entwickelt. Die Erkenntnisse werden sodann in numerische Modelle überführt und die Simulationsergebnisse durch Validierungsversuche an VSG-Scheiben verglichen.

Softwareentwickler und Ingenieurdienstleister, die hauptsächlich zu KMUs zählen, können die Methodik sofort für Leistungen im Bereich Automotive als auch für Berechnungen im Bauwesen nutzen.

In AP1 erfolgt die Eigenspannungsanalyse der Probekörper vor den Durchführungen der Impaktversuche. Zur numerischen Abbildung der Windschutzscheibe wird in AP2 die PVB-Schicht hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften charakterisiert. In AP3 wird die Glas-Zwischenschicht-Haftung charakterisiert. Ziel des AP4 ist zum einen die Ermittlung von Fragmentierungsgraden von Glas unter verschiedenen Versuchsrandbedingungen zur Entwicklung eines numerischen Prognoseverfahrens und zum anderen werden Kraft-Weg- sowie Beschleunigungs-Zeit-Verläufe ermittelt, die zur Validierung des Abbildungsverfahrens der Reststeifigkeit dienen. Um die effektive Steifigkeit der fragmentierten Proben beschreiben zu können, wird eine Methode entwickelt, die Bruchbilder zu konservieren und zu charakterisieren (AP5).

Ziel des AP6 Methodenentwicklung zur Herstellung von Kleinproben mit bestimmten Fragmentierungsgraden ist es, eine Methode zu entwickeln, um unterschiedliche, definierte und quantifizierbare

Fragmentierungsgrade in VSG-Kleinproben zu erzeugen.

In AP7 werden die Bruchbilder der Komponentenversuche und den fragmentierten VSG-Kleinproben konserviert und die Fragmentierungsgrade ermittelt.

In AP8 werden VSG-Kleinproben mit zuvor definierten Fragmentierungsgraden erzeugt und in AP9 mittels jeweils fünf Zug- und Biegeversuche bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten untersucht.

Im AP10 wird erarbeitet, über welche Methode der zu erwartende bzw. der im Versuch gemessene Fragmentierungsgrad zielführend prognostiziert werden kann.

Auf Basis der durchgeführten Kleinteilver-suche werden die Potentiale vorhandener Materialmodelle erarbeitet und eine geeignete Methodik zur Abbildung des Materialverhaltens der fragmentierten Kleinproben identifiziert (AP11).

Die entwickelte Methode zur numerischen Abbildung des Nachbruchverhaltens wird durch einen Abgleich der Beschleunigungskurven und HIC-Werten aus Versuchen validiert (AP12). In AP13 erfolgt die Dokumentation der Ergebnisse.

Die Förderung durch das BMWK begann zum 01.08.2024.

5.1.1.4 RelInvent (KlimPro Industrie, BMBF BMBF 01LJ2009A-F) Vernetzungs- und Transferprojekt

RelInvent ist das Begleitvorhaben zu den Forschungsprojekten im Aufruf „KlimPro-Industrie“ des BMBF. Die technischen Branchenverbände bzw. die Forschungsinstitute einzelner energieintensiver Grundstoffindustrien begleiten die Forschungsprojekte, stellen den branchenübergreifenden Kenntnistransfer sicher und ermitteln das CO₂-Einsparpotential aller Projekte mit Hilfe einer zu entwickelnden, allgemein anwendbaren Vorgehensweise. Außerdem sorgt RelInvent für den Ergebnistransfer an die Öffentlichkeit und den Austausch mit allen Shareholdern aus der Gesellschaft.

Ein Hauptaugenmerk der HVG liegt auch im vierten Projektjahr auf der Weiterentwicklung der Vorgehensweise zur Ermittlung der Potentiale zur CO₂-Minderung und der Aktualisierung von allgemeingültigen Faktoren und Kennzahlen, die für die Ermittlung von CO₂-Minderungsraten von Nöten sind. Der Fragebogen zur Ermittlung des Einsparpotentials wurde im Berichtsjahr den KlimPro-Projekten ab dem Sommer 2024 zur Verfügung gestellt. Bis Ende des Jahres wurde eine erste Auswertung der beantworteten Fragebögen entwickelt und vorgenommen. Diese wurde im Lenkungskreistreffen im Februar 2025 vorgestellt und diskutiert sowie die Ergebnisdarstellung angepasst.

Auch in diesem Jahr fanden zwei Lenkungskreistreffen am 20.02.2024 in Offenbach bei der HVG und am 05.September 2024 in Essen beim GWI statt, um die anfallenden Aufgaben und zukünftige Arbeiten

in RelInvent zu besprechen, organisieren und planen.

Vom 11. bis 13. November 2024 wurde die 2. Statuskonferenz in Dortmund durchgeführt. In den Vorträgen wurde über die laufenden Projekte berichtet und abschließend über gemeinsame Fragestellungen und Problemstellungen diskutiert.

Um den konstanten Austausch zwischen den Partnern in RelInvent sicher zu stellen und um kleinere Arbeitsaufträge und Aufgaben abzuarbeiten bzw. zu organisieren, finden (alle 2 Wochen) regelmäßige Videokonferenzen mit Teams statt.

5.1.1.5 TranHyDe-Sys (Wasserstoffrepublik Deutschland, BMWK)

Zu Beginn des Berichtsjahres wurden die Beiträge bzw. Berichte für den Zwischenbericht zum Projekt für das Vorjahr 2023 sowie für den Tätigkeitsbericht der Hütten-technischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) für das Jahr 2022 erstellt.

Außerdem wurde die Durchführung einer Umfrage des IZES zu den Fachausschusssitzungen im Frühjahr 2024 in Bayreuth vorbereitet und im März 2024 organisiert.

Auf den Fachausschüssen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft e.V. und auf der Sitzung des HVG-Beirats erfolgten Kurzberichte über aktuelle Ergebnisse und ergaben sich Gespräche sowie Diskussionen mit Industrievertretern über das Leitprojekt TransHyDE und damit zusammenhängende Themen sowie Fragestellungen.

Mitarbeiter der HVG haben durch die Teilnahme an weiteren Veranstaltungen rund um das Thema „Wasserstoff“ die Chancen

genutzt, sich über aktuelle Entwicklungen zu informieren und mit Kollegen aus der Glasindustrie zu reden sowie deren aktuelle Meinung zu erkunden, um diese auch im Rahmen von TransHyDE berücksichtigen und widerspiegeln zu können.

Neu verfügbare, aktualisierte Kennzahlen und das dazugehörige Berechnungsprogramm wurden regelmäßig überarbeitet und auf den aktuellen Stand gebracht: Die Zahlen zum Jahr 2023 wurden sobald zugänglich in die Berechnungen und Darstellungen mit aufgenommen und eingearbeitet, Grafiken aktualisiert und neue, aussagekräftigere Darstellungen der Ergebnisse hinzugefügt. Der nächste Schritt bei der Abschätzung des Energieträgerverbrauchs wurde durchgeführt: die beiden Fallbeispiele Case 2030 und Case 2045/50 wurden im nächsten Schritt mit Hilfe der Roadmap des BV-Glas, basierend auf Gesprächen mit Vertretern der Glasindustrie und eigenen Überlegungen sowie Fachwissen ergänzt, vorbereitet und quantifiziert und berechnet. Bis Ende 2024 wurde auch die Berechnung für Glas in Europa abgeschlossen und zu Beginn 2025 die entsprechenden Ergebnisdarstellungen vorgenommen.

Die Berechnungen bzw. Modellierung des Energieträgerbedarfs und die Prognose der Energieträgerverbräuche für die Jahre 2045/2050 für die Glasindustrie wurden weiter verbessert und detailliert ermittelt. Dabei wurde auch eine flexible Berücksichtigung von unterschiedlichen Randbedingungen ermöglicht, um z.B. die seit Beginn des Vorhabens geänderten wirtschaftlichen Randdaten berücksichtigen zu können. Ausgangspunkt der Schätzung ist die frei zugängliche „Anlagenliste“ der Deutschen Emissionshandelsstelle des UBA.

Sie ist auch die Grundlage für die Darstellung der CO₂-Emissionen auf dem Titelblatt dieses Jahresberichts.

Ein Abgleich und die Anpassung der Ergebnisse nach der Präsentation des FfE zu der Entwicklung des Energieträgerbedarfs der Industrie fand statt, um abweichende Erkenntnisse, Annahmen und Ergebnisse besser erkennen und verstehen zu können. Die Ergebnisse der ermittelten Branchendaten zur Glasindustrie wurden diskutiert, um die Ergebnisse von HVG und FfE anzugleichen. Die weitere Vorgehensweise wurde abgesprochen und Kenndaten auf beiden Seiten angepasst bzw. gleich gesetzt.

Die Mitarbeiter der HVG haben an mehreren Veranstaltungen im Rahmen von TransHyDE, in Präsenz oder per Videokonferenz, mit jeweils mindestens 1 Mitarbeiter teilgenommen, um Kontakte zu pflegen und zu knüpfen, um Ergebnisse auszutauschen, um sich über den Stand der Arbeiten zu informieren und um neue Impulse für die eigenen Arbeiten zu erhalten.

5.1.2 Forschungsplanung

Parallel zu den laufenden Vorhaben wurde an folgenden Anträgen zu weiteren Forschungsideen gearbeitet.

5.1.2.1 Recycling des Glasanteils von End-of-Life Photovoltaik-Modulen (IGF)

Die wachsende Nachfrage nach erneuerbaren Energiequellen hat in den letzten Jahrzehnten zu einer Vielzahl an Installationen von Photovoltaik (PV)-Modulen geführt. Etwa 25 Jahre nach dem ersten PV-Boom in Deutschland fallen nun zum ersten Mal

größere Mengen an aussortierten, unwirtschaftlichen oder defekten PV-Modulen an.

In gemäßigten Klimaten wird allgemein von einer Lebensdauer der Module von etwa 20 bis 30 Jahren ausgegangen, wobei ein Teil der PV-Module bereits vor Ende der regulären Lebensdauer auf Grund von Defekten außer Betrieb genommen werden muss.

Mit steigender Masse und größerer Variabilität des Aufbaus zurückgebauter PV-Module wachsen dementsprechend auch die Herausforderungen des Modul-Recyclings. Insbesondere der Glasanteil der PV-Module (70 – 95 % der Gesamtmasse je nach PV-Modultyp) kann bisher noch nicht in Prozesse hoher Wertschöpfung zurückgeführt werden. In dem hier beschriebenen Forschungsprojekt wird eben dieser Glasanteil als PV-Scherben der Glasindustrie als Sekundärrohstoff verfügbar gemacht, ohne die Prozessstabilität zu gefährden.

Erste Ergebnisse aus Vorversuchen zeigen ein problematisches Einschmelzverhalten von, mit bestehenden Anlagen, aufbereitetem PV-Altglas. Das ursprünglich farblose Glas wurde zudem durchgehend dunkelbraun eingefärbt. Als potenzielle Ursachen für die Färbung kommen neben elementarem Silizium weitere kritische Stoffe wie Schwermetalloxide (vornehmlich Antimonoxid), organische Verunreinigungen sowie Beimengungen anderer Metalle wie Kupfer, Aluminium, Silber, Nickel oder Molybdän infrage. Bereits kleinste Mengen dieser Verunreinigungen führen zu kritischen Farbänderungen oder Glasfehlern, wie Einschlüssen oder Schlieren in den Glasprodukten. Deswegen wird der Einsatz von PV-Scherben von der Glasindustrie aktuell noch sehr zurückhaltend betrieben.

Indem die PV-Scherben nach Fraktionen unterschiedlicher Qualität und Zusammensetzung klassifiziert werden, können sie in qualitativ möglichst anspruchsvolle Glasprodukte überführt werden. Methoden zur weiteren Aufbereitung der PV-Scherben sollen das Potenzial zur Weiternutzung weiter erhöhen, indem die Gehalte unerwünschter Metalle wie Silizium, Antimon oder Kupfer gezielt weiter reduziert werden.

Insbesondere im Hinblick auf die zukünftig verstärkt eingesetzte elektrische (Zusatz-)Beheizung der Glasschmelzwannen müssen die Wechselwirkungen, der für den Stromeintrag in die Schmelze genutzten Molybdän-Elektroden, mit oxidierenden Bestandteilen aus PV-Scherben, wie dem Antimonoxid, genauer untersucht werden.

Die Vorarbeiten für die Antragsstellung, die Suche nach Forschungspartnern und die Ausarbeitung des Forschungsantrages, einschließlich Zeit- und Kostenplanung, begann Mitte 2024 und wurde im Februar 2025 durch die Einreichung zur Begutachtung abgeschlossen.

5.1.2.2 EMI-H2

Wasserstoff bietet eine umweltfreundliche und CO₂-neutrale Alternative zu fossilen Brennstoffen und kann bei der energieintensiven Glasherstellung den ökologischen Fußabdruck signifikant reduzieren. Dennoch treten in den Abgasen von Glasschmelzanlagen Emissionen auf, die aus den Rohstoffen und aus Reaktionen mit dem Oxidationsmedium (Luft oder Sauerstoff) oder den verdampfenden Reaktionsprodukten resultieren können. Die Emissionsüberwachung, beispielsweise nach den Anforderungen der TA Luft, erfolgt durch auf trockenem Abgas im Normzustand

basierenden Standardreferenzmessverfahren. Mit der Substitution von Erdgas durch Wasserstoff steigt der Wasserdampfanteil im Abgas deutlich an und wird bei stöchiometrischer Wasserstoff-Sauerstofffeuerung und carbonatfreiem Gemenge aus nahezu 100 % Wasserdampf bestehen. Damit müssen neue Technologien zur reproduzierbaren Probenahme und Analyse der einzelnen Emissionskomponenten entwickelt und verifiziert werden.

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Validierung geeigneter Messtechniken und -systeme zur verlässlichen Emissions- und Prozessüberwachung von Abgasen mit hohen Wasserdampfkonzentrationen. Die vorwettbewerblichen Aktivitäten im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung bieten sich an, da allgemeingültige Normen und Standards zur Einhaltung gesetzlicher Auflagen erarbeitet werden müssen. Aus den Forschungsarbeiten werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die den zuständigen Behörden und Gremien zur Verfügung gestellt werden.

Das Vorhaben wurde im 1. Quartal des Berichtsjahrs 2024 zur Begutachtung eingereicht, bewilligt und soll zum 01. Mai 2025 mit der Förderung beginnen.

5.1.2.3 NH₃-Glas eingereicht im 2. Aufruf von KlimPro

Das Ziel des Projektes ist die Untersuchung der direkten NH₃-Nutzung durch Verbrennung als erneuerbarer, CO₂-freier Brennstoff für Thermoprozessanlagen am Beispiel der Glasindustrie, um die CO₂-Emissionen der Grundstoffindustrie zu mindern. Damit werden die Klimaziele der Bundesregierung und das Erreichen einer CO₂-Neutralität für alle Industriebereiche deutlich

vorangetrieben. Erneuerbare Energien müssen auch in Zukunft nach DE und in die EU importiert werden. Gerade für Industriestandorte, die nicht am H₂-Kernnetz angeschlossen werden, spielt die Speicherung und Versorgungssicherheit mit alternativen erneuerbaren und CO₂-freien Energieträgern eine große Rolle. Grünes NH₃ kann dabei als CO₂-freier Brennstoff neben H₂ eine bedeutende Rolle spielen. NH₃ lässt sich bereits bei -33 °C unter Normdruck verflüssigen, was den Transport erheblich vereinfacht. Bewährte Transport- und Speicheroptionen für NH₃ sind vorhanden. Mit einem Energieverbrauch von ca. 20 TWh/a (ca. 75 % davon Erdgas) ist der industrielle Glasherstellungsprozess in Deutschland ein maßgeblicher Verbraucher fossiler Brennstoffe. Durch Zumischung von 10 Vol.-% NH₃ ins Erdgas könnten von der Glasindustrie in Deutschland 127.100 t CO₂ pro Jahr weniger emittiert werden.

Hierfür sind grundlegende Untersuchungen zum Verbrennungsverhalten (Flammenstruktur, Strahlungsverhalten, Wärmeübertragung im Regenerator) von NH₃ und NH₃-Gemischen bzw. der Reaktionsprodukte bei NH₃-Verbrennung unter den speziellen Bedingungen der Glasschmelzwanne erforderlich. Ein weiterer wichtiger Untersuchungsschwerpunkt sind die Auswirkungen der NH₃-Verbrennung auf die Glasqualität und das Feuerfestmaterial. Mit Hilfe von CFD-Simulationen werden die Erkenntnisse dann auf eine reale Glasschmelzwanne übertragen. Die Erarbeitung von Lösungsoptionen und Handlungsempfehlungen für eine industrielle Umsetzung und eine Bewertung der CO₂-Einsparung entlang der NH₃-Wertschöpfungskette bis hin zur Anwendung schließen das Projekt ab.

Zu Beginn des zweiten Halbjahrs 2023 begann die ersthafte Vorbereitung und Antragstellung zu einem Vorhaben zum Themenbereich „direkte Nutzung von Wasserstoffderivaten als Brennstoffe“ mit Partnern aus der Verbrennungsforschung und einem Partner aus der Glasindustrie. Das Vorhaben wurde im 4. Quartal bei einem möglichen Projektträger vorgestellt und positiv beurteilt. Im Frühjahr 2024 arbeiteten die Partner an den Details zur Antragstellung und arbeiten an einer Erweiterung des Konsortiums. Im Sommer 2024 wurde eine Skizze beim 2. Aufruf in KlimPro-Industrie zur Begutachtung eingereicht und zum Jahreswechsel erfolgte die Aufforderung zur Antragseinreichung.

5.1.2.4 Neue Verbrennungstechnologie

Im Rahmen der Glastechnischen Tagung in Aachen wurde die Idee für ein Forschungsprojekt bezüglich einer innovativen Verbrennungstechnologie geboren. Erste vorbereitende Treffen zur Findung möglicher Partner und zur Erstellung einer detaillierten Beschreibung fanden im Spätherbst und Winter 2024 statt. Eine Einreichung bis zum Frühsommer 2025 ist geplant.

5.1.3 Auftragsforschung

Es wurde im Berichtsjahr keine Auftragsforschung durchgeführt.

5.2 Mitarbeit in Gremien

Mitarbeiter:innen der HVG sind in den folgenden Gremien tätig:

BOEHM:

- o Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG

- o Mitglied im Fachausschuss III „GlasRecycling“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss IV „Glasformgebungstechnologie und Qualitätssicherung der DGG
- o Mitglied im Unterausschuss „Heißend-Kaltend-Vergütung (HE/KE)“ im FA IV der DGG
- o Mitglied im Arbeitskreis „Klima und Nachhaltigkeit“ des Bundesverbandes Flachglas e.V.
- o Mitglied im projektbegleitenden Ausschuss zum IGF-Forschungsvorhaben Nr. 01IF22607N „Minderung der CO₂-Emissionen bei der Glasherstellung durch Erhöhung des Anteils an Recyclingglas mit Hilfe verbesserter Scherbencharakterisierung“ (MaxScherben)
- o Mitglied der projektbegleitenden Arbeitsgruppe „Methodenentwicklung zur numerischen Abbildung des Nachbruchverhaltens von Verbund-sicherheitsglas“ (NachbruchVSG) mit der IGF-Nr. 01IF23324N
- o Mitglied in der Projektgruppe Glas und Simulation des AK 27 Simulation der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)

DRÜNERT:

- o Mitglied im Fachausschuss III „GlasRecycling“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss V „Glasgeschichte und Glasgestaltung“ der DGG
- o Mitglied im projektbegleitenden Ausschuss zum Forschungsvorhaben Nr. 01LJ2005A des BMBF „Verbundprojekt KlimPro: Kreislaufführung des Kohlendioxids aus dem Glasschmelzprozess zur Herstellung synthetischer Brennstoffe – Teilprojekt A: Technische Modellierung und technologische Bewertung“ (Glas-CO₂)

FLEISCHMANN:

- o Mitglied im Fachausschuss I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss V „Glasge-schichte und Glasgestaltung“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss VI „Umwelt-schutz“ der DGG
- o Mitglied im Unterausschuss „Heißend-Kaltend-Vergütung (HE/KE)“ im FA IV der DGG
- o Mitglied des TC 09 "Energy Efficiency for Glass Production" der ICG
- o Mitglied des TC 11 "Materials for Fur-naces" der ICG
- o Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum IGF-Forschungsvorhaben 01IF22607N „Minderung der CO₂-Emis-sionen bei der Glasherstellung durch Er-höhung des Anteils an Recyclingglas mit Hilfe verbesserter Scherbencharak-terisierung“ (MaxScherben)
- o Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Methodenentwicklung zur numerischen Abbildung des Nach-bruchverhaltens von Verbundsicher-heitsglas“ (NachbruchVSG) mit der IGF-Nr. 01IF23324N
- o Mitglied im Arbeitskreis „Energie und Klimapolitik“ des Bundesverbandes Glasindustrie e.V. (BV Glas)
- o Mitglied im Arbeitsausschuss „Thermi-sche Energiespeicher“ der Initiative Pro-cessNet der DECHEMA und des VDI-GVC

- o Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum Forschungsvorhaben Nr. 01LJ2005A des BMBF „Verbundprojekt KlimPro: Kreislaufrführung des Kohlen-dioxids aus dem Glasschmelzprozess zur Herstellung synthetischer Brenn-stoffe – Teilprojekt A: Technische Mo-dellierung und technologische Bewer-tung“ (Glas-CO₂)
- o Mitglied im Lenkungskreis zum BMBF Vorhaben Nr. 01LJ2009D „Teilprojekt 4: Entwicklung und Durchführung der branchenspezifischen und branchen-übergreifenden Potentialanalyse; Bran-chenverteter Glas“ im „Verbundprojekt KlimPro: Vernetzungs- und Transferpro-jekt“ (ReInvent)

JÜNGLING:

- o Mitglied im Fachausschuss I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss V „Glasge-schichte und Glasgestaltung“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss VI „Umwelt-schutz“ der DGG
- o Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum IGF-Forschungsvorhaben 01IF22607N „Minderung der CO₂-Emis-sionen bei der Glasherstellung durch Er-höhung des Anteils an Recyclingglas mit Hilfe verbesserter Scherbencharak-terisierung“ (MaxScherben)
- o Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Methodenentwicklung zur numerischen Abbildung des Nach-bruchverhaltens von

Verbundsicherheitsglas“ (Nachbruch-VSG) mit der IGF-Nr. 01IF23324N

- o Mitglied im Council der International Commission on Glass (ICG)
- o Mitarbeit in der Bundesvereinigung “Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ (BV MatWerk)
- o Mitglied im Lenkungskreis zum BMBF Vorhaben Nr. 01LJ2009D „Teilprojekt 4: Entwicklung und Durchführung der branchenspezifischen und branchenübergreifenden Potentialanalyse; Branchenvertreter Glas“ im „Verbundprojekt KlimPro: Vernetzungs- und Transferprojekt“ (ReInvent)

LÖBER

- o Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss VI „Umwelt-schutz“ der DGG
- o Schriftführer des Fachausschusses VI „Umweltschutz“ der DGG
- o Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum IGF-Forschungsvorhaben 01IF22607N „Minderung der CO₂-Emis-sionen bei der Glasherstellung durch Er-höhung des Anteils an Recyclingglas mit Hilfe verbesserter Scherbencharak-terisierung“ (MaxScherben)
- o Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Methodenentwicklung zur numerischen Abbildung des Nach-bruchverhaltens von Verbundsicher-heitsglas“ (NachbruchVSG) mit der IGF-Nr. 01IF23324N

WALTER:

- o Mitglied im Unterausschuss „Glasana-lyse“ des FA I der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- o Mitglied im Lenkungskreis zum BMBF Vorhaben Nr. 01LJ2009D „Teilprojekt 4: Entwicklung und Durchführung der branchenspezifischen und branchenübergreifenden Potentialanalyse; Branchenvertreter Glas“ im „Verbundprojekt KlimPro: Vernetzungs- und Transferpro-jekt“ (ReInvent)
- o Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Methodenentwicklung zur numerischen Abbildung des Nach-bruchverhaltens von Verbundsicher-heitsglas“ (NachbruchVSG) mit der IGF-Nr. 01IF23324N
- o Mitglied im Arbeitskreis „Energie und Klima“ des Bundesverbandes Glasin-dustrie e.V. (BV Glas)

5.3 Dienstleistungen

Neben den Fortbildungsangeboten (Semi-nare, Fortbildungskurs) ist hier vor allem der Verkauf von Standardglas ein konstan-ter Faktor.

Bilaterale Dienstleistungen wurden im Be-richtsjahr von der Glasindustrie bei der Ab-teilung Glastechnologie nicht angefragt.

5.4 Gemeinnützige Tätigkeiten

Auch im abgelaufenen Geschäftsjahr ist die HVG bei Fragen rund ums Thema Glas wie-der beratend und unterstützend für HVG-Mitgliedsfirmen, andere Industrieunterneh-men, aber vor allem auch für Verbände und

weitere Forschungsstellen sowie häufig für Studierende und Privatpersonen tätig gewesen.

Bei diesen Anfragen ging es im Jahr 2024 u.a. um das Thema Recycling beim Flachglas, wie immer um die Suche nach den Ursachen von Glasfehlern und um die Optimierung von Produktionsteilprozessen in verschiedenen Sparten der Glasherstellung. Weitere Anfragen betreffen die Verlässlichkeit von Temperaturmessungen an Glasschmelzen mit Pyrometern, die Korrosion von feuerfesten Steinen im Glaskontakt und dem Verhalten von Refraktärwerkstoffen im Kontakt mit Wasserstoff oder Abgas aus dessen Verbrennung. Auch das Verhalten von Schwefel im Glas, das

Einsatzverhalten von (Molybdän)-Elektroden bei vollelektrischer Schmelze (VES, AEM) oder bei Elektrozusatzheizung (EZH), Tracer-Versuche in der Glaswanne u.a.m. waren Themen von Anfragen an die HVG. In den letzten Jahren häuften sich die Anfragen zum Themenblock Energiekennzahlen, klimaneutrale Glasherstellung und CO₂-Emissionen sowie erneuerbare Energieträger.

Bei der Beantwortung der Anfragen und bei von Mitarbeiter:innen der HVG geleisteten Experteninterviews kommen oft die Erkenntnisse und Ergebnisse aus früheren Forschungsvorhaben zur Anwendung.

6. Emissionsmesstechnik

Die Messstelle der HVG, Abteilung EMT-EmissionsMessTechnik, auch Umwelt-Abteilung genannt, beschäftigt sich seit mehr als 40 Jahren mit dem Thema Luft-reinhal-tung im Bereich der Glasindustrie. Die Tä-tigkeiten der Messstelle dienen insbeson-dere der Förderung des Umweltschutzes, verwirklicht durch die Durchführung zweck-dienlicher und gesetzlich erforderlicher Messkampagnen. Die Aktivitäten der Mess-stelle erfolgen im Rahmen eines wirtschaft-lichen Geschäftsbetriebes mit eigener Ge-schäftsordnung.

6.1 Untersuchungen im Auftrag

6.1.1 Akkreditierung / Notifizierung der Messstelle

Die Messstelle der HVG ist seit dem Jahr 2006 mit zugehörigem Labor akkreditiert. Im Jahr 2020 erfolgte die Umstellung auf das aktuelle Regelwerk DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Die Akkreditierung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) wurde am 4. Mai 2021 erneut erteilt, der Ak-kreditierungsrhythmus beträgt 5 Jahre. Neu ist die Erweiterung auf organische Sub-stanzen sowie der Wegfall auf die Be-schränkung von Messungen in der Glasin-dustrie. Damit steht einer Ausweitung der Messtätigkeiten in anderen Industriezwei-gen nichts mehr im Weg.

Die Notifizierung (Bekanntgabe) durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geo-logie (HLNUG) wurde etwas später am 28. Juni 2021 für weitere 5 Jahre bescheinigt.

Die Messstelle wird durch einen fachlich Verantwortlichen sowie seinen Stellver-

treter unabhängig und ohne Weisungsbin-dung an die Geschäftsführung der HVG ge-leitet.

Die Aktivitäten der Messstelle sind an das bestehende und stets auf dem aktuellen Stand gehaltene Qualitätsmanagementsys-tem gebunden und befassen sich nicht mit Tätigkeiten, die das Vertrauen an die Unab-hängigkeit der Messstelle und seiner Prüf-tätigkeiten gefährden könnte.

Im Zuge von Aufgaben zur Emissionsüber-wachung im gesetzlich geregelten Bereich (die Bekanntgabe der Messstelle erfolgt ak-tuell nach §29b BImSchG in Verbindung mit der 41. BImSchV durch die entsprechenden Länderbehörden-Notifizierung) finden Emissionsmessungen nach §28 BImSchG und Kalibriermessungen (QAL2)/Funktion-sprüfungen (AST) kontinuierlich betriebe-ner Messgeräte statt.

Zu dem erweiterten Leistungsspektrum an organischen Komponenten gehören folgen-de Komponenten:

- Formaldehyd
- Phenol
- Toluol
- Ethylbenzol
- o-, m-, p-Xylol
- Dioxine und Furane (PCDD/PCDF)
- Gesamtkohlenstoff (C_{gesamt}).

Bei den anorganischen Komponenten wurde Schwefelwasserstoff (H_2S) mitauf-genommen.

6.1.2 Arbeitsbereiche der Messstelle

Die Messstelle der HVG nutzt seit vielen Jahren bei der Probenahme vor Ort unter anderem einen Messwagen. Der klimageregelte Innenraum gewährleistet stabile Messbedingungen der kontinuierlichen Analysatoren und bietet saubere Arbeitsbedingungen bei der Vor- und Nachbehandlung der Proben. Für alle relevanten Abgasbestandteile sind Analysatoren in doppelter Ausführung vorhanden. Frisch- und Abwassertanks, Laborwaage, Erfassungs-, Auswerte- und Visualisierungssysteme, Prüfgase und Laborequipment vervollständigen die Einrichtung. Sämtliche Analysen werden im Labor der HVG ausgewertet.

Zum Leistungsspektrum der Messstelle im gesetzlich geregelten Bereich im Zuge der Emissionsüberwachung gehören Emissionsmessungen und Kalibriermessungen (einschließlich Funktionsprüfungen) kontinuierlich betriebener Messeinrichtungen.

Neben der Erfassung der Abgasrandbedingungen (O_2 , CO_2 , Druck, Temperatur, Wasserdampfgehalt und Strömungsgeschwindigkeit) werden neben den bereits genannten organischen Komponenten folgende Abgasschadstoffbestandteile gemessen:

- Stickstoffoxide NO_x
- Schwefeldioxid SO_2
(kontinuierlich – diskontinuierlich)
- Schwefeltrioxid SO_3
(diskontinuierlich)
- Kohlenmonoxid CO
(kontinuierlich)
- Anorganische gasförmige Chlorverbindungen, angegeben als HCl

- Anorganische gasförmige Fluorverbindungen, angegeben als HF
- Ammoniak NH_3
- Gesamtstaub
- Feinstaub
(PM_{10} , PM_4 , $PM_{2,5}$)
- Anorganische Staubinhaltsstoffe
(partikelförmig und filtergängig).
- Quecksilber Hg .

Die einzelnen Prüfverfahren der Prüfarten sind in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde aufgeführt.

Bei betriebsinternen Messungen ist die HVG in der Lage, mehrere Messorte zeitparallel zu beproben und nahezu alle Emissionskomponenten schnell vor Ort auszuwerten. Die Messergebnisse lassen sich unmittelbar zur Prozessoptimierung, beispielsweise bei der Feuerführung oder dem Filteranlagenbetrieb, nutzen.

6.1.3 Messaktivitäten im Jahr 2024

6.1.3.1 Emissionsmessungen nach §28 BImSchG

Im Jahr 2024 wurden 24 Emissionsmessungen nach §28 BImSchG durchgeführt. Hierbei handelt es sich um Messungen, die nach den Bestimmungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) alle drei Jahre an Emissionsquellen genehmigungsbedürftiger Anlagen zu wiederholen sind. Der Messrhythmus von 3 Jahren kann von Behördenseite unterbrochen werden, wenn z. B. im Zuge einer Wannenhauptreparatur, bei Brennstoffwechsel oder bei beantragter Lasterhöhung bzw. beim Neubau einer Wanne eine Änderung der Emissionssituation zu erwarten ist. Außerdem können die Behörden nach den

Vorgaben der aktuellen TA Luft halbjährlich durchzuführende Messungen fordern, falls die Komponenten Staub, Schwefeldioxid und Stickstoffoxide nicht kontinuierlich vom Betreiber überwacht werden.

Als Emissionskomponenten werden überwiegend Gesamtstaub und der partikelförmige und filtergängige Anteil der Staubinhaltsstoffe sowie NO_x, SO₂, CO, CO₂, HCl und HF gemessen. Bei Anlagen zur Minderung von Stickstoffoxiden (SCR- bzw. SNCR-Anlagen) wird auch NH₃ bestimmt.

Die Messungen dienen der Überwachung von Emissionsgrenzwerten. Diese wurden von der zuständigen Behörde im Genehmigungsbescheid fixiert und orientieren sich im Bereich der Glasindustrie an den Vorgaben der TA Luft. Bei den Messungen nach §28 BImSchG handelte es sich überwiegend um Emissionsquellen im Abgas von Glasschmelzwannen. Weitere Quellen sind Filteranlagen im Gemengehaus oder Abbrennöfen. In den Abbrennöfen werden die an den Produktionsmaschinen installierten metallischen Formenteile oder beispielsweise Umlenkinnen in regelmäßigen Abständen von den anhaftenden Verkrustungen gereinigt. Dies geschieht durch thermische Behandlung in einem sog. Abbrennofen, auch Herdwagen genannt. Abbrennöfen gibt es auch mit thermischen Nachverbrennungsanlage.

Außerhalb der Glasindustrie fanden im Jahr 2024 keine Messungen statt.

6.1.3.2 Messungen im Rahmen der 44. BImSchV

Im Jahr 2024 wurden im Abgas von 4 Notstromaggregaten Emissionsmessungen durchgeführt.

Unter die Verordnung über mittelgroße Feuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (44. BImSchV) fallen auch Notstromaggregate ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW zur Abdeckung von Spitzenlasten, die bis zu 300 Stunden pro Jahr betrieben werden dürfen. Bestehende Anlagen, die vor dem 20.12.2018 installiert wurden, mussten bis zum 01.12.2023 angezeigt / registriert werden. Neuanlagen müssen vor Inbetriebnahme angezeigt werden.

Die Anlagen unterliegen der diskontinuierlichen Emissionsüberwachung. Die nachfolgenden Emissionsgrenzwerte für Diesel-Notstromaggregate sind auf die trockenen Abgase im Normzustand mit einem Bezugssauerstoffgehalt von 5 Vol.-% bezogen.

	Neuanlagen (sofort)	Bestandsanlagen (ab dem 01.01.2025)
Rußfilter	Grundsätzlich vorgeschrieben, Betreiber kann auf Rußfilter verzichten	Keine Nachrüstung erforderlich
Gesamtstaub	5 mg/m ³ (mit Rußfilter) 50 mg/m ³ (ohne Rußfilter)	80 mg/m ³
Kohlenmonoxid	Kein Grenzwert, motorische Maßnahmen sind nach dem Stand der Technik auszuschöpfen	
Stickstoffoxide	Kein Grenzwert, motorische Maßnahmen sind nach dem Stand der Technik auszuschöpfen	
Schwefeloxide	kein Grenzwert für Notstromaggregate Begrenzung über Schwefelgehalt des Brennstoffes	
Formaldehyd	60 mg/m ³	
Gesamt-C	kein Grenzwert für Notstromaggregate	

Für Kohlenmonoxid und Stickstoffoxide gibt es keine Emissionsbegrenzungen, dennoch besteht eine Messpflicht. Für die Emissionsüberwachung bedeutet dies, dass die Gesamtstaub- und Kohlenmonoxid-Emissionen jährlich zu messen sind, Stickstoffoxide sind im Dreijahresrhythmus zu dokumentieren und Formaldehyd ist einmalig zu messen.

6.1.3.3 Messungen auf Wunsch des Betreibers

Im Berichtsjahr fanden 12 Messungen auf Wunsch des Betreibers statt. Bei diesen Messungen stehen oft Minderungsraten von neu installierten oder ertüchtigten Filteranlagen im Vordergrund, so dass in vielen Fällen auch die Emissionssituation im Rohgas von Interesse ist. Außerdem fanden im angrenzenden Ausland im Bereich der Behälterglasindustrie an 2 Filteranlagen reingasseitige Messungen statt.

6.1.3.4 Funktionsprüfungen inklusive Vergleichsmessungen (AST) und Kalibriermessungen (QAL2)

Die HVG führte im Jahr 2024 an 9 Messeinrichtungen Kalibriermessungen (QAL2) durch und an 11 automatisch betriebenen Messeinrichtungen (AMS) wurden Funktionsprüfungen inkl. Vergleichsmessungen (AST) durchgeführt. Bei den jährlichen Funktionsprüfungen ist die Kalibrierfunktion des Analysators durch mindestens 5 Vergleichsmessungen mit Standardreferenzverfahren (SRM) zu überprüfen. Dies geschieht anhand einer Variabilitätsprüfung und einer zusätzlichen Überprüfung der Einhaltung maximal zulässiger Messunsicherheiten. Falls die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt werden, müssen die Ursachen umgehend behoben oder innerhalb eines halben Jahres eine neue Kalibrierung durchgeführt werden.

Kalibriermessungen müssen nach den Vorgaben der aktuellen VDI-Richtlinie 3950 Blatt 1:2018 in Verbindung mit der DIN EN 14181:2015 bzw. der TA-Luft alle 3 Jahre vorgenommen werden. Im Regelfall müssen bei Kalibriermessungen mindestens 15 Halbstundenmittelwerte im Regelbetrieb

der Anlage, verteilt über 3 Messtage, ermittelt werden. Bei zurückliegenden Kalibriermessungen wurden Anlagenparameter bewusst verändert, um so eine große Spreizung der Messwerte zu erhalten und damit einen großen Kalibrierbereich abzudecken. Dabei sind Beeinflussungen der Feuerführung der Schmelzwannen und/oder der Filteranlage notwendig. Diese bewährte Vorgehensweise muss nach den Anforderungen der neuen Regelwerke mit der zuständigen Genehmigungsbehörde im Vorfeld der Kalibriermessungen abgestimmt werden. Bislang wurde diese Vorgehensweise von den Behördenvertretern unterstützt.

6.1.3.5 Anmerkungen zu Durchführung von Messungen

Bei allen Emissionsmessungen müssen vom Messinstitut und dem Anlagenbetreiber die Vorgaben der DIN EN 15259:2008 "Luftbeschaffenheit – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht" beachtet werden. Die konsequente Umsetzung der Anforderungen beansprucht einen Mehraufwand bei der Vorbereitung der Messungen sowie bei der Probenahme vor Ort. Insbesondere der Nachweis der Homogenität des Abgases an der Messstelle ist zeitaufwendig.

In dem Regelwerk werden konkrete Anforderungen an Messstrecken, Messöffnungen und Messplätze gestellt. Am Probenahmeort muss für die Durchführung einer repräsentativen Probenahme ein geordnetes (turbulentes) Strömungsprofil ohne Drall und Rückströmung vorliegen. Lokale negative Strömungen dürfen nicht auftreten. Erfahrungsgemäß sind die Anforderungen im Allgemeinen in geraden Kanalabschnitten

mit einer Einlaufstrecke von fünf hydraulischen Durchmessern vor der Probenahmestelle und zwei hydraulischen Durchmessern hinter der Probenahmestelle erfüllt. Es sind in der Regel mindestens zwei Messöffnungen (3" Größe) auf zwei zueinander senkrecht stehenden Achsen einzurichten zur Durchführung von Netzmessungen. Zusätzlich sind eventuell weitere Messöffnungen (z. B. 2" Größe) für die Messung weiterer Messgrößen (z. B. Strömungsgeschwindigkeit, Temperatur, Feuchte) in der gleichen Probenahmeebene einzurichten. Alle Probenahmeöffnungen müssen ohne Behinderungen zugänglich sein und das Einbringen von längeren Probenahmesonden ermöglichen. Messbühnen müssen über eine ausreichende Arbeitsfläche verfügen. Für die Durchführung von Probenahmen sind ausreichend bemessene und abgesicherte Elektroanschlüsse zu installieren. Bei der Durchführung und Auswertung von Emissions- oder Kalibriermessungen wird dem Thema Messunsicherheit eine hohe Wertstellung zugewiesen.

Emissionsmessstellen müssen über ein Qualitätsmanagementsystem verfügen und eine Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 mit dem Modul Immissionsschutz nachweisen. Im Zuge dieser Akkreditierung müssen die Messstellen über ein System der Ermittlung von Messunsicherheiten verfügen und dieses auch dokumentieren und anwenden. Neben einer Reihe von nationalen und internationalen Normen spielt die VDI-Richtlinie 4219:2009 dabei eine herausragende Rolle. Dort sind zwei Verfahren beschrieben, nach denen Messunsicherheiten bestimmt werden können.

Der indirekte Ansatz beschreibt eine Methode, die überwiegend auf Berechnungen basiert. Es werden Unsicherheitsbeiträge der relevanten Eingangsgrößen abgeschätzt, Empfindlichkeitskoeffizienten durch partielle Differentiation berechnet und die Varianzen über Fehlerfortpflanzung bestimmt.

Beim direkten Ansatz (HVG-Methode) werden die Messunsicherheiten im Wesentlichen über Doppelbestimmungen ermittelt, d. h. Parallelmessungen mit zwei unabhängigen, baugleichen Messeinrichtungen durchgeführt. Man benötigt 20 Doppelbestimmungen pro Komponente. Unterteilt man die Konzentrationshöhe in verschiedene Messbereiche, müssen u. U. 60 oder mehr Doppelbestimmungen als Halbstundenmittelwerte je Emissionskomponente durchgeführt werden. Über eine statistische Auswertung erhält man die Messunsicherheiten. Diese Methode ist gegenüber dem indirekten Ansatz unverhältnismäßig aufwendiger, berücksichtigt aber nicht kalkulierbare Einflüsse bei der Probenahme, dem Probentransport oder bei Umfüllvorgängen.

Tangieren Messergebnisse von Emissionsmessungen +/- Messunsicherheit die Emissionsbegrenzung, dann können (müssen) die Behörden Prüfschritte einleiten. Dabei werden sowohl das Messverfahren, das Messinstitut, die Art der Messdurchführung und die ermittelten Messunsicherheiten durchleuchtet, als auch die Produktionsanlage, die Betriebsdaten und die Funktionsfähigkeit der Abgasreinigungsanlage in Augenschein genommen. Bei Mängelfeststellung werden Nachbesserungen oder Nachmessungen gefordert. Wichtig: Die Messunsicherheiten werden zu Gunsten

des Betreibers abgezogen, wenn keine Mängel festgestellt werden. Die Forderung weiterer Maßnahmen wäre in diesem Fall unverhältnismäßig. Liegen die Messwerte abzüglich der Messunsicherheit über dem Grenzwert, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig (z. B. Ertüchtigung der Produktions- oder Abgasreinigungsanlage – Sekundärmaßnahmen – Nachmessungen).

Aktuelle Mustermessberichte über Emissionsmessungen nach §28 BImSchG fordern auf der ersten Seite nach dem Deckblatt die Angabe des höchsten Messwertes jeder Emissionskomponente +/- Messunsicherheit. Damit wird schon beim Aufschlagen des Messberichtes erkennbar, ob von Seiten der Behörde Prüfschritte notwendig sind.

Auch bei Kalibriermessungen automatischer Messsysteme spielen Messunsicherheiten eine Rolle. Mit den normierten Konzentrationen des Standardreferenzmessverfahrens des Messinstitutes und den normierten Werten der sich ergebenden Kalibrierkurve des Betreibers wird eine Variabilitätsprüfung durchgeführt. Man erhält eine Messunsicherheit als Standardabweichung. Dieser Wert muss unterhalb einer gesetzlich geforderten Messunsicherheit liegen. Im Messwertrechner wird die Messunsicherheit vom normierten Messwert, der sich aus der Kalibrierkurve ergibt, abgezogen. Dieser sog. validierte Halbstundenmittelwert wird klassiert. Vertrauens- und Toleranzbereiche gibt es nicht mehr. Diese Vorgehensweise bringt bei Messwerten im Grenzwertbereich Vorteile für den Betreiber, bei geringen Staubkonzentrationen besteht allerdings die Gefahr, dass der validierte Messwert mit "0,0 mg/m³" ausgewiesen wird.

6.1.3.6 Gutachtliche Stellungnahmen

Im Berichtsjahr wurden 2 gutachtliche Stellungnahmen ausgearbeitet. Schwerpunktthemen gutachterlicher Stellungnahmen sind Themen im Bereich der Luftreinhaltung. Dazu zählen beispielsweise Emissionsprognosen von Oxy-Fuel- oder elektrisch beheizten Wannen, Ableitung von Emissionsgrenzwerten, Bilanzbetrachtungen, Einfluss der Brennstoffumstellung von Erdgas auf Heizöl oder kontinuierliche Bestimmung von Schwermetallemissionen.

6.1.4 Qualitätssichernde Maßnahmen

Sämtliche Aktivitäten der Messstelle unterliegen den Anforderungen eines strengen Qualitätssicherungssystems mit lückenloser Dokumentation, regelmäßigen Audits und Managementreviews. Die HVG arbeitet mit großem Hintergrundwissen und ausschließlich bestens geschultem Personal.

Die Bekanntgabe als Messstelle nach §29b BImSchG stellt hohe Anforderungen an das Personal sowie das Qualitätsmanagementsystem (QS-System). Sämtliche Tätigkeiten müssen in detaillierten Arbeitsanweisungen bzw. dem Qualitätsmanagementhandbuch verankert sein. Die messtechnische Ausstattung muss dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Alle Messgeräte werden turnusmäßig entsprechend einer Prüfmittelüberwachungsdatei auf ihre Funktionstüchtigkeit hin untersucht.

Die Pflege, Einhaltung und Überwachung der Vorgaben des QS-Systems erfolgt in der täglichen Arbeit, beispielsweise bei Justier- und Kalibriervorgängen im Labor und während der Probenahme vor Ort aber auch durch interne Audits bzw. durch Managementreviews. Innerhalb der 5-Jahresfrist

einer Akkreditierungsperiode führt die Akkreditierungsstelle außerdem sog. Überwachungsaudits durch. Ein Audit widmet sich dem System, ein weiteres Audit befasst sich mit dem Prozess. Beim Systemaudit werden die im Handbuch dokumentierten Themen wie z. B. Dienstleistungen für den Kunden, Lenkung fehlerhafter Prüf- und Kalibrierarbeiten, Lenkung der Dokumente, Beschwerden, Verbesserungen und Korrekturmaßnahmen durchleuchtet. Beim Prozessaudit steht beispielsweise die Sicherung der Qualität von Mess- und Prüfergebnissen, die Probenahme oder die messtechnische Rückführung auf dem Prüfstand.

Abweichungen von den Vorgaben der Regelwerke werden vom Gutachter als Korrekturmaßnahmen in gewichteter Form formuliert und müssen innerhalb einer vorgegebenen Frist behoben werden. Gravierende Fehler oder Missachtungen der Vorgaben von Regelwerken können die Aberkennung der Akkreditierung nach sich ziehen. Ein Arbeiten als amtlich benannte Messstelle ist dann nicht mehr möglich.

Die Kompetenz der Messstelle der HVG hinsichtlich der Probenahme und Analytik anorganischer partikelförmiger und gasförmiger Luftschadstoffe sowie organischer Emissionskomponenten wird unter anderem durch regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen bestätigt. Akkreditierte Messstellen müssen regelmäßig an Ringversuchen teilnehmen. Die Teilnahme an Ringversuchen ist kostenpflichtig. In einem Akkreditierungszeitraum von 5 Jahren müssen 2 erfolgreiche Ringversuche absolviert werden. In Deutschland finden Ringversuche inkl. Probenahme an der Emissionssimulationsanlage der HLNUG in Kassel

statt. Die Ringversuche beanspruchen einen zusammenhängenden Zeitraum von 6 Tagen und beinhalten die Bestimmung von Staub- und Staubinhaltsstoffen sowie gasförmigen anorganischen und organischen Komponenten.

Die Staubgehalte im Abgas werden in drei Konzentrationsbereichen zwischen 1 und 12 mg/m³ angeboten. Die Konzentrationen an Staubinhaltsstoffen (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn, V) sind zum Teil sehr gering und gehen bis in die Nähe der Bestimmungsgrenze hinein.

Auch bei den gasförmigen Komponenten werden Konzentrationen angeboten, die nicht typisch für den Bereich glasspezifischer Emissionen sind. Das untere Konzentrationsniveau für SO₂ kann 7 ppm betragen. Bei einer Abweichung von mehr als 1 ppm gilt der Ringversuch als nicht bestanden.

Folgende Komponenten und Messverfahren werden beim "Ringversuch Gase" beim Veranstalter (HLNUG) angeboten:

Nr. (k)	Komponente	Art der Ermittlung	Einzusetzendes Messverfahren	Konzentrationsbereich [mg/m ³]
1	SO ₂	diskontinuierlich	DIN EN 14791	20 bis 150
2	SO ₂ ¹	kontinuierlich	Mit einem eignungsgeprüften Messgerät	20 bis 150
3	NO _x als NO ₂	kontinuierlich	DIN EN 14792	60 bis 450
4	Toluol	diskontinuierlich	DIN EN 13649	4 bis 100 (Summe der Komponenten 4-6)
5	Ethylbenzol	diskontinuierlich	DIN EN 13649	
6	o-, m-, p-Xylol ²	diskontinuierlich	DIN EN 13649	
7	Formaldehyd	diskontinuierlich	VDI 3862 Blatt 2.3 oder 4	4 bis 40
8	Gesamt-C ³	kontinuierlich	DIN EN 12619	4 bis 100
9	Gesamt-C ¹²	kontinuierlich	DIN EN 12619	5 bis 100

Neben den erwähnten Ringversuchen inkl. Probenahme in Kassel müssen akkreditierte Messstellen über einen Ringversuchsplan verfügen, bei dem auch Komponenten wie HCl, HF oder NH₃ eingeschlossen sind. Die HVG beteiligt sich im Zweijahresrhythmus an angebotenen Analyse-Ringversuchen, z. B. beim LANUV in Nordrhein-Westfalen.

Alle Ringversuche wurden erfolgreich absolviert.

6.1.5 Ausrichtung der Messstelle

Zur Verstärkung der Messstelle wurden bereits in den Jahren 2022 und 2023 neue Messingenieure und eine zusätzliche Halbtagskraft für Labortätigkeiten eingestellt. Im Jahr 2024 gab es keine Neueinstellungen, allerdings muss das Team aufgrund der Altersstruktur in den kommenden Jahren aufgestockt werden.

Im Recherchensystem Messstellen (ReSy-MeSa) sind alle notifizierten Messstellen registriert. Zunehmend kommen auch aus anderen Industriezweigen Anfragen zur Durchführung von Emissions- oder Kalibriermessungen/Funktionsprüfungen automatischer Messsysteme. Die Messstelle der HVG wird sich dieser Herausforderung stellen und hat auch für das kommende Jahr schon Aufträge. Im Fokus bleiben sollten aber die Mess- und Forschungsuntersuchungen innerhalb der Glasindustrie. Wie bereits erwähnt müssen nach der neuen TA Luft Glashütten ohne kontinuierliche Emissionsüberwachung alle 6 Monate (bislang alle 3 Jahre) die Emissionen an NO_x, Staub und SO₂ von einer bekanntgegebenen Messstelle nach §29b BImSchG überwachen lassen. Diese Erhöhung der Messintensität muss im Falle der Umsetzung bei der Personalplanung, der Messplanung und der Budgetierung von Messequipment berücksichtigt werden. Die kontinuierliche Messtechnik zur Bestimmung der oben aufgeführten Komponenten wurde bereits in zweifacher zertifizierter Ausführung aufgestockt.

Anforderungen und Regelwerke auf dem Gebiet des Umweltschutzes werden in

immer kürzeren Zeitabständen überarbeitet bzw. neugestaltet. Die Messstelle der HVG will auch in Zukunft die Glasindustrie bei Fragen zur Luftreinhaltung und bei der vorwettbewerblichen Forschung intensiv unterstützen. Zur Mitgestaltung dieser Veränderungen muss die Glasindustrie gerüstet sein.

Die Kenntnisse und Erfahrungen aus den Arbeiten der Messstelle der HVG fließen u.a. in die Bearbeitung von Forschungsvorhaben mit umweltorientierten Themen, werden für Emissionsprognosen und Schornsteinhöhenberechnungen genutzt und unterstützen die Arbeit in nationalen und internationalen Gremien (TA Luft / Glass BREF / BV Glas / Zusammenarbeit mit UBA, usw.).

6.2 Bewertung der Ergebnisse aus Emissionsmessungen

Emissionsmessungen und Kalibriermessungen sind wichtige Bestandteile des Tätigkeitsfeldes der Messstelle der HVG. Die Informationen und Erkenntnisse aus den Messtätigkeiten dienen als unverzichtbare Datenbasis beispielsweise für Gespräche mit den zuständigen Genehmigungsbehörden oder bei der Ableitung von Emissionsbegrenzungen für Elektrowannen oder Oxy-Fuel-Wannen in Form von gutachtlichen Stellungnahmen.

Der Erfahrungsschatz der HVG stellt ebenfalls eine herausragende Grundlage für Diskussionen dar, etwa bei Richtlinienarbeiten auf nationaler und europäischer Ebene, bei den Aktivitäten des Technical Committee TC 13 "Environment" der International Commission on Glass (ICG) sowie der Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt (UBA), z. B. bei der Richtlinie 2001/81/EG

vom 23.10.2001 (NEC-Richtlinie) bzw. der Umsetzung der Glas BREF in deutsches Recht. Sehr wichtig war der Erfahrungsschatz bei der Richtlinienarbeit zur VDI 2578:2017 „Emissionsminderung Glashütten“.

Bei der HVG wird stets versucht, die Ergebnisse von Emissionsmessungen in einen Gesamtzusammenhang zu stellen, um dadurch Abhängigkeiten der verschiedenen Emissionskomponenten von der Vielzahl der Betriebsparameter ableiten zu können.

6.3 Emissionsminderung

6.3.1 Überblick

Die Umweltprobleme der Glasindustrie konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Emissionen in die Luft und den Energieverbrauch. In geringerem Umfang spielen die Emissionen ins Wasser sowie die anfallenden festen Abfälle und Reststoffe eine Rolle.

Zu den luftverunreinigenden Stoffen gehören die partikelförmigen Emissionen einschließlich der partikelförmigen und filtergängigen Staubinhaltsstoffe des Feinstaubanteils, Stickstoffoxide, Schwefeloxide sowie anorganische gasförmige Fluor- und Chlorverbindungen. Es kommt zur brennstoff- und rohstoffbedingten Kohlendioxidfreisetzung und in einigen Fällen auch zu Kohlenmonoxid Emissionen. Bei sekundären Stickstoffoxidsminderungsmaßnahmen können auch Ammoniak-Emissionen auftreten. Emissionen organischer Verbindungen und nicht verbrannter Kohlenwasserstoffe beziehungsweise Dioxine und Furane spielen im Abgas der Schmelzwannen keine, beziehungsweise nur eine untergeordnete Rolle.

In Deutschland sind alle Glasschmelzaggregate mit Abgasreinigungsanlagen ausgerüstet, die meist aus Elektrofilteranlagen oder filternden Abscheidern (Gewebefilter beziehungsweise keramische Kerzenfilter) mit vorgeschalteter Trockensorptionsstufe bestehen. Bei großen Anlagen sind oft Wärmenutzungssysteme installiert.

Der abgeschiedene Filterstaub wird im Behälterglas- und Flachglasbereich vollständig und bei den restlichen Sparten in vielen Fällen teilweise bzw. vollständig in den Prozess zurückgeführt und wieder eingeschmolzen.

Zur Entlastung der Abgasreinigungsanlagen werden alle zur Verfügung stehenden primären Minderungsmaßnahmen ausgeschöpft.

6.3.2 Saure Abgasbestandteile

Als Absorptionsmedium kommt vorwiegend Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) zur Anwendung. Dieses Absorbens besitzt die besten Absorptionsraten gegenüber SO_2 , HCl und gasförmigem Selen bei Abgastemperaturen zwischen 350 und 400°C. Bei geringeren Abgastemperaturen gehen die Absorptionsraten dagegen merklich zurück. Die Reaktivität gegenüber HF und SO_3 ist im Gegensatz dazu über den gesamten Temperaturbereich von 180 bis 400°C fast unverändert hoch. In einzelnen Fällen werden auch leichte Soda oder Natriumbikarbonat als Sorptionsmittel eingesetzt, insbesondere wenn die Abscheidung von SO_2 im Vordergrund steht, HF als Emissionskomponente nur eine untergeordnete Rolle spielt und geringere Abgastemperaturen (kleiner 300°C) vorliegen. Der möglichen Bildung von Natriumbisulfat ist im Hinblick auf die Einsatztemperatur und auf die Stöchiometrie entsprechende Beachtung zu

schenken. Dies gilt auch für den Fall, dass eine Mischung von Calciumhydroxid und leichter Soda eingesetzt wird, um die Vorteile beider Sorptionsmittel miteinander zu verbinden und damit die Filterstaubmengen im Interesse einer vollständigen Filterstaubrückführung auch bei hohem Scherbenanteil zu minimieren. Mit dem Einsatz von Natriumbikarbonat konnten an einigen Anlagen signifikante Minderungsraten bei der Abscheidung von gasförmigen Borverbindungen erzielt werden.

6.3.3 NO_x

Stickstoffoxide stellen nach wie vor die wichtigste Emissionskomponente bei der Glasschmelze dar. Stickstoffoxidemissionen lassen sich durch primäre und sekundäre Minderungsmaßnahmen erzielen. In der VDI-Richtlinie 2578:2017 "Emissionsminderung Glashütten" sind alle bekannten und dem Stand der Technik entsprechende Primärmaßnahmen aufgelistet.

Zu den primären Minderungsmöglichkeiten gehört auch die Oxy-Fuel-Technologie. Mit der Oxy-Fuel-Feuerung lassen sich bekanntermaßen die Stickstoffoxide auf einem niedrigen Niveau halten.

In der Spezialglasindustrie fand schon vor vielen Jahren eine weitgehende Umstellung von konventioneller Feuerungstechnik hin zur Oxy-Fuel-Feuerung statt. Mit der Umstellung von konventioneller Feuerung auf Oxy-Fuel-Feuerung konnten die NO_x-Emissionen drastisch gesenkt werden. Oxy-Fuel-Wannen findet man auch bei der Faserglasproduktion, beim Gussglas, im Behälterglasbereich und bei der Frittenschmelze.

Zur sekundären Minderung der NO_x-Emissionen von Glasschmelzöfen stehen grundsätzlich zwei Verfahren zur Verfügung:

a) SNCR-Verfahren:

Beim SNCR-Verfahren (Verfahren der selektiven nicht katalytischen Reduktion) werden die Stickstoffoxide ohne Einsatz eines Katalysators im Temperaturbereich zwischen 850 °C und 1050 °C mit Hilfe von Ammoniak, Ammoniaklösung oder Harnstofflösung zu Stickstoff und Wasser reduziert. Zur Erzielung hoher Minderungsraten bei geringem Ammoniak schlupf ist die Einhaltung des Temperaturfensters und eine möglichst gute Einmischung des Reduktionsmittels in den Abgasstrom zwingende Voraussetzung. Das Temperaturfenster von 850 °C bis 1050 °C ist besonders günstig bei kontinuierlich betriebenen regenerativ beheizten Glasschmelzwannen erreichbar. Das SNCR-Verfahren ist für regenerativ beheizte Glasschmelzwannen nicht geeignet, da das erforderliche Temperaturfenster in der Mitte der Regenerativkammern liegt und somit nicht zugänglich ist. Nur durch massive konstruktive Veränderungen beim Neubau, etwa einem zweizügigen Kammersystem mit dazwischen liegender Eindüsung, lässt sich bei regenerativ beheizten Schmelzwannen die SNCR-Technologie implementieren. Das Betreiben einer SNCR-Anlage ist oft mit erhöhten Ammoniak schlupf-Emissionen verbunden.

Nach dem Kenntnisstand der HVG sind in Deutschland nur bei der Wasserglasschmelze SNCR-Minderungstechnologien installiert.

b) SCR-Verfahren:

Beim SCR-Verfahren, dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion, werden die Stickstoffoxide im Temperaturbereich von 200 bis 400 °C katalytisch zu Stickstoff und Wasser reduziert. Sofern Schwefeloxide im Abgas vorhanden sind – und das ist bei allen Kalk-Natron-Silicatglas-schmelzwannen technologisch bedingt der Fall – verengt sich das Temperaturfenster auf etwa 320 bis 400 °C, da sich bei tieferen Temperaturen Ammonium-Schwefelverbindungen bilden, die den Katalysator verstopfen bzw. verkleben würden. Rohgasseitig angeordnete Wärmetauscher zur Abwärmenutzung oder Glasschmelzwannen mit integrierter Gutvorwärmung senken das Abgastemperaturniveau und gestalten den Betrieb einer SCR-Anlage schwierig. Als Katalysatoren werden heute praktisch ausschließlich Wabenkatalysatoren auf der Basis Titandioxid / Vanadiumpentoxid verwendet.

Als Reduktionsmittel wird in der Regel 25 %-ige Ammoniaklösung oder Harnstofflösung eingesetzt. Für das SCR-Verfahren ist charakteristisch, dass in einem weiten Bereich bis zu einer Reduktionsrate von 95 % ein stöchiometrischer Umsatz stattfindet. Damit ist der spezifische Ammoniakverbrauch deutlich geringer als beim SNCR-Verfahren und der Ammoniak schlupf bei ordnungsgemäßer Dosierung meist geringer. Für 1 kg zu reduzierendes NO_x werden etwa 0,38 kg Ammoniak benötigt. Für einen erfolgreichen Betrieb des SCR-Verfahrens ist wie beim SNCR-Verfahren eine möglichst gute Einmischung des Reduktionsmittels in den Abgasvolumenstrom Voraussetzung. Dies erfolgt in der Regel über speziell dimensionierte statische Mischer. Eine weitere

Voraussetzung ist ein geringer Reingasstaubgehalt, damit die Katalysatormodule nicht verstopfen. Je nach Agglomerationsneigung der vorliegenden Stäube muss zur Abreinigung ein hoher Aufwand betrieben werden. Der abgelagerte Staub auf den Stirnflächen der Katalysatormodule wird mittels Staubbläser abgelöst, die z.B. mit aufgewärmter Luft betrieben werden.

Die Installation von SCR-Anlagen birgt allerdings die Gefahr, dass primärseitige NO_x-Minderungsmaßnahmen außer Acht gelassen werden und die geforderten Reingaskonzentrationen durch erhöhte Ammoniakmengen kompensiert werden.

Der erzielbare NO_x-Abscheidegrad bzw. der NO_x-Reingasgehalt hängt ausschließlich von der Auslegung bzw. dem Katalysatorvolumen ab. Eine untere Grenze für die erreichbaren Reingaskonzentrationen gibt es nicht. Die Minderung der NO_x-Emissionen durch sekundärseitige Maßnahmen stellt kein technisches Problem dar, sofern entsprechende Randbedingungen beachtet werden, sondern ein wirtschaftliches.

In Deutschland sind nach dem Wissensstand der HVG im Floatglasbereich alle Schmelzwannen mit SCR-Katalysatoren ausgerüstet, im Bereich der Behälterglasindustrie sind derzeit mindestens vier keramische SCR-Katalysatoren hinter Elektrofilteranlagen in Betrieb. Hinzu addieren sich beim Behälterglas zunehmend keramische Filterkerzenanlagen mit katalytischer Beschichtung. Die Staubabscheidung und Abreinigung der abgeschiedenen Stäube bei Filterkerzenanlagen ist mit der Abscheidung von filternden Abgasreinigungsanlagen (Gewebe filter) vergleichbar. Der große Vorteil keramischer Filterkerzen gegenüber

Gewebefilteranlagen besteht neben dem Betrieb bei höheren Abgastemperaturen in der Möglichkeit, das Filtermaterial mit katalytisch wirkenden Materialien zu versehen. Damit wird der filternde Abscheider in Verbindung mit beispielsweise einer Ammoniak eindüsung auch zur SCR-Entstickungsanlage. Keramische Filterkerzenanlagen mit katalytischer Beschichtung werden auch bei anderen Glasbranchen eingesetzt.

Die erste Gewebefilteranlage mit Abgaswärmeververschiebesystem und SCR-Katalysator ging im Jahr 2018 im Spezialglasbereich in Betrieb.

6.4 Beratungstätigkeit der Abteilung „Umweltschutz“

6.4.1 Novellierung der TA-Luft

Bei Glasschmelzwannen handelt es sich in der Regel um genehmigungsbedürftige Anlagen zur Herstellung von Glas nach Ziffer 2.8 des Anhangs 1 der 41. BImSchV.

Die Verwaltungsvorschrift Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) beinhaltet für Anlagen zur Herstellung von Glas die Vorgaben zur Thematik Emissionsüberwachung. Die letzte Fassung stammte aus dem Jahr 2002 und befand sich einige Jahre im Stadium der Novellierung. Am 18. August 2021 trat die aktuelle TA Luft in Kraft.

Die TA Luft untergliedert die Glasindustrie in die Sparten Behälterglas, Flachglas, Spezialglas, Wirtschaftsglas, Mineralwolle, Endlosglasfasern und Glasfritten. Neu ist die Aufnahme des Sektors Wasserglas. Wasserglas wurde in der Vergangenheit auf europäischer Ebene nicht der Glass-BREF

zugeordnet, sondern war Bestandteil der Chemischen Industrie (BREF LVIC-S). In der TA Luft wurden die Anlagen zur Herstellung von Wasserglas nach der anfänglichen Zuordnung zum Sektor Spezialglas mittlerweile mit einem eigenen Sektor belegt. In der aktuellen TA Luft sind Anlagen zur Herstellung von Wasserglas unter Punkt 5.4.2.8.1h/2h aufgeführt. In einem Gutachten der HVG für den Bereich Wasserglas vom Januar 2014 wurde eine Diskussionsgrundlage zur Festlegung von Emissionsbegrenzungen ausgearbeitet. Die im Gutachten vorgeschlagenen Emissionsbegrenzungen orientieren sich an den Werten der Glasindustrie (und nicht an den geplanten deutlich geringeren Werten der chemischen Industrie (BREF LVIC-S)). Die vorgeschlagenen Emissionsbegrenzungen der HVG wurden in der neuen TA Luft übernommen. Ein weiteres Gutachten der HVG auf dem Gebiet der Luftreinhaltung für den Verband der europäischen Wasserglashersteller wurde im Jahr 2018 bearbeitet.

Die in der TA Luft bzw. den oben genannten rechtlichen Regelungen aufgeführten Emissionswerte (Konzentrationswerte) beziehen sich auf trockenes Abgas im Normzustand (1013 hPa, 273 K) und bei kontinuierlich betriebenen Brennstoff-Luft-beheizten Glasschmelzwannen auf einen Bezugssauerstoffgehalt von 8 Vol.-% bzw. bei Hafenöfen und Tageswannen auf einen Wert von 13 Vol.-%.

Bei Brennstoff-Sauerstoff-beheizten Glasschmelzwannen ist die Umrechnung auf einen Vergleichswert (Bezugssauerstoffgehalt) nicht sinnvoll, da oftmals zwischen dem durch reinen Sauerstoffüberschuss bedingten und dem durch zuströmende Umgebungsluft bedingten O₂-Gehalt als

Volumenprozent im Abgas nicht unterschieden werden kann. Aus diesem Grund empfiehlt sich bei diesem Wannentyp z. B. die Festlegung produktbezogener Emissionswerte, z. B. kg NO_x/t Glas oder eine Massenstrombegrenzung. Bei stabil laufenden Anlagen ohne nennenswerte Änderungen können auch Konzentrationswerte zur Emissionsüberwachung herangezogen werden.

Bei vollelektrisch beheizten Glasschmelzwannen ist die Umrechnung gemessener Konzentrationen auf einen Bezugssauerstoffgehalt nicht möglich, da der O₂-Gehalt (in Volumenprozent) der Abgase bzw. der Abluft dieser Wannen nahe 21 Vol.-% liegt. Angesaugte Umgebungsluft dient bei diesen Wannen als Trägermedium für die Schadstoffe. Werden die Abgase unterschiedlicher Wannentypen gemeinsam behandelt, empfiehlt sich ebenfalls die Anwendung von produktbezogenen Emissionswerten oder Massenstrombegrenzungen. In einigen Fällen können auch Konzentrationswerte ohne Sauerstoffbezug herangezogen werden. Sofern die rechtlichen Voraussetzungen es zulassen, kann sich diese Herangehensweise auch bei energetisch optimierten Wannen anbieten, da bei diesen der Abgasvolumenstrom reduziert und damit die Schadstoffkonzentration erhöht ist.

Die für die Begrenzung der Emissionen einschlägigen branchenspezifischen Emissionswerte der einzelnen Emissionskomponenten sind der TA Luft, Kapitel 5, zu entnehmen. Die speziellen Regelungen für die Anlagen zur Herstellung von Glas und Mineralfasern finden sich in den Kapiteln 5.4.2.8 und 5.4.2.11. Die nachfolgenden Angaben

zur Novellierung besitzen nur orientierenden Charakter und sind nicht vollständig.

Neu geregelt wurde ein Teilbereich der Emissionsüberwachung. Werden die Emissionskomponenten Staub, NO_x und SO₂ vom Betreiber nicht kontinuierlich gemessen, dann muss nach der neuen TA Luft die Einhaltung von Emissionsbegrenzungen zukünftig anhand von halbjährlich durchzuführenden Emissionsmessungen (anstatt bisher 3-jährliche Messungen) überwacht werden.

Der Neuaufbau einer Wanne (Kaltreparatur) wird weiterhin als Altanlage betrachtet, sofern keine Erhöhung der aktuell genehmigten Schmelzleistung damit verbunden ist.

Gesamtstaub

Neue Abgasreinigungsanlagen dürfen die Massenkonzentration an Gesamtstaub von 10 mg/m³ nicht überschreiten, Altanlagen dürfen in der Regel 20 mg/m³ emittieren. Da Anlagen, in denen ein Vorwärmer für das Gemenge betrieben wird, zu einer höheren Verstaubung neigen, wurde erstmals ein produktbezogener Wert für Staubemissionen aufgenommen (z. B. 0,06 kg/t_{Glas} beim Behälterglas), um ggf. diesen erhöhten Staubemissionen Rechnung tragen zu können.

Staubförmige anorganische Stoffe

Die Einstufungen von Staubinhaltsstoffen der Glass BREF und der TA-Luft sind nicht deckungsgleich. In der Glass BREF werden 6 Elemente (As, Co, Ni, Cd, Se, CrVI) mit einer Begrenzung von max. 1 mg/m³ genannt. Kommen die Elemente (Sb, Pb, CrIII, Cu, Mn, V, Sn) hinzu, liegt die Begrenzung in der Summe bei 5 mg/m³. In der TA-Luft

gibt es zum Teil deutlich schärfere Begrenzungen und differenzierte Klasseneinteilungen. Den Besonderheiten beispielsweise im Behälterglasbereich mit hohem Fremdscherbeneinsatz oder dem produktqualitätsbedingten Einsatz von Blei, Selen, Arsen und Cadmium im Spezialglasbereich wird in der TA-Luft weiterhin Rechnung getragen.

Schwefeloxide

Die Emissionsbegrenzungen für Schwefeloxide wurden an die Vorgaben der Glass BREF branchenbezogen angepasst. Aufgrund der in Deutschland weit verbreiteten vollständigen Filterstaubrückführung und hohen Scherbenanteile kann es zu einer Aufkonzentration von SO_x und somit entsprechend erhöhten Emissionen kommen, die sich so in der TA Luft nicht wiederfinden. Daher kann es unter Umständen, mit Ausnahme der Behälter- und Flachglasherstellung, notwendig sein, von LAI-der TA Luft abweichende Werte festzulegen, sofern alle verfügbaren Maßnahmen ausgeschöpft werden und die fehlende Verhältnismäßigkeit der Werte festgestellt wurde. Als Orientierung sollten die Werte der TA Luft von 2002 dienen. Gegebenenfalls geht eine derartige Abweichung mit Berichtspflichten an die europäische Kommission einher. Die Emissionsbegrenzung für gasbeheizte, sulfatgeläuterte Massengläser im Behälter- oder Flachglasbereich mit vollständiger Filterstaubrückführung beträgt beispielsweise $0,70 \text{ g/m}^3 \text{ SO}_x$.

Anorg. Chlor- und Fluorverbindungen

Die Emissionsbegrenzung für HF beträgt bei den meisten Branchen 5 mg/m^3 , Flachglaswannen dürfen 4 mg/m^3 emittieren. Die Emissionsbegrenzungen für HCl liegen je nach Glasbranche bei 10 oder 20 mg/m^3 . Aufgrund der in Deutschland weit verbreiteten vollständigen Filterstaubrückführung und hohen Scherbenanteilen kann es erhöhten HCl-Konzentrationen kommen. Im Bereich der Behälterglasherstellung wird die HCl-haltige Abluft aus der Heißendvergütung der Glasbehälter gemäß dem Stand der Technik gemeinsam mit den Wannenabgasen gereinigt. Die Emissionsbegrenzung für Behälter-, Flach-, Spezial- und Wirtschaftsglas beträgt 20 mg/m^3 . Die restlichen Bereiche unterliegen einem Wert von 10 mg/m^3 .

Stickstoffoxide

Die Volumenstrombegrenzung der TA-Luft aus dem Jahr 2002 von $50000 \text{ m}^3/\text{h}$ wurde aufgehoben. D. h. alle Neuanlagen mit konventioneller Befeuerung müssen unabhängig von der Anlagengröße den neuen Emissionswert von $0,50 \text{ g/m}^3$ einhalten, konventionell befeuerte Altanlagen dürfen $0,70 \text{ g/m}^3$ emittieren. Abweichungen von den Emissionswerten der TA Luft, sofern alle verfügbaren Maßnahmen ausgeschöpft wurden und die fehlende Verhältnismäßigkeit der Werte festgestellt wurde, gehen u. U. mit Berichtspflichten an die europäische Kommission einher.

Die Höhe der Emissionsbegrenzungen für Stickstoffoxide berücksichtigt den Einsatz von Nitraten. Außerdem können bei kleinen Anlagen von weniger als 100 t/d Sonderregelungen getroffen werden.

Bei den Sektoren Behälterglas, Endlosglasfasern, Wirtschaftsglas, Spezialglas und Glasfritten wird bei den Altanlagen unter der Emissionskomponente Stickstoffoxide folgender Passus aufgeführt:

Diese Anforderungen zur Begrenzung der Emissionen an Stickstoffoxiden sind spätestens acht Jahre nach Inkrafttreten dieser Verwaltungsvorschrift einzuhalten; während der genannten Frist sind nach Ablauf jeder Wannenreise die dem Stand der Technik entsprechenden baulichen Veränderungen an der Schmelzwanne zur Senkung der Emissionen an Stickstoffoxiden vorzunehmen.

Für Brennstoff-Sauerstoff-beheizte Glas-schmelzwannen und Elektrowannen gelten erstmals sektorspezifische produktbezogene Emissionswerte.

Der Hinweis auf die VDI-Richtlinie 2578:2018 wurde gestrichen. Dort wird eine Berechnungsmethode aufgezeigt, nach der verhältnismäßige Emissionswerte anhand von konventionell befeuerten Vergleichswannen abgeleitet werden können.

Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid wurde bei zurückliegenden Regelwerken nicht berücksichtigt. Zukünftig muss eine Konzentration von 0,10 g/m³ eingehalten werden.

Auszug aus der neuen TA Luft:

KOHLENMONOXID
Werden Primärtechniken oder die chemische Reduktion durch Brennstoff zur Stickstoffoxid-Minderung eingesetzt, so dürfen die Emissionen an Kohlenmonoxid im Abgas 0,10 g/m³ bezogen auf Emissionen von 0,80 g/m³ an Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid im Abgas nicht überschritten werden. Abweichend davon kann bei geringeren Stickstoffoxid-Emissionen ein entsprechend höherer Kohlenmonoxid-Emissionswert durch die zuständige Behörde festgelegt werden. Der Wert bezieht sich bei regenerativ beheizten Wannen ausschließlich auf die Zeiten der Befeuerung und nicht auf die Zeiten der Feuerungswechsel.

Da der CO-Wert bei sinkenden NO_x-Werten steigt, kommt es hier zu einem Konflikt mit der Bestrebung nach möglichst geringen

NO_x-Werten. Um dieses Problem abzuschwächen, wurde der CO-Wert von 0,10 g/m³ auf den für Altanlagen geltenden NO_x-Wert von 0,80 g/m³ sowie bei regenerativ beheizten Wannen nur auf die Zeiten der Feuerung bezogen. Bei niedrigeren NO_x-Werten können also auch höhere CO-Werte festgelegt werden. Da es jedoch kein allgemeingültiges Verhältnis zwischen CO und NO gibt, müssen diese Werte anlagenspezifisch nach entsprechenden Messungen festgelegt werden. Der höchstmöglichen NO_x-Minderung wird damit auch weiterhin Priorität gegeben.

Reproduktionstoxische Stoffe

In der neuen TA Luft ist unter Ziffer 5.2.7.1.3 "Reproduktionstoxische Stoffe" ein Grenzwert von 1 mg/m³ vorgesehen.

Die langjährigen Forschungsaktivitäten zum Thema „Boremissionen und Minderungsmöglichkeiten“ wurden in einer gemeinsamen Präsentation von Herrn Prof. Schaeffer und Herrn Gitzhofer als Beitrag des BV-Glas im April 2016 beim UBA mit Vertretern des BMU sowie der Industrie vorgestellt. Bei dem Treffen ging es um eine neue Emissionsbegrenzung in der TA Luft für reproduktionstoxische Stoffe (u.a. fällt Borsäure darunter) von 0,05 mg/m³.

Als Folge der Präsentation wurden in den Referentenentwürfen zur neuen TA Luft die Glassektoren Spezialglas, Glaswolle, Glasfritten und Endlosglasfasern von dem neuen Grenzwert ausgenommen (siehe Auszug).

REPRODUKTIONSTOXISCHE STOFFE
Nummer 5.2.7.1.3 findet in Bezug auf Bor und seine Verbindungen keine Anwendung. Die Möglichkeiten, die Emissionen an Bor und seinen Verbindungen durch prozesstechnische und andere dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen zu vermindern, sind auszuschöpfen.

In den Jahren 2018/2019 wurden von der HVG viele Rückstellproben aus Emissionsmessungen im Behälterglasbereich auf gasförmige Borverbindungen analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass auch im Abgas von Behälterglaswannen beachtliche Boremissionen auftreten können. Zusammen mit dem BV Glas und dem Umweltbundesamt wurde das Thema aufgegriffen und intensiv, auch anhand weiterer Messungen im Glasbereich, bearbeitet. Vermutlich werden die Emissionen durch borhaltige Scherben im Altglasrecycling verursacht und sind damit nur schwer beeinflussbar. Aus diesem Grund hat das Umweltbundesamt und der LAI die Forderung des BV Glas unterstützt, den Glassektor Behälterglas, der hohe Altglasscherbenanteile am Gemengesatz einsetzt, ebenfalls von der Begrenzung für reproduktionstoxische Stoffe zu entkoppeln. Letztendlich wurde der oben aufgeführte Auszug auch bei Sektoren Flachglas und Wirtschaftsglas eingefügt.

Formaldehyd

Im Bereich der Glasindustrie ist ausschließlich die Weiterverarbeitung von Glasfasern davon betroffen (siehe Auszug aus dem Anhang 1 der Vollzugsempfehlungen des LAI vom 09.12.2015).

4. BImSchV Nr.	Anlagenbeschreibung	Emissionswert (mg/m ³)
2.8	Anlagen zur Herstellung von Glas, auch soweit es aus Altglas hergestellt wird, einschließlich Anlagen zur Herstellung von Glasfasern, hier: Glasfasern, deren Abgase aus der Formgebung und Beschichtung getrennt von den Wannenabgasen behandelt werden	10

Mit dem "hier" wird darauf hingewiesen, dass es sich ausschließlich nur um die Weiterverarbeitung von Glasfasern handelt

(keine Wannenabgase und keine anderen Glasbranchen).

Quecksilber

Die Emissionsbegrenzung für Quecksilber wurde von 0,05 auf 0,01 mg/m³ abgesenkt. Aufgrund der drastischen Absenkung war zu prüfen, ob evtl. Sektoren der Glasindustrie davon betroffen sind.

Die HVG hat sich der Aufgabe gestellt und in den Jahren 2019 / 2020 viele Hg-Messungen im Abgas von Behälterglaswannen durchgeführt. Die Messwerte der HVG wurden zusammen mit weiteren Messergebnissen aus anderen Glassektoren vom BV Glas zusammengetragen und mit dem Umweltbundesamt diskutiert. Die bisherige Emissionsbegrenzung von 0,05 mg/m³ für Quecksilber bleibt zukünftig für den Fall des Fremdscherbeneinsatzes bei den Sektoren Behälterglas, Glaswolle und Anlagen zum Schmelzen mineralischer Stoffe (Pkt. 5.4.2.11 TA Luft) bestehen, die neue Konzentration von 0,01 mg/m³ wird zum Zielwert.

6.4.2 Mitarbeit in Gremien

GITZHOFFER:

- o Mitglied im Fachausschuss II "Glasschmelztechnologie" der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss IV "Glasformgebungstechnologie und Qualitätssicherung" der DGG
- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG
- o Mitglied des TC 13 "Environment" der ICG
- o Mitglied im Umweltausschuss des Bundesverbandes Glasindustrie e.V. (BV Glas)

GUSTMANN:

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG
- o Mitglied im Unterausschuss „Glasanalyse“ des Fachausschusses I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG

KRÖBER:

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG

LÖBER:

- Schriftführer des Fachausschusses VI "Umweltschutz" der DGG "

LUDGEN:

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG
- o Möglichkeit der Teilnahme im Unterausschuss „Glasanalyse“ des Fachausschusses I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG

SABSABI: (seit 03.07.2023)

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG

PETERMANN:

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG

QAZI:

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG
- o Möglichkeit der Teilnahme im Unterausschuss „Glasanalyse“ des Fachausschusses I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG

RÜHL:

- o Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG
- o Möglichkeit der Teilnahme im Unterausschuss „Glasanalyse“ des Fachausschusses I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG

7. Verwaltung externer Forschungsvorhaben

Im Bedarfsfall werden in diesem Kapitel die glaswissenschaftlichen und glastechnischen Arbeiten zusammengestellt, die an externen Forschungsstellen über die HVG mit Mitteln des BMWK im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsförderung (IGF) gefördert werden.

Die finanziellen Mittel zu diesen Vorhaben werden sowohl in geringem Maße über die Beiträge der HVG-Mitgliedshütten als auch im Wesentlichen durch Zuschüsse der öffentlichen Hand bereitgestellt. Die öffentlichen Mittel werden über den DLR Projektträger vom Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der Arbeiten werden bei Veranstaltungen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, im Open Access Journal „Glass Europe“ und in den „DGG Informationen“ vorgestellt. Hinzu kommen die Zwischenberichte in den Fachausschüssen der DGG. Aus technologischer Sicht besonders interessante Ergebnisse werden über die HVG-Mitteilungen bereits vor der endgültigen Veröffentlichung des Abschlussberichtes zugänglich gemacht.

Im Berichtsjahr 2024 gab es ein von der HVG verwaltetes externes gefördertes IGF-Forschungsvorhaben der TU Bergakademie Freiberg.

7.1 Externe Forschungsvorhaben

7.1.1 Schmelzen von Braunglas in vollelektrischen Schmelzwannen Braunglas-VES (IGF)

Die TU Bergakademie Freiberg bearbeitete das IGF-Vorhaben „Schmelzen von Braunglas in vollelektrischen Schmelzwannen.“

Das Ziel des Projektes ist es, die technologisch notwendigen Bedingungen zur Herstellung von braunem Behälterglas in vollelektrischen Schmelzwannen ohne die Berücksichtigung des Ofenbaues (Einfluss der Anordnung und Verschaltung von TOP-, Horizontal und Bodenelektroden) im Labormaßstab zu untersuchen und Wege zur Realisierung einer vollelektrischen Schmelze von Braunglas zu eröffnen. Dieses Ziel ist verknüpft mit einer langfristig für die Glasindustrie verbundenen Möglichkeit zur Einsparung von Energie (geringer spez. Energieverbrauch), einer geringeren Umweltbelastung (CO₂, SO₂, NO_x, Verstaubung, Materialverbrauch) und einer technologischen Möglichkeit dem Energiewandel in Zukunft zu begegnen.

Ergebnisse aus dem Berichtszeitraum:

Die Produktion von Braunglas in vollelektrischen Glasschmelzwannen (VES) wird derzeit nach dem Stand der Technik nicht realisiert, da sowohl eine Farb- als auch eine Gemengedeckenstabilität nicht erreicht werden kann.

Im Rahmen unseres Projektes „Schmelzen von Braunglas in vollelektrischen Schmelzwannen“, werden die technologisch notwendigen Bedingungen zur Herstellung von braunem Behälterglas in VES untersucht,

um damit die industrielle Realisierung einer vollelektrischen Braunglasschmelze zu unterstützen. Zur Lösung dieses Problems sind bei unseren Versuchen im Labormaßstab folgende Schritte geplant:

- o Variation des Sulfat- bzw. Kohlenstoffanteils in Braunglasgemenge,
- o Einsatz von alternativen Rohstoffen, die weniger Gase wie z.B. CO_2 abgeben (z. B. CaO),
- o Verwendung alternativer Schwefelträger bzw. weniger Reduktionsmittel im Gemenge (anteiliger Ersatz von Natriumsulfat durch Pyrit).

In der Projektlaufzeit nahmen wir eine kontinuierlich betriebene Versuchsschmelzapparatur für Kleinstdurchsätze in betrieb, welche für eine Schmelzleistung von ca. 20 kg/d ausgelegt ist (Abb. 1). Zu diesem Zweck wurde ein senkrecht stehender Rohrofen um einen ausreichend großen Tiegel mit Bodenablauf bzw. Düse ergänzt. Das Einlegen des Gemenges in den Tiegel erfolgt kontinuierlich von oben, so daß auf diese Weise ein kontinuierliches Schmelzen möglich ist.

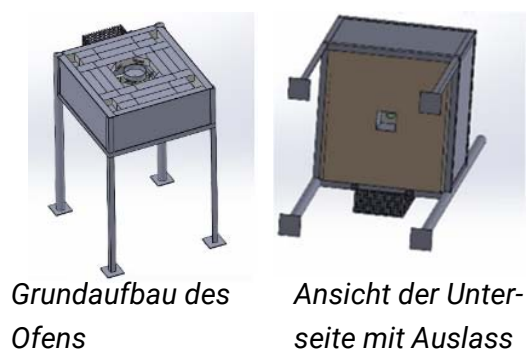


Abb. 1: Versuchsschmelzapparatur mit Ansicht des Ofens.

Im ersten Abschnitt der Projektlaufzeit erfolgte der für das Schmelzen erforderliche Energieeintrag nur durch seitlich außerhalb

des Tiegels angeordnete Kanthal-Heizstäbe. Im aktuellen Abschnitt der Projektbearbeitung konnte eine Erweiterung des Heizkonzeptes durch direkte elektrische Beheizung in der Glasschmelze durch Elektroden erreicht werden. Derzeit verwenden wir zwei Elektroden, welche vertikal von oben durch die Gemengedecke eingeführt und oberhalb der Schmelze durch Schutzrohre aus Korund isoliert werden. Als vorteilhaft erwies sich die Wahl von SiBor-beschichteten Molybdänelektroden mit guter Haltbarkeit.

Bisherige Ergebnisse der Versuche im von außen beheiztem Ofen

- o Gemengedeckenstabilität im „cold-top“-VES ist stark beeinflussbar durch Sulfat- und Kohlenstoffanteil,
- o beim Einsatz 50% Braunscherben (fremd) sowie 30% Braun- und 20% Grünscherben blieben Farbe und Gemengedecke stabil,
- o Mischscherben (braun + grün + weiß) beeinträchtigten die Gemengedeckenstabilität signifikant.

Ausblick

Die aktuellen Versuche in der gegenwärtigen Projektphase zielen zunächst auf Bestätigung und Erweiterung der Resultate der bisherigen Schmelzexperimente unter konsequentem Einsatz der Molybdänelektroden.

- o Ermittlung des genauen Bereichs des Sulfatanteils, bei dem sowohl Gemengedeckenstabilität als auch korrekte Farbbildung und Läuterung gewährleistet ist.
- o Genauere Bestimmung der

Bereiche der spezifischen Schmelzleistung (SSL), in denen in unserem Versuchsaufbau die Gemengedekkenstabilität erhalten bleibt.

- o Untersuchung der Gemengedekkenstabilität bei unterschiedlich dicker Gemengedecke.
- o Prüfung der Verwendungsfähigkeit von alternativen Rohstoffen, die weniger Gase abgeben wie z. B. CaO.
- o Untersuchung des Einflusses von alternativen Schwefelträgern (z. B. Pyrit für Natriumsulfat) sowie von verringertem Anteil an Reduktionsmitteln im Gemenge.

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.
Siemensstraße 45, 63071 Offenbach am Main

Tel.: +49 (69) 97 58 61 -0, FAX: +49 (69) 97 58 61 -99, Mail: info@hvg-dgg.de
Website: www.hvg-dgg.de