



**HVG-DGG**  
Service und Forschung für die Glasherstellung



## **HVG-TÄTIGKEITSBERICHT 2022**

für das 102. Geschäftsjahr



---

Tätigkeitsbericht der  
Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V.  
für das 102. Geschäftsjahr 2022

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V.  
Siemensstraße 45, 63071 Offenbach

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

---

## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| Vorwort.....   | 7         |
| Forschungsinstitut .....   | 9         |
| Vorstand.....  | 9         |
| Beirat.....  | 9         |
| Verzeichnis der Mitgliedsfirmen und Mitgliedshütten der HVG.....   | 10        |
| <br>   |           |
| <b>1. Interna .....</b>  | <b>12</b> |
| <br>   |           |
| <b>2. Sitzungen der Gremien der HVG .....</b>  | <b>13</b> |
| 2.1 Mitgliederversammlung .....  | 13        |
| 2.2 Sitzungen des Vorstandes der HVG .....   | 13        |
| 2.3 Sitzungen des Beirats der HVG.....   | 14        |
| <br>   |           |
| <b>3. Veranstaltungen der HVG .....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1 HVG-Fortbildungskurs .....   | 15        |
| 3.2 HVG-Fortbildungsseminare.....  | 16        |
| 3.2.1 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 1:<br>Schmelze, 26./27. April 2022.....            | 16        |
| 3.2.2 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 2:<br>Formgebung, 10./11. Mai 2022 .....           | 16        |
| 3.2.3 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 3:<br>Minderung der Emissionen, 12. Mai 2022 ..... | 17        |
| 3.2.4 HVG-Seminar „Farbe und Läuterung von Glas“, 8./9. November 2022.....   | 18        |
| 3.3 Gemeinschaftstand „Glasforschung in D“ auf der Glasstec2022 .....  | 18        |
| <br>   |           |
| <b>4. Veröffentlichungen und Vorträge .....</b>  | <b>20</b> |
| 4.1 HVG-Mitteilungen.....  | 20        |
| 4.2 HVG-Newsletter.....  | 20        |
| 4.3 Publikationen der HVG .....  | 20        |
| 4.3.1 Bezugsquellen.....   | 20        |
| 4.3.2 Veröffentlichungen von HVG-Mitarbeiter:innen .....   | 20        |
| 4.4 Vorträge von HVG-Mitarbeiter:innen .....   | 20        |
| 4.5 Posterpräsentationen von HVG-Mitarbeitern.....   | 22        |

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. Glastechnologie</b> .....  | <b>23</b> |
| 5.1.1 Mit öffentlichen Mitteln geförderte Forschungsvorhaben.....                                    | 23        |
| 5.1.1.1 AZS-Mineralogie (AiF) .....  | 23        |
| 5.1.1.2 Anreicherung 2 (AiF) .....   | 24        |
| 5.1.1.3 H <sub>2</sub> -Glas (AiF) .....   | 24        |
| 5.1.1.4 MaxScherben (AiF).....   | 25        |
| 5.1.1.5 Relnvent (KlimPro Industrie, BMBF).....  | 26        |
| 5.1.1.6 Glas-CO <sub>2</sub> (KlimPro Industrie, BMBF) .....   | 27        |
| 5.1.1.7 TranHyDe-Sys (Wasserstoffrepublik Deutschland, BMWK) .....                                   | 28        |
| 5.1.2 Forschungsplanung.....   | 29        |
| 5.1.2.1 HybriDrop (AiF) .....  | 29        |
| 5.1.2.2 FAT 3.0 (AiF).....   | 30        |
| 5.1.2.3 Verbrennungstechnologien der Zukunft .....   | 31        |
| 5.1.3 Auftragsforschung.....   | 31        |
| 5.2 Mitarbeit in Gremien .....   | 32        |
| 5.3 Dienstleistungen .....   | 35        |
| 5.4 Gemeinnützige Tätigkeiten .....  | 35        |
| <br>   |           |
| <b>6. Emissionsmesstechnik</b> .....   | <b>36</b> |
| 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 2022 .....   | 37        |
| 6.1.3.1 Emissionsmessungen nach § 28 BImSchG .....   | 37        |
| 6.1.3.2 Messungen auf Wunsch des Betreibers .....  | 38        |
| 6.1.3.3 Funktionsprüfungen inklusive Vergleichsmessungen (AST) und<br>Kalibriermessungen (QAL2)..... | 38        |
| 6.1.3.4 Anmerkungen zu Durchführung von Messungen.....   | 39        |
| 6.1.3.5 Gutachtliche Stellungnahmen .....  | 40        |
| 6.1.4 Qualitätssichernde Maßnahmen .....   | 40        |
| 6.1.5 Ausrichtung der Messstelle .....   | 41        |
| 6.2 Bewertung der Ergebnisse aus Emissionsmessungen .....  | 42        |
| 6.3 Emissionsminderung .....   | 42        |
| 6.3.1 Überblick.....   | 42        |
| 6.3.2 Saure Abgasbestandteile .....  | 43        |

---

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 6.3.3     | NO <sub>x</sub> .....                                 | 43        |
| 6.4       | Beratungstätigkeit der Abteilung „Umweltschutz“ ..... | 45        |
| 6.4.1     | Novellierung der TA-Luft .....                        | 45        |
| 6.4.2     | Mitarbeit in Gremien.....                             | 49        |
| <b>7.</b> | <b>Verwaltung externer Forschungsvorhaben .....</b>   | <b>51</b> |
| 7.1       | externe Forschungsvorhaben .....                      | 51        |
| 7.2       | externe Forschungsanträge .....                       | 51        |
| 7.2.1     | Braunglas-VES (AiF) .....                             | 51        |
| 7.2.2     | BoKoLa (AiF) .....                                    | 51        |
| 7.2.3     | Reaktive Glaslote .....                               | 52        |

---

## Vorwort

Das Jahr 2022 war noch immer durch die Corona-Pandemie und zusätzlich durch die sich in Folge des Krieges in der Ukraine entwickelnde Krise auf dem Energiemarkt geprägt. Die Möglichkeit zum mobilen Arbeiten von zuhause aus wurde verstärkt genutzt und hat sich bewährt. Die meisten Projektbesprechungen im Rahmen der Forschungsvorhaben wurden bis in den Herbst hinein online durchgeführt.

Im Laufe des Jahres konnten aber auch einige Veranstaltungen in Präsenz stattfinden. Dazu gehörten insbesondere die Mitgliederversammlung, die im Rahmen des 26<sup>th</sup> International Congress on Glass am 4. Juli in Berlin durchgeführt wurde.

Die Vorstandssitzungen fanden in einem hybriden Format statt. Die Beiratssitzungen und die HVG-Seminare sowie der HVG-Fortbildungskurs wurden ausschließlich als Online-Veranstaltungen durchgeführt.

### ***Wirtschaftliche Lage der Glasindustrie***

Im Jahr 2022 war die wirtschaftliche Lage durch die explodierenden Energiekosten (Erdgas und elektrischer Strom) und die allgemein hohe Inflation geprägt. Die Glasherstellenden Unternehmen haben die Kostensteigerungen an ihre Kunden weitergegeben. In Folge des Ukraine-Krieges gingen Glashütten verloren, deren Produktion in anderen europäischen Werken kompensiert werden konnte.

### ***Entwicklungen bei der HVG***

Aufgrund der positiven wirtschaftlichen Entwicklung im Jahr 2021 ist das HVG-

Beitragsaufkommen im Vergleich zum Vorjahr um ca. 3% gestiegen.

Das TAZ Spiegelau stellt inzwischen regelmäßig Glas her und wurde als ordentliches HVG-Mitglied aufgenommen. Die Linde GmbH ist zum 31.12.2022 als assoziiertes Mitglied ausgeschieden. Borax Europe Limited konnte als assoziiertes Mitglied wiedergewonnen werden.

Obwohl die klima- und ressourcenrelevanten Forschungsvorhaben auf breites Interesse stoßen, konnten keine weiteren größeren Glas-herstellenden Unternehmen gewonnen werden. Im Jahr 2023 wird die Mitgliedergewinnung weiterhin ein wichtiges Ziel sein.

Die Erträge aus Forschungsvorhaben in der Abteilung „**Glastechnologie**“ haben sich weiterhin positiv entwickelt. Es wurden 7 mit öffentlichen Mitteln geförderte Projekte im Berichtszeitraum bearbeitet. Weitere Projekte befinden sich in Planung.

Die Auftragslage für die **Akkreditierte Messstelle** (Abteilung „Emissionsmesstechnik“) hat sich auf dem hohen Vorjahresniveau stabilisiert. Aufgrund der neuen TA-Luft gibt es zwar einige Anfragen zu 6-monatlichen Emissionsmessungen, bisher hat sich das Auftragsvolumen jedoch noch nicht erhöht. Zusätzliche Anfragen und neue Aufträge resultieren aus der 44. BImSchV, da auch neue Abbrennöfen und Notstromaggregate zukünftig emissionstechnisch überwacht werden.

---

Die HVG dankt allen Mitgliedsfirmen und Projektpartnern für die sehr gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit im Berichtszeitraum. Wir freuen uns auf die Fortsetzung der laufenden und den Start der geplanten Forschungsvorhaben sowie auf die Bearbeitung aller Themen zur Dekarbonisierung des Glasherstellprozesses, zur Ressourceneffizienz und zum Umweltschutz.

Zahlreiche Veranstaltungen werden 2023 wieder in Präsenz stattfinden können, so dass wir uns auf den Austausch in persönlichen Begegnungen freuen können.

Offenbach am Main, im März 2023

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](mailto:hvg@hvg-dgg.de)  
Internet: [www.hvg-dgg.de](http://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 GITZHOFER  
M. Eng. Ruslan GOPPE (bis 31.05.2022)  
Dr. phil. nat. Henrik GUSTMANN  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas KRÖBER  
Dipl.-Math. Nils-Holger LÖBER  
Tomislav LONCAREVIC  
Dr. rer. nat. Diana LUDGEN (seit 01.08.2022)  
Dipl.-Ing. (FH) Uwe PETERMANN  
Chemielaborantin Martin QAZI  
Dipl.-Ing. (FH) Frank RÜHL  
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  
(seit 04.07.2022)  
Dipl.-Ing. Christoph CLAESGES  
Pilkington Deutschland AG, Gladbeck  
Dipl.-Ing. Andreas KOHL  
Gerresheimer Moulded Glass GmbH, Lohr

## Beirat

Dr.-Ing. Thomas BEWER, Steinhausen, CH  
Dipl.-Ing. Michael HAHN, Mainz  
(seit 04.07.2022)  
Dr.-Ing. Ralph JESCHKE, Nienburg  
Dr. Joachim KÜSTER, Mainz  
Dr.-Ing. Matthias LINDIG, Ingelheim  
(bis 04.07.2022)  
Dipl.-Ing. Frank LÜBBERING, Bad Münden  
Dr. Christian PÜTTMANN, Gladbeck  
(seit 04.07.2022)  
Dr. Hildegard ROEMER, Mainz  
(bis 04.07.2022)  
Dipl.-Phys. Stefan ROSNER, Mitterteich  
Dipl.-Ing. Stefan SCHMITT, Mainz  
Dipl.-Ing. Dirk SCHNURPFEIL  
(seit 04.07.2022)  
Dr. Guido STEBNER, Bülach, CH  
(seit 04.07.2022)  
Dipl.-Ing. (FH) Marco ZIPFEL, Bülach, CH  
(bis 31.12.2021)

---

## Verzeichnis der Mitgliedsfirmen und Mitgliedshütten der HVG

(Stand: 31. März 2023)

### 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 Freital GmbH, Freital
- Glashütte Limburg Gantenbrink GmbH & Co. KG, Limburg
- GMB Glasmanufaktur Brandenburg GmbH, Tschernitz
- Horn Glass Industries AG, Plößberg\*
- LÜHR FILTER GmbH, Stadthagen\*
- Nikolaus Sorg GmbH & Co. KG, Lohr\*
- Noelle + von Campe GmbH & Co. KG, Boffzen
- 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 Glaswerk GmbH, Bonn
- 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

---

## 1. Interna

### Mitglieder

Am 31. März 2023 gehören der HVG 21 Glas-herstellende Mitgliedsfirmen mit 24 angeschlossenen Zweigwerken und Tochterunternehmen sowie 12 assoziierte Mitgliedsfirmen mit 3 angeschlossenen Zweigwerken an.

### Vorstand

Im Rahmen der 92. Mitgliederversammlung, die am 04.07.2022 während des ICG2022 Kongresses in Berlin stattfand, wurden Herr Dr. Heinz Kaiser und Herr Gerd Buchmayer für eine weitere Amtszeit als HVG-Vorstände gewählt. Herr Markus Beutinger wurde am 04.04.2022 neu in den Vorstand gewählt.

In einer anschließenden Vorstandssitzung wurden Herr Dr. Kaiser als Vorsitzender und Herr Gerd Buchmayer als Schatzmeister wiedergewählt.

### Beirat

Im Rahmen der 92. Mitgliederversammlung, die am 04.07.2022 während des ICG2022 Kongresses in Berlin stattfand, wurden Wahlen zum Beirat durchgeführt. Zusätzlich gab es Änderungen im Beiratsgremium durch das Ausscheiden bisheriger Gremienmitglieder.

Aus dem Beirat ausgeschieden sind Herr Dr. Matthias Lindig, Frau Dr. Hildegard Roemer und Herr Marco Zipfel.

Für eine weitere Amtszeit von 3 Jahren wurden Herr Dr. Joachim Küster und Herr Stefan Rosner gewählt.

Neu in den Beirat gewählt wurden Herr Michael Hahn, Herr Christian Püttmann, Herr Dirk Schnurpfeil und Herr Dr. Guido Stebner.

### Personelle Veränderungen

Herr Ruslan Goppe hat die Abteilung Emissionsmesstechnik zum 31.05.2022 auf eigenen Wunsch verlassen.

Frau Dr. Diana Ludgen hat zum 01.08.2022 die Abteilung Emissionsmesstechnik personell verstärkt.

---

## **2. Sitzungen der Gremien der HVG**

### **2.1 Mitgliederversammlung**

Die 92. ordentliche Mitgliederversammlung der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie fand am 04. Juli 2022 in Berlin 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 2021, der seit April 2022 über die HVG/DGG-Webseite abgerufen werden kann.

Nachdem der Jahresabschluss 2021 besprochen war, beantragte Herr Prof. Zimmermann die Entlastung des Vorstands und der Geschäftsführung. Diese wurde einstimmig erteilt. Im Anschluss erläuterte Herr Dr. Jüngling die aktuelle Hochrechnung für das Geschäftsjahr 2022. Danach wurde die Planung für das Jahr 2023 vorgestellt. Die Mitgliederversammlung hatte keine ergänzenden Fragen oder Anmerkungen.

Im nächsten Tagesordnungspunkt schlug der Vorstand vor, die Berechnung des Mitgliedsbeitrages 2023 für Ordentliche Mitglieder konstant zu halten. Die Mitgliederversammlung beschloss dies einstimmig. Ebenso wurde einstimmig beschlossen, den Mitgliedsbeitrag für Assoziierte Mitglieder im Jahr 2023 konstant zu halten.

Nächster Tagesordnungspunkt waren die Wahlen zum HVG-Vorstand. Herr Dr. Heinz Kaiser und Herr Gerd Buchmayer stellten sich zur Wiederwahl und wurden von der Mitgliederversammlung einstimmig für eine weitere Amtszeit als HVG-Vorstände bestätigt. Beide nahmen die Wahl an.

Es folgten die Wahlen zum HVG-Beirat. Die HVG-Beiratsmitglieder Herr Dr. Joachim Küster und Herr Stefan Rosner standen zur Wahl, da ihre Amtsperioden abgelaufen waren. Beide wurden einstimmig in den HVG-Beirat gewählt und nahmen die Wahl an.

Herr Dr. Matthias Lindig, Frau Dr. Hildegard Roemer und Herr Marco Zipfel stellten sich nicht zur Wiederwahl.

Neu in den Beirat gewählt wurden Herr Michael Hahn, Herr Christian Püttmann, Herr Dirk Schnurpfeil und Herr Dr. Guido Stebner. Alle Beiräte wurden einstimmig gewählt und nahmen die Wahl an.

Zum Ende der Mitgliederversammlung wies Dr. Jüngling auf die nächste ordentliche HVG-Mitgliederversammlung hin, die nicht im Rahmen der 96. Glastechnischen Tagung stattfinden wird, da diese Tagung in Orléans, Frankreich, als Joint Meeting USTV-DGG organisiert wird.

### **2.2 Sitzungen des Vorstandes der HVG**

Die Vorstände von HVG und DGG traten am 13. Mai und am 25. November 2022 zusammen. Die Sitzungen wurden im hybriden Format online und in Offenbach durchgeführt.

---

Zusätzlich fand eine konstituierende Sitzung des HVG-Vorstandes am 4. Juli 2022 in Berlin statt.

### **2.3 Sitzungen des Beirats der HVG**

Am 21. März 2022 und 24. November 2022 fanden gemeinsame Sitzungen des HVG-Beirates und des DGG-Vorstandsrates

online statt. Der Status aller laufenden und geplanten Forschungsvorhaben wurde vorgestellt und diskutiert.

Das Thema für den HVG-Fortbildungskurs 2023 wurde beschlossen: „Glaseigenschaften als Grundlage der Modellierung“.

---

### 3. Veranstaltungen der HVG

#### 3.1 HVG-Fortbildungskurs

Die Dekarbonisierung der Industrie ist für die Erreichung der Klimaziele, und insbesondere für die Begrenzung der globalen Erwärmung, von großer Bedeutung. Ein Großteil der Gesamtemissionen der deutschen Glasindustrie von ca. 4 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a entfällt auf die Feuerung der Glaswannen für die Behälter-, Flach- und Spezialglasproduktion. Eine mögliche Lösung stellt der Einsatz von Wasserstoff als CO<sub>2</sub>-neutraler Brennstoff dar.

Daher wurde dieses Thema in unserem HVG-Fortbildungskurs 2022 aufgegriffen. Das Programm enthielt Referate zur Wasserstoffherstellung, zum Wasserstofftransport und dessen Speicherung, zur „Wasserstoff-Readiness“ technischer Komponenten, zur Wasserstoffverbrennung, dem Einfluss der Wasserstoffverbrennung auf die Glasherstellung einschließlich der Glasqualität und Emissionen, sowie zu wirtschaftlichen Aspekten.

Folgende Vorträge wurden gehalten:

**Birgit Scheppat**, Hochschule RheinMain  
**Wasserstoff – der Energievektor der Zukunft**

**Teil 1:** Herstellung von Wasserstoff und seine Nutzung im industriellen Umfeld und im Verkehr

**Birgit Scheppat**, Hochschule RheinMain  
**Wasserstoff – der Energievektor der Zukunft**

**Teil 2:** Eigenschaften von Wasserstoff-Vor-/Nachteile und Speicherung und Transport

**Anne Giese**, GWI und  
**Bernhard Fleischmann**, HVG  
**Ergebnisse der Projekte H<sub>2</sub>-Glas und HyGlass**

- Verbrennungseigenschaften
- Verbrennungsmodellierung
- Flammenstrahlung
- Beeinflussung der Glasqualität

**Bernd Haller**, ABB AG  
**Wasserstoff – das Medium der Zukunft**

- Wasserstoff – Messtechnik für das Medium der Zukunft
- Anwendungen der Gaschromatographie in Wasserstoff und Erdgas-Wasserstoff-Gemischen
- Einfache und kostengünstige Lösungen

**Daniel Matter**, mems AG  
**Optimieren der Glasqualität durch Messen der Gasqualität**

- Gasqualität
- Physik korrelativer Messgeräte
- gasQS Technologie
- Wasserstoff in Erdgas
- Erfahrungen in der Glasindustrie
- Andere Anwendungsgebiete

**Steffen Schönborn**, Fraunhofer LBF  
**Einfluss von Wasserstoff auf metallische Werkstoffe**

- Möglichkeiten eines Wasserstoffeintrages
- Einflüsse des Werkstoffgefüges
- Hypothesen zur Einlagerung des Wasserstoffs im Gefüge
- Analysemethoden zum Nachweis von Wasserstoff im Werkstoff
- Einfluss des Wasserstoffs auf das spezifische Werkstoffverhalten
- Bewertung der Anfälligkeit relevanter Werkstoffe gegenüber Wasserstoff
- Bewertung vorhandener Komponenten bezüglich H<sub>2</sub>-Readiness

---

**Thomas Tork, Matthias Görisch**, Linde GmbH

**Wasserstoff – Brennstoff der Zukunft!  
Einblick & Ausblick bei Versorgungsformen und  
Betriebserfahrungen mit Brennern an  
Öfen**

- Aktuelle Versorgungsformen
- Betriebserfahrungen und Herausforderungen

### **3.2 HVG-Fortbildungsseminare**

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 auch 2022 als Online-Seminare statt.

#### **3.2.1 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 1: Schmelze, 26./27. April 2022**

Das Seminar gab einen grundlegenden Überblick über die industrielle Glasproduktion beginnend mit einem kurzen Einblick zu den Werkstoffen der Glasherstellung sowie den Schmelzanlagen und deren Energieverbrauch. Es folgten Beiträge zu den eingesetzten Glasrohstoffen und der Gemengebehandlung sowie über die Vorgänge beim Schmelzen und Läutern.

Als Referent:innen standen Dipl.-Ing. Dominic Walter, Dipl.-Ing. Bernhard Fleischmann,

und Dipl.-Ing. Petra Boehm und Dr. rer. nat. Ferdinand Drünert zur Verfügung.

Folgende Themen wurden behandelt:

#### **Einführung**

- Grundlegende chemische und physikalische Eigenschaften und Anwendungen von Glas, typische Zusammensetzungen

#### **Werkstoffe für die Glasherstellung**

- Feuerfeste Materialien
  - Oxidwerkstoffe
  - metallische Werkstoffe
- Korrosions- und Verschleißmechanismen
- Testmethoden und ihre Aussagekraft

#### **Glasschmelzaggregate, Glasherstellung und Energiekennzahlen**

#### **Vorgänge beim Schmelzen von Glas**

- Gemengereaktion, Schmelzvorgang
- Läuterung
- Grundlagen der Redox Kennzahlen

Am Seminar nahmen 25 Teilnehmer aus der Industrie teil sowie Zuhörer aus der HVG.

#### **3.2.2 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 2: Formgebung, 10./11. Mai 2022**

Das Seminar gab einen grundlegenden Überblick über die wichtigsten Formgebungsverfahren. Dabei wurde auch ein Einblick in die Themenbereiche Homogenisierung der Schmelze und Veredelung der Glasprodukte gegeben.

Das Seminar richtete sich an dieselben Interessengruppen wie der Teil 1.

Als Referent:innen standen Dipl.-Ing. Gesine Bergmann vom VDMA und von der



---

HVG Dipl.-Ing. Bernhard Fleischmann und Dipl.-Ing. Petra Boehm zur Verfügung.

Folgende Themen wurden behandelt:

#### **Konditionierung**

- Thermische Homogenisierung

#### **Formgebung von Glas**

Formgebungsverfahren für

- Flachglas
- Behälterglas
  - Press-Blas-Verfahren
  - Blas-Blas-Verfahren
- Wirtschaftsglas, Rohrglas und Faserglas

#### **Veredelung und Weiterverarbeitung**

- Funktion
- Verfahren

Die Vorträge der einzelnen Themenbereiche beinhalteten außerdem Hinweise zu Maßnahmen der Qualitätsprüfung, -kontrolle und -sicherung.

Am Seminar nahmen 7 Teilnehmer aus der Industrie teil sowie Zuhörer aus der HVG.

### **3.2.3 HVG-Seminar „Grundlagen der industriellen Glasherstellung“ Teil 3: Minderung der Emissionen, 12. Mai 2022**

Dieser Seminarteil gibt einen grundlegenden Überblick über Emissionen, die bei der Glasherstellung auftreten, zeigt Minderungstechnologien und behandelt Messtechnik zur Überwachung der Emissionen.

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

Als Referenten standen M.Eng. Ruslan Goppe, Dr. Henrik Gustmann, Dipl.-Ing. Frank Rühl und Dipl.-Ing. Karlheinz Gitzhofer zur Verfügung.

Folgende Themen wurden behandelt:

#### **Emissionen von Glasschmelzöfen**

- Vorstellung der Messstelle
- Emissionsrelevante Einflussfaktoren
- TA Luft
- Emissionssituation im Rohgas

#### **Primäre und sekundäre Minderungsmöglichkeiten**

- Komponentenspezifische primäre Minderungsmaßnahmen
- Abgasreinigungstechnologien

#### **Emissionsmessungen**

- Emissionskomponenten
- Messplanung
- Homogenitätsprüfung
- Abgasrandbedingungen
- Kontinuierliche Messverfahren
- Diskontinuierliche (manuelle) Probenahmeverfahren
- Messunsicherheiten und Ergebnisdarstellung

#### **Laboranalysen**

- Vorstellung des analytischen Labors der HVG
- Analyse partikelförmiger Emissionskomponenten
- Analyse gas- bzw. dampfförmiger Emissionskomponenten
- Qualitätssicherungsmaßnahmen

#### **Emissionsüberwachung**

- Einzelmessungen – Erstmalige und wiederkehrende Messungen
- Kontinuierliche Messungen
- Qualitätssicherungsstufen der Kalibrier Richtlinien DIN EN 14181:2015 bzw. VDI 3950:2018

Am Seminar nahmen 4 Teilnehmer aus der Industrie teil sowie Zuhörer aus der HVG.

---

### 3.2.4 HVG-Seminar „Farbe und Läuterung von Glas“, 8./9. November 2022

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 Einsatzzwecke und Glaskompositionen variieren auch die Schmelz- und Formgebungsverfahren.

In diesem Vertiefungsseminar wollen wir uns näher mit den Phänomenen Läuterung und Farbe auseinandersetzen. Hierfür werden wir die Mechanismen Redox-Gleichgewichte, Absorption und Streuung von Licht genauer betrachten. Ziel der Veranstaltung ist es, die gewünschten Eigenschaften des Glases durch gezieltes Einstellen der Gemengebestandteile zu ermöglichen.

Das Seminar fasst die wichtigsten chemischen Zusammenhänge zu Farbe und Läuterung mit Blick auf die Glasstruktur zusammen.

Es richtet sich an Mitarbeiter:innen der Glasindustrie, Zulieferfirmen und weiterverarbeitenden Betriebe, insbesondere auch an solche ohne fachspezifische Ausbildung, aber auch an Studierende von Fachhochschulen und Universitäten, die ihr Verständnis zur Glassynthese erweitern möchten.

#### Aufbau und Ablauf

Im Vertiefungsseminar schauen wir genauer auf zwei Aspekte der Glasherstellung: Läuterung und Farbgebung. In beiden Fällen spielen Redoxreaktionen eine große Rolle, weshalb wir uns mit den physikochemischen Hintergründen zu Redoxreaktionen intensiver auseinandersetzen werden. Wir werden eine Kombination aus Vortrag,

Übungsaufgaben und gemeinsamer Diskussion nutzen, um das Verständnis zur Glasstruktur und den Einfluss des Gemenges auf die Glaseigenschaften zu erweitern.

Folgende Themen wurden behandelt:

Bedeutung von Läuterung und Farbe für die Glasproduktion

- Grundlegende Mechanismen
- Redox-Gleichgewichte
- Übungen zu Redox-Gleichgewichten
- Diskussion der Übungen

Mechanismen zur Farbigkeit

- Absorption: verschiedene energetische Übergänge
- Streuung vs. Partikelgröße
- Reflexion

Übungen zur Farbigkeit von Glas

Am Seminar nahmen 8 Teilnehmer aus der Industrie teil sowie Zuhörer aus der HVG.

### 3.3 Gemeinschaftsstand „Glasforschung in D“ auf der Glasstec2022

Vom 20. bis 23. September 2022 fand nach vierjähriger Pause wieder die Fachmesse Glasstec in Düsseldorf statt. Die HVG-DGG organisierte wie gewohnt den Gemeinschaftsstand zur Glasforschung in Deutschland. Erstmals wurde ein neues Konzept mit einem offenen Stand und einem Kaffee- und Kaltgetränke Ausschank umgesetzt.

Der rege Besuch und viele fruchtbare Diskussionen zu den unterschiedlichsten Forschungsthemen sowie neu geknüpft Kontakte machten die Glasstec 2022 zu einer erfolgreichen Veranstaltung. Der Kaffee-

---

und Getränkeauschank lud zum Verweilen am Stand ein und unterstützte das rege Interesse an den Themen der Forschung, wobei die ausgestellten Poster als Aufhänger

dienten. Auch die International Commission on Glass (ICG) und das UN-Jahr des Glases (IYOG2022) wurden auf dem Gemeinschaftsstand repräsentiert.



---

## **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 2022 erschien eine HVG-Mitteilung:

Fleischmann, Bernhard: „Fuel Switch. Und was ist mit der feuerfesten Auskleidung?“. HVG-Mitteilung Nr. 2175. 19. Dezember 2022

### **4.2 HVG-Newsletter**

Der HVG-Newsletter ist 2021 sechs 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 mittlerweile nur noch nach einer einmaligen Anmeldung erhalten werden und wird nicht mehr automatisch zugesandt. Nähere Informationen sind auf unserer Homepage zu finden oder über [loeber@hvg-dgg.de](mailto: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](mailto:info@hvg-dgg.de)) oder online unter <http://www.hvg-dgg.de/publikationen/fachbuecher.html> bestellt werden. Eine Liste aller

Publikationen der HVG ist unter <http://www.hvg-dgg.de/publikationen.html> zusammengestellt.

#### **4.3.2 Veröffentlichungen von HVG-Mitarbeiter:innen**

Fleischmann, Bernhard; Rosin, Andreas: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von Recyclingscherben bei der Behälterglasherstellung. Jahresmagazin Werkstofftechnik 2022. ISSN 1618-8357. Seite 26 – 29

Fleischmann, Bernhard; Platzbecker, Esther; Schwarz, Marcel; Rhiemeier, Jan-Martin: Prozesskettenorientierte Ermittlung der Material- und Energieeffizienzpotenziale in der Glas- und Mineralfaserindustrie. Umweltforschungsplan des BMUV, Förderkennzahl 3715 53 311 0. UBA Texte 45/2022. ISSN 1862-4804. April 2022.

Fleischmann, Bernhard: Fuel Switch. Und was ist mit der feuerfesten Auskleidung? HVG-Mitteilung Nr. 2175. 19. Dezember 2022

#### **4.4 Vorträge von HVG-Mitarbeiter:innen**

Drünert, Ferdinand et al.: Vorstellung von Forschungsergebnissen des Projekts Glas-CO<sub>2</sub>. 07. März 2022 (Online). Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses zu Glas-CO<sub>2</sub>.

Fleischmann, Bernhard: Arbeiten der HVG im Rahmen von HyGlass (in4climate). 29. März 2022. Online. Abschließende Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses.

---

Drünert, Ferdinand et al.: Perspektiven für CO<sub>2</sub>-Minderungen in der deutschen Glasindustrie. Workshop zur Datenerfassung im Rahmen von TransHyDE-SYS. 05. April 2022 (Online).

Fleischmann, Bernhard: TransHyDE-Sys. 05. April 2022. Online. Impulsvortrag im brancheninternen Workshop zur Datenerfassung im Rahmen von TransHyDE-SYS. 05. April 2022 (Online)

Walter, Dominic: Einführung in die industriell Glasherstellung. 26. April 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze., (Online)

Fleischmann, Bernhard: Werkstoffe für die Glasherstellung. 26. April 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze (Online)

Fleischmann, Bernhard: Glasschmelzaggregate, Energiekennzahlen. 26. April 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze, (Online)

Boehm, Petra: Rohstoffe zur Glasherstellung. 27. April 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze, (Online),

Walter, Dominic: Schmelze von Glas. 27. April 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze: (Online)

Drünert, Ferdinand: Läuterung und Farbe. 27. April 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 1: Schmelze, (Online)

Gitzhofer, Karlheinz: Rohgasseitige Emissionen von Glasschmelzöfen. 04. Mai 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online)

Gustmann, Henrik: Primäre und sekundäre Minderungsmöglichkeiten. 04. Mai 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online)

Rühl, Frank: Emissionsmessungen und Laboranalysen. 04. Mai 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online)

Goppe, Ruslan: Diskontinuierliche und kontinuierliche Emissionsüberwachung. 04. Mai 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 3: Emissionsminderung, (Online)

Fleischmann, Bernhard: Wichtige physikalische Eigenschaften bei der Glasherstellung. 10. Mai 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 2: Formgebung, (Online)

Boehm, Petra: Flachglasherstellung. 10. Mai 2022. HVG-Seminar: Grundlagen der industriellen Glasherstellung. Teil 2: Formgebung (Online),

Drünert, Ferdinand et al.: Carbon Capture and Utilization Kreisläufe für die Glasindustrie. Vorstellung des Projekts Glas-CO<sub>2</sub>. RelInvent. Branchenübergreifender Workshop zum Thema Potentialanalyse, 13. Mai 2022, Essen

Fleischmann, Bernhard: Potentialanalyse. Branchenübergreifender Workshop zum Thema Potentialanalyse, 13. Mai 2022, Essen

Drünert, Ferdinand et al.: Closed CO<sub>2</sub> cycle in the container glass production. 26<sup>th</sup> International Congress on Glass, 3. – 8.7.2022, Berlin

Fleischmann, Bernhard: The influence of hydrogen combustion on the glass colour of industrial batches. 26<sup>th</sup> International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022. Berlin.

Fleischmann, Bernhard: The emission spectra of flames when mixing hydrogen to natural gas using oxy-fuel burners. 26<sup>th</sup> International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022. Berlin.

Drünert, Ferdinand et al.: Closed CCU cycle in the container glass production.



---

Re4Industry Webinar “Sustainable Syngas Production for the German and European Glass Industries”, 24. Oktober 2022 (Online)

Fleischmann, Bernhard: Die Energiewende in der Glasindustrie und Hoffnungsträger Wasserstoff. Sitzung des Ausschuss Prävention der VBG. 20. Oktober 2022. Bad Reichenhall.

Drünert, Ferdinand: HVG Vertiefungsseminar „Farbe und Läuterung im Glas“. Online, 08. – 09. November 2022

Walter, Dominic: Vorstellung der Forschungsprojekte der HVG. Unterausschuss Glasanalyse, 10. November 2022, Mainz (Schott AG)

Fleischmann, Bernhard: Aus der Verbrennung von Wasserstoff sich ergebende Änderungen der Glaseigenschaften und Flammenspektroskopie von H<sub>2</sub>-haltigen Flammen. HVG-Fortbildungskurs „“. 28. November 2022. Online.

#### **4.5 Posterpräsentationen von HVG-Mitarbeitern**

Boehm, Petra.: Characterisation of different cullet fractions for glass recycling. 26th International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022, Berlin und auf der Glasstec2022, 20. bis 23. September 2022, Düsseldorf.

Fleischmann, Bernhard et al.: Demand on different renewable energy sources and linked infrastructure for CO<sub>2</sub> neutral glass production in Germany. 26th International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022, Berlin und auf der Glasstec2022, 20. bis 23. September 2022, Düsseldorf.

Gitzhofer, Karlheinz: Revision of the emission factors for air pollutants in glass manufacturing sectors. 26<sup>th</sup> International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022. Berlin.

Gustmann, Henrik: Emission measurements in Germany. 26<sup>th</sup> International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022. Berlin.

Walter Dominic et al, Accumulation and emission of unrequested trace components due to the use of secondary raw materials IGF- AiF-No. 21222N. 26th International Congress on Glass. 03. bis 08. Juli 2022, Berlin und auf der Glasstec2022, 20. bis 23. September 2022, Düsseldorf

Drünert, F. et al.: Project Glas-CO<sub>2</sub>. Technological and Techno-Economic Assessment of Carbon Capture and Utilization in Container Glass Production. Glasstec2022, 20. – 23. September 2022, Düsseldorf

---

## 5. Glastechnologie

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 -kennzahlen, Verminderung der CO<sub>2</sub>-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 Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF). Die AiF fördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die vorwettbewerbliche industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF).

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

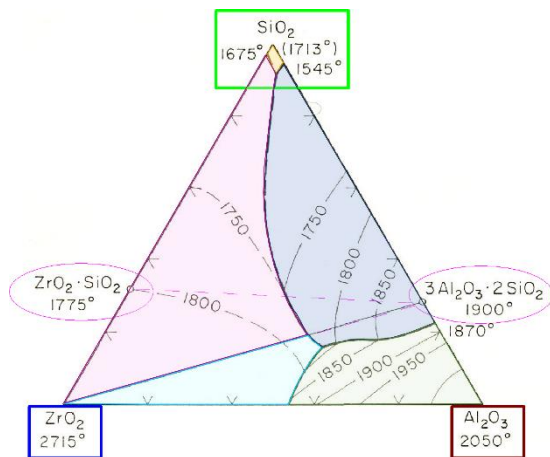
#### 5.1.1.1 AZS-Mineralogie (AiF)

Im IGF-AiF Forschungsprojekt mit der Fördernummer 21072BG „AZS-Mineralogie“ werden feuerfeste Steine im Neuzustand und nach dem Einsatz in Glasschmelzaggregaten mit mikroskopischen Methoden untersucht und ihre mineralogische Zusammensetzung ermittelt, um ihr Einsatzverhalten zu beschreiben.

Als mikroskopische Methoden kommen dabei Röntgenbeugung (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) mit Energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX) and Electron Backscatter Diffraction (EBSD) zum Einsatz, um die Mineralphasen der Proben zu ermitteln.

Eine der untersuchten Fragen lautet, ob der Nachweis von Mullit bei Post-Mortem-Analysen von AZS-Steinen einen Hinweis bzw. Rückschluss auf die Steinqualität erlaubt oder ob das Einsatzverhalten hier widergespiegelt wird. Dazu wurden mit den neuesten hochauflösenden Methoden AZS-Steine nach der Wannelöschung untersucht, aber auch Proben von unbenutzten Steinen nach der Herstellung, die teilweise einer Wärmebehandlung ausgesetzt waren, die dem Anfahren der Wanne entspricht bzw. dem darauffolgenden Temperaturwechsel beim Betrieb einer regenerativen Feuerung in einer U-Flammenwanne. Die

Untersuchungen wurden vor allem im Berichtsjahr vorgenommen und werden zum Zeitpunkt der Berichtserstellung zusammengefasst und endgültig ausgewertet.



Das Bild zeigt das Phasendiagramm der 3 Hauptkomponenten von AZS-Materialien mit den Stabilitätsbereichen der auftretenden Mineralphasen, das zum Verständnis der Entstehung von Mineralphasen im thermischen Gleichgewicht herangezogen werden kann.

### 5.1.1.2 Anreicherung 2 (AiF)

Das Vorhaben „Quellen kritischer Spurenelemente in der Glasproduktion und Vermeidung von unerwünschten Anreicherungen.“ (Anreicherung 2) mit der IGF-AiF Nr. 21222 N nahm zum 01.05.2020 seine Arbeit auf.

Die für den Dezember 2020 geplante Langzeitmessung von Quecksilber konnte durch die Pandemie bedingt erst in 2022 vom 16.05.2022 bis 23.05.2022 nachgeholt werden. Des Weiteren konnten im Laufe des Jahres 2022 weitere Proben aus verschiedenen Standorten gewonnen werden. Die Messungen der vorhandenen Rohstoff- und Glasproben mit RFA sind fast abgeschlossen und die nasschemischen Analysen sind in Arbeit. Die Analyse der gasförmigen

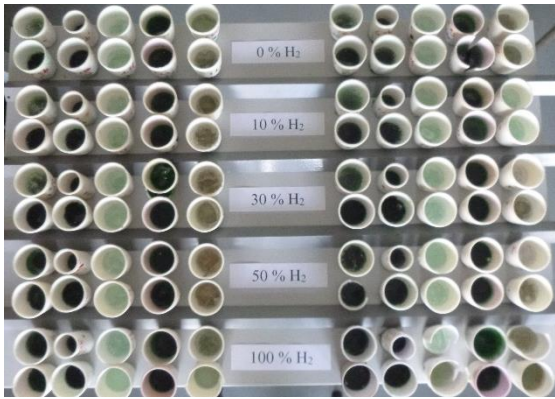
Proben ist so gut wie abgeschlossen. Nach dem fast vollständigen Abschluss der chemischen Analysen wurde mit der Zusammenstellung und statistischen Auswertung der Messungen begonnen. Diese Arbeiten werden bis zum Abschluss des Projekts im Jahr 2023 fortgeführt.

### 5.1.1.3 H<sub>2</sub>-Glas (AiF)

Ziel des Forschungsprojektes „Wasserstoffzumischung ins Erdgas als Chance zur Minderung der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und Auswirkung auf den Glasherstellungsprozess“ (H<sub>2</sub>-Glas) mit der IGF AiF Nr. 21745N ist es, den Einfluss des zu Erdgas beigemischten Wasserstoffs auf die verschiedenen Prozessschritte und Verbrennungstechnologien des Glasherstellungsprozesses (Air-Fuel- und Oxy-Fuel-Glasschmelzwannen, Diffusions- und Vormischflammen) zu ermitteln, um Maßnahmen zu entwickeln, so dass bei der Anwendung solcher Gemische zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen die Glasqualität, die Effizienz der Anlagen, die Schadstoffbildung (NO<sub>x</sub> und SO<sub>x</sub>) und die Lebensdauer der Anlagen durch den beigemischten Wasserstoff nicht merklich beeinträchtigt wird.

Im Rahmen einer Messkampagne vom 01.08. bis 05.08.2022 wurden in Kooperation mit dem GWI Essen ca. 100 Proben unter Verwendung industrieller Gemenge erschmolzen. Diese Proben wurden nach ihren optischen, chemischen und spektroskopischen Eigenschaften charakterisiert. Dabei wurde der Einfluss verschiedener Wasserstoffgehalte im Brenngas auf die Glaseigenschaften untersucht.





Einen zweiten Schwerpunkt bei den Untersuchungen des Einflusses von Wasserstoff auf die Verbrennung bildet die Analyse der Flammenemissionsspektren. Hier werden Rechnung und Messungen des Emissionsverhalten abgeglichen und der Einfluss des Wasserstoffgehaltes bestimmt.

#### 5.1.1.4 MaxScherben (AiF)

Nach intensiven Arbeiten zur Antragsstellung startet zum 01. Oktober 2022 das IGF-AiF Projekt Nr. 22607 N. Drei Forschungseinrichtungen führen dieses Vorhaben gemeinsam durch: die Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V., die Technische Hochschule Deggendorf mit ihrem Technologie Anwender Zentrum Spiegelau und die Universität Bayreuth mit dem Keylab Glastechnologie - Lehrstuhl Keramische Werkstoffe.

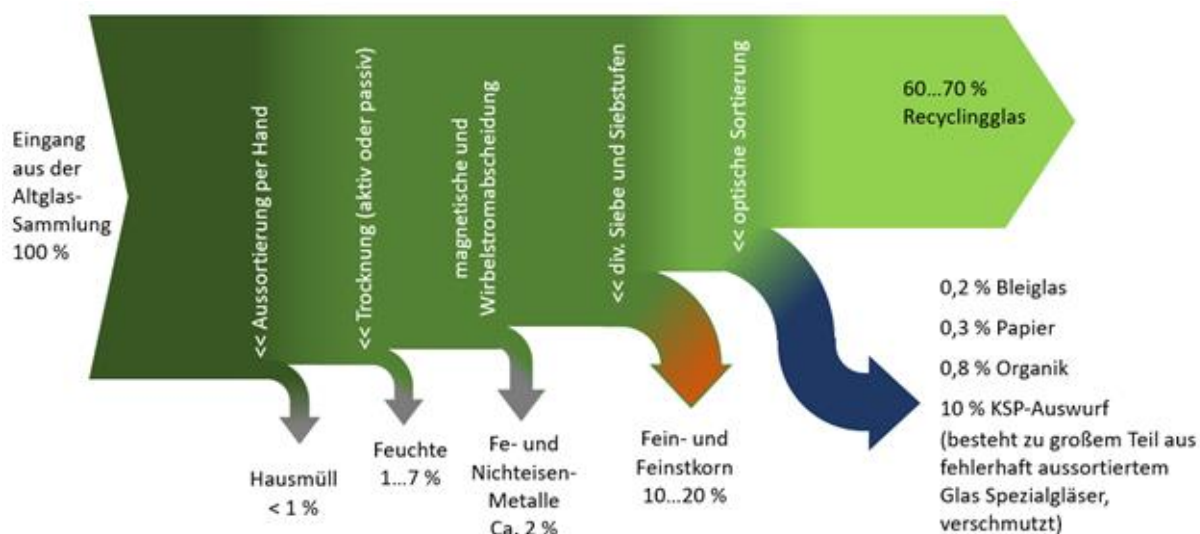
Die Schließung der Stoffkreisläufe spielt in der heutigen Zeit eine immer wichtigere Rolle. Bei der Behälterglasherstellung stellen die Recyclingscherben mit durchschnittlich 65 % heute schon den mengenmäßig größten Anteil im Gemenge dar, weshalb die Qualität dieses wertvollen Sekundärrohstoffes sichergestellt werden

muss. Dies geschieht mittels Aufbereitungsanlagen, deren Wirksamkeit mit sinkender Korngröße abnimmt. Daher werden Fein- und Feinstscherben, die meist organische wie anorganische Verunreinigungen enthalten, aus dem Recyclingkreislauf aussortiert und anderen Verwendungszwecken zugeführt oder deponiert.

Ziel des Projektes ist es, eine Erhöhung der Recyclingquote aus dieser Kornfraktion um ca. 10 % zu ermöglichen. Dadurch sinkt der Energieverbrauch beim Schmelzen um ca. 3 % sowie damit auch die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 5 - 7 %, was in Deutschland einer Ersparnis von ca. 120.000 t CO<sub>2</sub>/Jahr entspricht.

Die Recyclingscherben sollen mittels LIBS (laserbasierte Analyseverfahren) 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.

Mit den Ergebnissen können die Aufbereitungsanlagen optimiert werden, was insbesondere für die Anlagenbetreiber wie deren Lieferanten von großem Interesse ist. Seitens der Glasindustrie müssen die Wareneingangsprozesse wie auch die Schmelzprozesse angepasst werden, was wiederum relevant für die entsprechenden Lieferanten sein wird.



Das große Interesse am Thema bereits in der Antragsphase führt dazu, dass am 9. März 2022 der neue Fachausschuss „Glas-Recycling“ der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft seine konstituierende Sitzung hat. Die Mitglieder sind Aufbereiter, Lieferanten der Glasproduzenten sowie Verbände und Universitäten.

#### 5.1.1.5 RelInvent (KlimPro Industrie, BMBF)

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 CO<sub>2</sub>-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 zweiten Projektjahr auf der Weiterentwicklung der Vorgehensweise zur Ermittlung der Minderungspotentiale zur CO<sub>2</sub>-Minderung und der Aktualisierung von allgemeingültigen Faktoren und Kennzahlen, die für die Ermittlung von CO<sub>2</sub>-Minderungsdaten von Nöten sind.

Am 13.05.2022 fand ein branchenübergreifender Workshop in Essen (GWI) statt, bei dem sich die bereits in der Förderung befindlichen Forschungsvorhaben vorgestellt wurden und des Entwurfs zur Potentialanalyse vorgestellt und von den Vertretern aus der Industrie diskutiert sowie die Vorgehensweise weiterentwickelt wurde.

Im Berichtsjahr fanden außerdem zwei Lenkungs-kreistreffen am 07.06.2022 in Düsseldorf (beim BFI) und am 16.11.2022: in Höhrgränzhäusern (bei der FGF) statt, um die anfallenden Aufgaben und zukünftige Arbeiten in RelInvent zu besprechen, organisieren und planen.

Am 08.12.2022 fand ein Online-Workshop zum branchenübergreifenden Austausch

---

und gemeinsamer Diskussion statt. Schwerpunktthema diese Workshops waren Möglichkeiten zu CCU und vor allem die unterschiedlichen Anforderungen an die Aufreinigung der CO<sub>2</sub>-Ströme abhängig von der Nutzungsanwendung des Kohlendioxids.

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

#### **5.1.1.6 Glas-CO<sub>2</sub> (KlimPro Industrie, BMBF)**

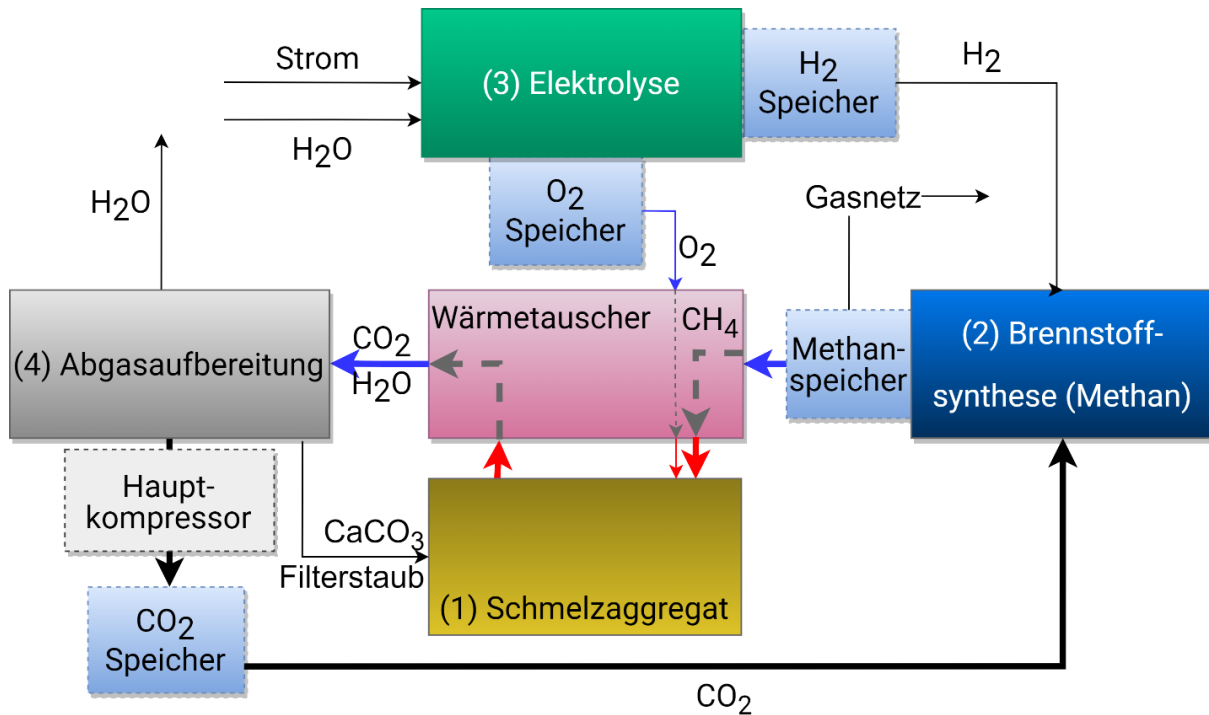
Das Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Stuttgart und die HVG bearbeiten zusammen das Forschungsvorhaben „Nutzung des aus dem Glasschmelzprozess freiwerdenden Kohlendioxids zur Kreislaufführung und Herstellung synthetischer Brennstoffe“. Das Teilvorhaben „Technische und technologische Bewertung des Gesamtprozesses zur CO<sub>2</sub>-neutralen Glasherstellung“ mit der Fördernummer 01LJ2005A des BMBF wird dabei von der HVG durchgeführt und hat seinen Schwerpunkt auf der Technologiebewertung, während das DLR schwerpunkt-

mäßig die ökonomische Bewertung vornimmt.

Im Rahmen von „Glas-CO<sub>2</sub>“ wurde ein vollständiger, modular aufgebauter Kohlenstoffkreislauf für die Glasproduktion entwickelt, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Glasherstellung zu vermeiden und klimaneutral zu produzieren. Der Kreislauf besteht aus 4 Einheiten:

- der eigentlichen Glasproduktion (1),
- einer Brennstoffsynthese (2),
- einem Elektrolyseur (3) und
- einer Abgasreinigung (4).

Eine CO<sub>2</sub>-neutrale Glasproduktion ist mit dieser Anordnung unter Verwendung verfügbarer Technologien möglich. In CCU-Prozessen (Carbon Capture and Utilization) werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus allen Quellen zusammengeführt und einem Kohlenstoffkreislauf zugeführt. Ein wesentlicher Vorteil von CCU ist, dass in den bestehenden Schmelzprozess nur geringfügig eingegriffen werden muss. Es können über Jahrzehnte energie- und technologieoptimierte Prozesse und Techniken weiterverwendet werden, die Thermoprozessanlage kann mit bekannten Brennstoffen befeuert werden und es müssen „nur“ die Abgase des Prozesses aufgefangen und aufbereitet werden.



© HVG 2023

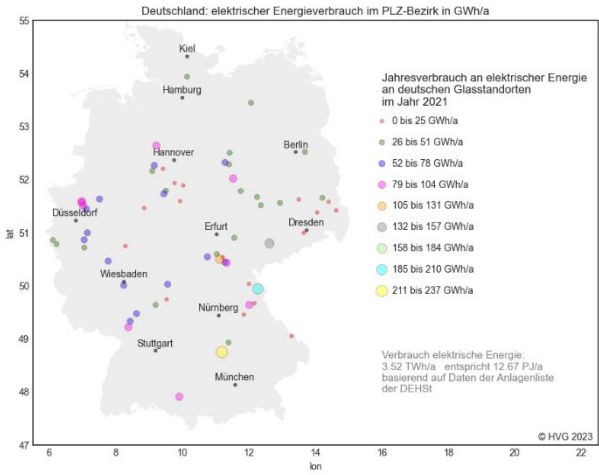
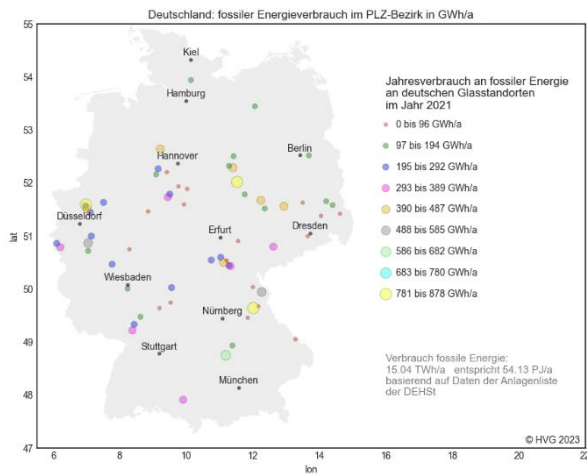
Die hier vorgeschlagene modulare Anordnung erfordert zusätzliche Investitionskosten von etwa 100 Mio. €<sub>2020</sub>, mit einem Anteil von 68% für die Elektrolyse und einem Nasswäscher (12%) als zweitgrößten Faktor. Die Nettoproduktionskosten bezogen auf SNG betragen 4,64 €<sub>2020</sub> kg<sup>-1</sup> (SNG). Durch den modularen Aufbau der Prozesskette können Unterprozesse wie Wasserstoffgewinnung oder Methanisierung an Dienstleister ausgelagert werden, um die Systemkomplexität zu verringern.

Die HVG-Mitteilung 2176, die im März 2023 erscheint, stellt aktuelle Teilergebnisse des Vorhabens detaillierter vor.

#### 5.1.1.7 TranHyDe-Sys (Wasserstoffrepublik Deutschland, BMWK)

Die HVG vertritt die Glasbranche im Leitprojekt TransHyDE mit dem Forschungsprojekt „Verbundvorhaben TransHyDE\_FP1: Systemanalyse zu Transportlösungen für

grünen Wasserstoff – Teilvorhaben der HVG zur Analyse der Anforderungen an die Infrastruktur unterschiedlicher Energieträger zur Erreichung der Klimaziele bei der Nutzung von grünem Wasserstoff bei der Glasherstellung“ BMBF Nr. 03HY2010. Die Wasserstoffwirtschaft funktioniert nicht ohne die geeignete Transport-Infrastruktur und es werden auch andere Lösungen als Gas-Pipelines benötigt. Das Leitprojekt TransHyDE entwickelt und testet darum unterschiedliche Technologien zum Wasserstoff-Transport. Das Verbundvorhaben Systemanalyse trägt die Anforderungen der einzelnen Branchen und Verbraucher zusammen und entwickelt Ideen zum Ausbau von Energieträgernetzen. Dabei werden zwei Ansätze verfolgt: Ausbau der Versorgungsnetze aus Sicht der Netzbetreiber und Ausbau der Netze basierend auf dem Bedarf der unterschiedlichen Verbraucher (Industrie, Verkehr, Privathaushalte), um die Ergebnisse dann abzugleichen.



Der aktuelle Verbrauch der Glasstandorte an fossiler Energie und an elektrischer Energie ist dabei der Ausgangspunkt. Die Größenordnung des Energieverbrauchs wurde mit Hilfe der öffentlich zugänglichen Anlagenliste der DEHSt und Fachkenntnis der HVG ermittelt und dann an die Modellierer des Bottom-Up Ansatzes weitergereicht. Die Ermittlung der Daten nahm im Berichtsjahr einen großen Teil der für das Projekt geleisteten Stunden in Anspruch.

Ergänzend standen die Mitarbeiter der HVG für Befragungen und Expertengespräche zum Thema „Glasherstellung“ für Projektpartner in TransHyDE-Sys zur Verfügung.

Am 05. April 2022 fand der brancheninterne HVG-Workshop online statt, bei dem die Vertreter der Glasindustrie den Weg zur Klimaneutralität der Branche diskutierten und die Rolle der Energieträgernetze aus Sicht der Glasindustrie dabei herausarbeiteten. Bei der Zusammenstellung der Ergebnisse wurde schon klar, was Diskussionen auf der Glasstec2022 und im fortschreitenden Jahr dann bestätigten, nämlich dass immer der zum Zeitpunkt der Ermittlung gegebene Rahmen und neueste Entwicklungen die Antworten beeinflussen. Die

Voraussetzungen, der gesellschaftliche Rahmen, die ökonomischen Randbedingungen und technischen Voraussetzungen und Lösungsmöglichkeiten änderten sich im Laufe des Jahres ständig, so dass die Antworten zur selben Frage anders ausfielen bzw. an die neuen Gegebenheiten angepasst wurden. Trotzdem sind die Ergebnisse des Workshops eine große Hilfe und (Diskussions-)Grundlage bei der Ausarbeitung der Energieträgerkonzepte im Rahmen von TransHyDE.

## 5.1.2 Forschungsplanung

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

### 5.1.2.1 HybriDrop (AiF)

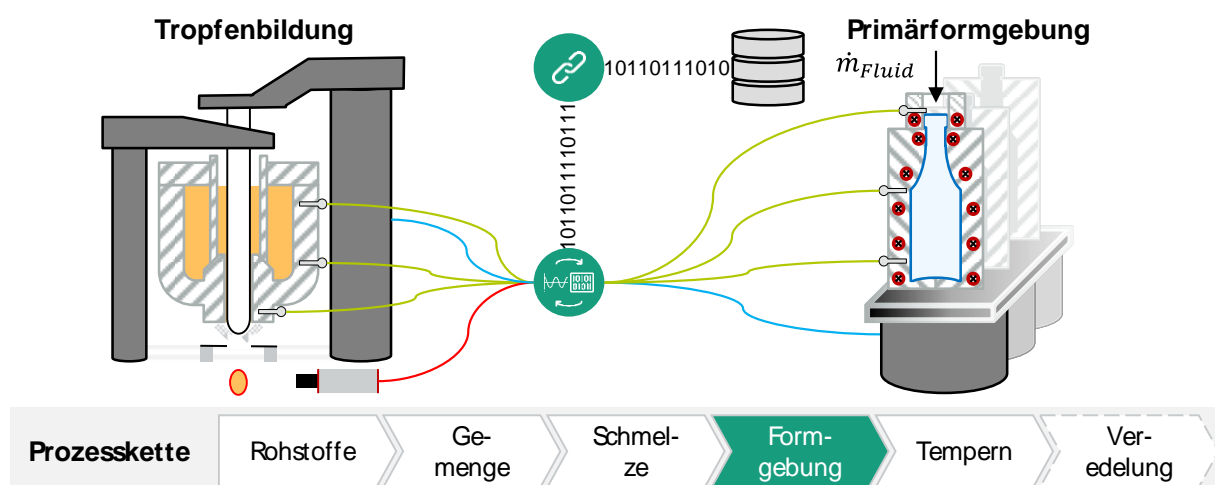
Der Forschungsantrag mit dem Titel „Hybride Modellierung zur Optimierung des Tropfenbildungs- und Primärformgebungsprozesses in der Glasformgebung“ zielt darauf ab, die Effizienz bei der Behälterglas- oder Presslingsherstellung zu steigern und Mitarbeiter:innen mit verfügbarem Wissen zu unterstützen. Diese Bestrebungen der Industrie werden durch hybride Modellierung und der damit verbundenen Verknüpfung



bestehender Daten und vorhandenem Wissen erreicht, indem anschließend durch Parameteroptimierungen die Herstellungsprozesse der Primärformgebung effizienter wird. Es gilt, die vielfältigen Einflussparameter zu identifizieren, mittels hybridem Machine Learning (ML) zu modellieren und unterstützt durch Optimierungstechniken den Prozess der Glasherstellung effizienter zu gestalten. So kann die Qualität der Produkte gesteigert werden und der Glasherstellungsprozess effizienter in Hinblick auf

Arbeitsplatzbedingungen, einzusetzende Energie und Ressourcen, sowie volkswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich gestärkt werden.

Der Antrag wurde von der HVG in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen erarbeitet und bei der AiF eingereicht.



© Fraunhofer IPT

### 5.1.2.2 FAT 3.0 (AiF)

Die Technische Hochschule Mittelhessen (THM), die Technische Universität Darmstadt und die HVG bereiten ein gemeinsames Forschungsprojekt zur Einreichung bei der AiF in 2023 vor.

Der Kopfaufprall auf die Windschutzscheibe als Teilbereich der passiven Sicherheit gewinnt zunehmend an Bedeutung und stellt ab 2024 einen zulassungsrelevanten Lastfall dar. Zur objektiven Bewertung der zu erwartenden Schwere von Verletzungen wird das Kopfverletzungskriterium (HIC) bestimmt.

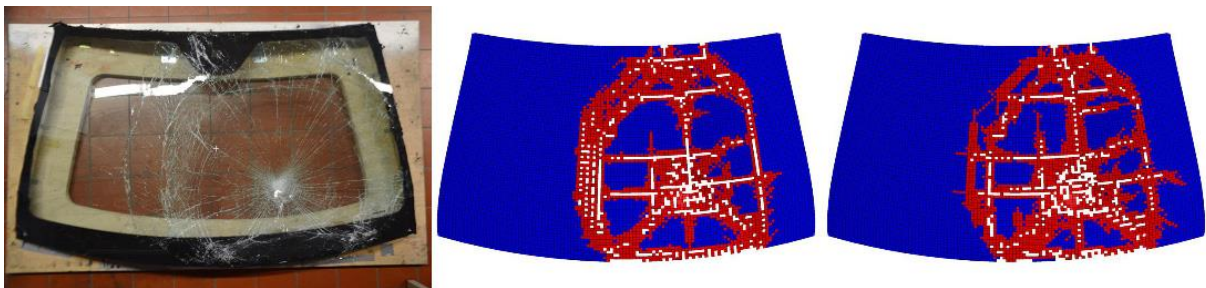
Im Zuge der Fahrzeugentwicklung stehen noch keine Bauteile zur Bewertung der Kopfverletzungen zur Verfügung. Somit ist die Prognose über numerische Verfahren unabdingbar. Während der Bruchvorgang und das Bruchverhalten der Windschutzscheibe aus Verbund-Sicherheitsglas (VSG, Glas und Verbundfolie) durch vorangegangenen Forschungsprojekte bereits gut abgebildet wird, kann das Nachbruchverhalten bei vollkommen gebrochenem VSG nur qualitativ dargestellt werden.

Ziel des Projektes ist es für die hauptsächlich von KMU durchgeführten Simulationen eine validierte Berechnungsmethodik zur

Berücksichtigung des Nachbruchverhaltens von Verbundsicherheitsglas in der Automobilbranche zu entwickeln, um den HIC realitätsnah prognostizieren zu können. Um dieses Ziel zu erreichen, wird das Steifigkeitsverhalten von gebrochenem VSG in Abhängigkeit von unterschiedlichen Dehnraten und Fragmentierungsgraden an Kleinproben ermittelt und eine Methodik zur Prognose des Fragmentierungsgrades unter Impaktbelastung entwickelt.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden sodann in numerische Modelle überführt und die Simulationsergebnisse durch Validierungsversuchen an Windschutzscheiben verglichen.

Der Antrag wurde 2022 erarbeitet und wird 2023 bei der AiF eingereicht.



Kopfaufprallversuch im Vergleich mit der Simulation aus [C. Alter, Nicht-lokale Versagensformulierung zur Simulation des spannungsratenabhängigen Bruchverhaltens von Verbundsicherheitsglas und ihre Anwendung beim Kopfaufprall auf Windschutzscheiben, Springer-Verlag, 2019.] © Alter

### 5.1.2.3 Verbrennungstechnologien der Zukunft

Zwei weitere Ideen für Verbrennungstechnologien der Zukunft wurden von der HVG mit Partnern aus der Forschung bzw. der Industrie diskutiert.

Eine Idee zur Optimierung des Verbrennungsvorgang wurde nach intensiver Diskussion vor der Antragsausarbeitung verworfen, während zum Themenbereich „Anwendung zukünftiger Wasserstoff-haltiger Brennstoffe“ eine Forschungsidee mit Partnern aus der Verbrennungsforschung und einem Partner aus der Glasindustrie bei

einem möglichen Projektträger vorgestellt wurde. Eine abschließende Beurteilung von Seiten des Projektträgers und des Fördermittelgebers steht noch aus.

### 5.1.3 Auftragsforschung

Es wurde im Berichtsjahr keine Auftragsforschung durchgeführt. Am Anfang des Jahres wurde der Abschlussbericht zum Projekt „HyGlass“ fertiggestellt, das im Vorjahr als Auftragsforschung für das Gas- und Wärme-Institut (GWI) in Essen durchgeführt wurde.

---

## 5.2 Mitarbeit in Gremien

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

BOEHM:

- Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- Mitglied im Unterausschuss „Heißend-Kaltend-Vergütung (HE/KE)“ im FA IV der DGG
- Mitglied im Arbeitskreis „Klima und Nachhaltigkeit“ des Bundesverbandes Flachglas e.V.
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe zum IGF-AiF Forschungs-vorhaben Nr. 21072 BG: „Schmelzge-gossene Zirkonium-oxidhaltige Feuer-festmaterialien in der Glasindustrie - Struktur und zeitliche Veränderung, ins-besondere für hybridbeheizte Glas-schmelzwannen“ (AZS-Mineralogie)
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Quellen kritischer Spurenelemente in der Glasproduktion und Vermeidung von unerwünschten Anrei-cherungen.“ (Anreicherung 2) mit der IGF-AiF Nr. 21222 N
- Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum IGF-AiF-Forschungsvorha-ben Nr. 22607 N „Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Glasherstellung durch Erhöhung des Anteils an Recyc-lingglas mit Hilfe verbesserter Scher-bencharakterisierung“ (MaxScherben)
- Mitglied in der Projektgruppe Glas und Simulation des AK 27 Simulation der

Forschungsvereinigung Automobiltech-nik e.V. (FAT)

DRÜNERT:

- Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss V „Glasge-schichte und Glasgestaltung“ der DGG
- Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum Forschungsvorhaben Nr. 01LJ2005A des BMBF „Verbundprojekt KlimPro: Kreislaufführung des Kohlen-dioxids aus dem Glasschmelzprozess zur Herstellung synthetischer Brenn-stoffe – Teilprojekt A: Technische Mo-dellierung und technologische Bewer-tung“ (Glas-CO<sub>2</sub>)

FLEISCHMANN:

- Mitglied im Fachausschuss I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- Mitglied im Fachausschuss V „Glasge-schichte und Glasgestaltung“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss VI „Umwelt-schutz“ der DGG
- Mitglied im Unterausschuss „Heißend-Kaltend-Vergütung (HE/KE)“ im FA IV der DGG
- Mitglied des TC 09 "Energy Efficiency for Glass Production" der ICG
- Mitglied des TC 11 "Materials for Fur-naces" der ICG
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe zum IGF-AiF Forschungs-vorhaben Nr. 21072 BG: „Schmelzge-gossene Zirkonium-oxidhaltige



- 
- Feuerfestmaterialien in der Glasindustrie - Struktur und zeitliche Veränderung, insbesondere für hybridbeheizte Glasschmelzwannen“ (AZS-Mineralogie)
  - Mitglied der projektbegleitenden Arbeitsgruppe „Quellen kritischer Spurenelemente in der Glasproduktion und Vermeidung von unerwünschten Anreicherungen.“ (Anreicherung 2) mit der IGF-AiF Nr. 21222 N
  - Mitglied im projektbegleitenden Ausschuss zum IGF-AiF-Forschungsvorhaben Nr. 22607 N „Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Glasherstellung durch Erhöhung des Anteils an Recyclingglas mit Hilfe verbesserter Scherbencharakterisierung“ (MaxScherben)
  - Mitglied im Arbeitskreis „Energie und Klima“ des Bundesverbandes Glasindustrie e.V. (BV Glas)
  - Mitglied der projektbegleitenden Arbeitsgruppe „Wasserstoffzumischung ins Erdgas als Chance zur Minderung der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und Auswirkungen auf den Glasherstellungsprozess“ (H<sub>2</sub>-Glas) mit der IGF-AiF Nr. 21745 N
  - Mitglied im Arbeitsausschuss „Thermische Energiespeicher“ der Initiative ProcessNet der DECHEMA und des VDI-GVC
  - 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-CO<sub>2</sub>)
  - Mitglied im Lenkungskreis zum BMBF Vorhaben Nr. 01LJ2009D „Teilprojekt 4: Entwicklung und Durchführung der branchenspezifischen und

branchenübergreifenden Potentialanalyse; Branchenverteter Glas“ im „Verbundprojekt KlimPro: Vernetzungs- und Transferprojekt“ (ReInvent)

#### JÜNGLING:

- Mitglied im Fachausschuss I „Physik und Chemie des Glases“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss II „Glasschmelztechnologie“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss III „GlasRecycling“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss IV „Glasformgebungstechnologie und Qualitätssicherung der DGG
- Mitglied im Fachausschuss V „Glasgeschichte und Glasgestaltung“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss VI „Umweltschutz“ der DGG
- Mitglied der projektbegleitenden Arbeitsgruppe zum IGF-AiF Forschungsvorhaben Nr. 21072 BG: „Schmelzgegossene Zirkonium-oxidhaltige Feuerfestmaterialien in der Glasindustrie - Struktur und zeitliche Veränderung, insbesondere für hybridbeheizte Glasschmelzwannen“ (AZS-Mineralogie)
- Mitglied der projektbegleitenden Arbeitsgruppe „Quellen kritischer Spurenelemente in der Glasproduktion und Vermeidung von unerwünschten Anreicherungen.“ (Anreicherung 2) mit der IGF-AiF Nr. 21222 N
- Mitglied im projektbegleitenden Ausschuss zum IGF-AiF-Forschungsvorhaben Nr. 22607 N „Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Glasherstellung durch Erhöhung des Anteils an Recyclingglas mit Hilfe verbesserter Scherbencharakterisierung“ (MaxScherben)
- Mitglied im Council der International Commission on Glass (ICG)

- Mitarbeit in der Bundesvereinigung "Materialwissenschaft und Werkstofftechnik" (BV MatWerk)
- 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

- Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- Mitglied im Fachausschuss VI „Umwelt-schutz“ der DGG
- Schriftführer des Fachausschusses VI „Umweltschutz“ der DGG
- Mitglied im projektbegleitenden Aus-schuss zum IGF-AiF-Forschungsvorha-ben Nr. 22607 N „Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Glasherstellung durch Erhöhung des Anteils an Recyc-lingglas mit Hilfe verbesserter Scher-bencharakterisierung“ (MaxScherben)
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Wasserstoffzumischung ins Erdgas als Chance zur Minderung der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissio-nen und Auswirkungen auf den Glasher-stellungsprozess“ (H<sub>2</sub>-Glas) mit der IGF-AiF Nr. 21745 N
- Mitglied im Fachausschuss II „Glas-schmelztechnologie“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss III „GlasRe-cycling“ der DGG
- Mitglied im Fachausschuss IV „Glas-formgebungstechnologie und Quali-tätssicherung der DGG
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe zum IGF-AiF Forschungs-vorhaben Nr. 21072 BG: „Schmelzge-gossene Zirkonium-oxidhaltige Feuer-festmaterialien in der Glasindustrie - Struktur und zeitliche Veränderung, ins-besondere für hybridbeheizte Glas-schmelzwannen“ (AZS-Mineralogie)
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Quellen kritischer Spurenelemente in der Glasproduktion und Vermeidung von unerwünschten Anrei-cherungen.“ (Anreicherung 2) mit der IGF-AiF Nr. 21222 N
- Mitglied der projektbegleitenden Ar-beitsgruppe „Wasserstoffzumischung ins Erdgas als Chance zur Minderung der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissio-nen und Auswirkungen auf den Glasher-stellungsprozess“ (H<sub>2</sub>-Glas) mit der IGF-AiF Nr. 21745 N
- Mitglied im Lenkungskreis zum BMBF Vorhaben Nr. 01LJ2009D „Teilprojekt 4: Entwicklung und Durchführung der branchenspezifischen und branchenübergreifenden Potentialanalyse; Bran-chenvertreter Glas“ im „Verbundprojekt KlimPro: Vernetzungs- und Transferpro-jekt“ (ReInvent)
- Mitglied im Arbeitskreis „Energie und Klima“ des Bundesverbandes Glasin-dustrie e.V. (BV Glas)

#### WALTER:

- Mitglied im Unterausschuss „Glasana-lyse“ des FA I der DGG

---

### **5.3 Dienstleistungen**

Zu Beginn des Geschäftsjahres wurden die Datenblätter zu den Standardgläsern DGG 1, DGG 2 und DGG X überarbeitet und ins Englische übersetzt. Standardglas DGG X löst dabei Standardglas DGG 1 als Viskositätsstandard ab.

### **5.4 Gemeinnützige Tätigkeiten**

Generell ist die HVG bei Fragen rund ums Thema Glas auch beratend und unterstützend für HVG-Mitgliedsfirmen, andere Industrieunternehmen, aber auch für Verbände und weitere Forschungsstellen sowie Studierende und Privatpersonen tätig.

Bei diesen Anfragen ging es im Jahr 2022 u.a. um das Thema spannungsfreies

Kühlen von Glas, um die Suche nach den Ursachen von Glasfehlern und um die Optimierung von Produktionsteilprozessen in verschiedenen Sparten der Glasherstellung. Weitere Anfragen betreffen den Einsatz und die Optimierung von Läutermitteln, vor allem bei der Sulfatläuterung. In den letzten Jahren häuften sich die Anfragen zum Thema Energiekennzahlen, Klimaneutralität und CO<sub>2</sub>-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-Xylole
- Dioxine und Furane (PCDD/PCDF)
- Gesamtkohlenstoff (C<sub>gesamt</sub>).

Bei den anorganischen Komponenten wurde Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) 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  $NH_3$
- Gesamtstaubemissionen
- Feinstaubemissionen  
( $PM_{10}$ ,  $PM_4$ ,  $PM_{2,5}$ )
- Anorganische Staubinhaltsstoffe  
(partikelförmig und filtergängig).

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 2022

### 6.1.3.1 Emissionsmessungen nach § 28 BImSchG

Im Jahr 2022 wurden 18 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<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HCl und HF gemessen. Bei Anlagen zur Minderung von Stickstoffoxiden (SCR- bzw. SNCR-Anlagen) wird auch NH<sub>3</sub> 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. In einem Fall wurden an mehreren Quellen im Gemengehaus einer Behälterglashütte Emissionsmessungen durchgeführt. Außerdem gab es zwei Untersuchungen in der Abluft von 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. Ein Abbrennofen war mit einer thermischen Nachverbrennungsanlage ausgerüstet.

#### **6.1.3.2 Messungen auf Wunsch des Betreibers**

Im Berichtsjahr fanden 5 Messungen auf Wunsch des Betreibers statt. Bei diesen Messungen stehen oft Minderungsraten von neu installierten Filteranlagen im Vordergrund, so dass in vielen Fällen auch die Emissionssituation im Rohgas von Interesse ist.

#### **6.1.3.3 Funktionsprüfungen inklusive Vergleichsmessungen (AST) und Kalibriermessungen (QAL2)**

Die HVG führte im Jahr 2022 an 16 automatisch betriebenen Messeinrichtungen (AMS) Funktionsprüfungen inkl. Vergleichsmessungen (AST) durch. An 9 Messeinrichtungen wurden Kalibriermessungen (QAL2) vorgenommen. 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.



---

#### 6.1.3.4 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 Immisionsschutz 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 Funktionstüchtigkeit 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/m<sup>3</sup>" ausgewiesen wird.

### **6.1.3.5 Gutachtliche Stellungnahmen**

Im Berichtsjahr wurden 3 gutachtliche Stellungnahmen ausgearbeitet. Schwerpunktthemen gutachterlicher Stellungnahmen sind meist Emissionsprognosen, Ableitung von Emissionsgrenzwerten, Schornsteinhöhenberechnungen, Bilanzbetrachtungen oder Bestimmung von Schwermetallemissionen. Gegenstand der Gutachten aus dem Jahr 2022 war eine Schmelzwanne mit Rohstoffvorwärmer, ein Abbrennofen und die Auswirkungen auf das Emissionsbild einer Behälterglaswanne durch Umstellung der Feuerung von Erdgas auf leichtes Heizöl.

### **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/m<sup>3</sup> 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 SO<sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> ] |
|---------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--|
| 1       | SO <sub>2</sub>                     | diskontinuierlich  | DIN EN 14791                          | 20 bis 150                                 |
| 2       | SO <sub>3</sub> <sup>2</sup>        | kontinuierlich     | Mit einem eignungsgeprüften Messgerät | 20 bis 150                                 |
| 3       | NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub> | 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-Xylo <sup>l</sup>         | diskontinuierlich  | DIN EN 13649                          |  |
| 7       | Formaldehyd                         | diskontinuierlich  | VDI 3862 Blatt 2,3 oder 4             | 4 bis 40                                   |
| 8       | Gesamt-C <sup>+</sup>               | kontinuierlich     | DIN EN 12619                          | 4 bis 100                                  |
| 9       | Gesamt-C <sup>l</sup>               | kontinuierlich     | DIN EN 12619                          | 5 bis 100                                  |

Schon in den zurückliegenden Jahren wurden zwei der fünf organischen Komponenten (C<sub>gesamt</sub> und Formaldehyd) von der Messstelle der HVG orientierend mitgemessen und erfolgreich analysiert. Der letzte Ringversuch im Jahr 2020 wurde für alle Komponenten erfolgreich absolviert.

Neben den erwähnten Ringversuchen inkl. Probenahme in Kassel müssen akkreditierte Messstellen über einen Ringversuchsplan verfügen, bei dem auch Komponenten wie HCl, HF oder NH<sub>3</sub> eingeschlossen sind. Die HVG beteiligt sich im Zweijahresrhythmus an angebotenen Analyse-Ringversuchen, z. B. beim LANUV in Nordrhein-Westfalen.

### 6.1.5 Ausrichtung der Messstelle

Zukünftig muss sich die Messstelle der HVG mit neuen Arbeitsfeldern im Bereich

---

der Glasindustrie befassen und beispielsweise in der Weiterverarbeitung bei der Glaswolleproduktion organische Komponenten messen. Über das Recherchensystem Messstellen (ReSyMeSa) sind auch aus anderen Industriezweigen Anfragen zur Durchführung von Emissions- oder Kalibriermessungen/Funktionsprüfungen automatischer Messsysteme zu erwarten. Die Messstelle der HVG wird sich dieser Herausforderung stellen. 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<sub>x</sub>, Staub und SO<sub>2</sub> 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 in zweifacher zertifizierter Ausführung aufgestockt.

Die Kündigung eines Projektingenieurs der Abteilung EMT im Jahr 2022 wurde durch die Neueinstellung einer promovierten Chemikerin kompensiert. Die Einstellung weiterer Mitarbeiter ist in der Planung.

Anforderungen und Regelwerke auf dem Gebiet des Umweltschutzes werden in immer kürzeren Zeitabständen überarbeitet bzw. neu gestaltet. 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 Staubinhalstoffe 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 Stickstoffoxidminderungsmaßnahmen 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 (Gewebe- 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  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$  und gasförmigem Selen bei Abgastem-

peraturen zwischen 350 und 400°C. Bei geringeren Abgastemperaturen gehen die Absorptionsraten dagegen merklich zurück. Die Reaktivität gegenüber  $\text{HF}$  und  $\text{SO}_3$  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  $\text{SO}_2$  im Vordergrund steht,  $\text{HF}$  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 $\text{NO}_x$**

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  $\text{NO}_x$ -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  $\text{NO}_x$ -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  $850^\circ\text{C}$  und  $1050^\circ\text{C}$  mit Hilfe von Ammoniak, Ammoniaklösung oder Harnstofflösung zu Stickstoff und Wasser reduziert. Zur Erzielung hoher Minderungsraten bei geringem Ammoniakverlust ist die Einhaltung des Temperaturfensters und eine möglichst gute Einmischung des Reduktionsmittels in den Abgasstrom zwingende Voraussetzung. Das Temperaturfenster von  $850^\circ\text{C}$  bis  $1050^\circ\text{C}$  ist besonders günstig bei kontinuierlich betriebenen rekuperativ 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 Ammoniakverlust-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  $400^\circ\text{C}$  katalytisch zu Stickstoff und Wasser reduziert. Sofern Schwefeloxide im Abgas vorhanden sind – und das ist bei allen Kalk-Natron-Silicatglasschmelzwannen technologisch bedingt der Fall – verengt sich das Temperaturfenster auf etwa  $320$  bis  $400^\circ\text{C}$ , 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 Ammoniakverlust bei ordnungsgemäßer Dosierung meist geringer. Für 1 kg zu reduzierendes  $\text{NO}_x$  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<sub>x</sub>-Minderungsmaßnahmen außer Acht gelassen werden und die geforderten Reingaskonzentrationen durch erhöhte Ammoniakmengen kompensiert werden.

Der erzielbare NO<sub>x</sub>-Abscheidegrad bzw. der NO<sub>x</sub>-Reingasgehalt hängt ausschließlich von der Auslegung bzw. dem Katalysatorvolumen ab. Eine untere Grenze für die erreichbaren Reingaskonzentrationen gibt es nicht. Die Minderung der NO<sub>x</sub>-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 drei keramische SCR-Katalysatoren hinter Elektrofilteranlagen in Betrieb. Hinzu addieren sich beim Behälterglas mindestens 4 keramische Filterkerzenanlagen mit katalytischer Beschichtung. Die Staubabscheidung und Abreinigung der abgeschiedenen Stäube bei Filterkerzenanlagen ist mit der Abscheidung von filternden Abgasreinigungsanlagen (Gewebefilter) 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 Ammoniakenddüsung auch zur SCR-Entstickungsanlage. Keramische Filterkerzenanlagen mit katalytischer Beschichtung werden zunehmend auch bei anderen Glasbranchen eingesetzt.

Die erste Gewebefilteranlage mit Abgaswärmerverschiebesystem 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 neue 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 O<sub>2</sub>-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<sub>x</sub>/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 O<sub>2</sub>-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<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup> nicht überschreiten, Altanlagen dürfen in der Regel 20 mg/m<sup>3</sup> 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<sub>Glas</sub> 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/m<sup>3</sup>

genannt. Kommen die Elemente (Sb, Pb, CrIII, Cu, Mn, V, Sn) hinzu, liegt die Begrenzung in der Summe bei 5 mg/m<sup>3</sup>. 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<sub>x</sub> 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 g/m<sup>3</sup> SO<sub>x</sub>.

### **Anorg. Chlor- und Fluorverbindungen**

Die Emissionsbegrenzung für HF beträgt bei den meisten Branchen 5 mg/m<sup>3</sup>, Flachglaswannen dürfen 4 mg/m<sup>3</sup> emittieren. Die Emissionsbegrenzungen für HCl liegen je nach Glasbranche bei 10 oder 20 mg/m<sup>3</sup>. 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<sup>3</sup>. Die restlichen Bereiche unterliegen einem Wert von 10 mg/m<sup>3</sup>.

### **Stickstoffoxide**

Die Volumenstrombegrenzung der TA-Luft aus dem Jahr 2002 von 50000 m<sup>3</sup>/h wurde aufgehoben. D. h. alle Neuanlagen mit konventioneller Befeuerung müssen unabhängig von der Anlagengröße den neuen Emissionswert von 0,50 g/m<sup>3</sup> einhalten, konventionell befeuerte Altanlagen dürfen 0,70 g/m<sup>3</sup> 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 Glasritten 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 Glaschmelzwannen und Elektrowannen gelten

erstmal 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/m<sup>3</sup> eingehalten werden.

Auszug aus der neuen TA Luft:

**KOHLENMONOXID**  
Werden Primärtechniken oder die chemische Reduktion durch Brennstoff zur Stickstoffdioxid-Minderung eingesetzt, so dürfen die Emissionen an Kohlenmonoxid im Abgas 0,10 g/m<sup>3</sup> bezogen auf Emissionen von 0,80 g/m<sup>3</sup> an Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid im Abgas nicht überschritten werden. Abweichend davon kann bei geringeren Stickstoffdioxid-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<sub>x</sub>-Werten steigt, kommt es hier zu einem Konflikt mit der Bestrebung nach möglichst geringen NO<sub>x</sub>-Werten. Um dieses Problem abzuschwächen, wurde der CO-Wert von 0,10 g/m<sup>3</sup> auf den für Altanlagen geltenden NO<sub>x</sub>-Wert von 0,80 g/m<sup>3</sup> sowie bei regenerativ beheizten Wannen nur auf die Zeiten der Feuerung bezogen. Bei niedrigeren NO<sub>x</sub>-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<sub>x</sub>-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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>.

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 Altglasscherben-anteile am Gemengsatz 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 <sup>3</sup> ) |
|----------------|--|------------------------------------|
| 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> wird zum Zielwert.

#### 6.4.2 Mitarbeit in Gremien

GITZHOFER:

- Mitglied im Fachausschuss II "Glasschmelztechnologie" der DGG

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

GOPPE: (bis 31.05.2022)

- Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG

GUSTMANN:

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

KRÖBER:

- Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG

LÖBER:

- Schriftführer des Fachausschusses VI "Umweltschutz" der DGG "

LUDGEN: (seit 01.08.2022)

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

PETERMANN:

- Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG

---

QAZI:

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

RÜHL:

- Mitglied im Fachausschuss VI "Umweltschutz" der DGG
- 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) durch den Projektträger AiF 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 die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) vom Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der Arbeiten werden bei Veranstaltungen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, im "European Journal of Glass Science and Technology" 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 2022 gab es kein von der HVG verwaltetes externes gefördertes Forschungsvorhaben der AiF. Es wurde jedoch ein externes Projekt der Bergakademie Freiberg über die HVG bei der AiF eingereicht und die Forschungsstelle bei der Antragsstellung fachlich und organisatorisch unterstützt

### 7.1 externe Forschungsvorhaben

Im Berichtsjahr 2022 gab es kein von der HVG verwaltetes externes gefördertes Forschungsvorhaben der AiF. Es wurden jedoch mehrere externe Projekte über die HVG bei der AiF eingereicht.

### 7.2 externe Forschungsanträge

#### 7.2.1 Braunglas-VES (AiF)

Die Antragsstellung zu diesem Forschungsprojekt der Bergakademie Freiberg wurde von der HVG intensiv begleitet. Der Antrag des Instituts für Glas und Glastechnologie wurde positiv beurteilt und der Zuwendungsbescheid erteilt.

Das Ziel des Projektes ist es, die technologisch notwendigen Bedingungen zur Herstellung von braunen Behälterglas in voll-elektrischen 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 langfristigen für die Glasindustrie verbundenen Möglichkeit zur Einsparung von Energie (geringer spez. Energieverbrauch), einer geringeren Umweltbelastung (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Verstaubung, Materialverbrauch) und einer technologischen Möglichkeit dem Energiewandel in Zukunft zu begegnen.

#### 7.2.2 BoKoLa (AiF)

Die Forschungsidee „Fertigung von dreidimensionalen Borosilikatglasstrukturen

---

mittels koaxialem Laserauftragschweißen“ wurde vom Laser Zentrum Hannover e.V. mit der HVG 2022 vorbereitet und Anfang 2023 bei der AiF eingereicht.

Das Ziel des beantragten Projektes ist die Prozessentwicklung zur automatisierten additiven Fertigung von Strukturen aus Borosilicatglas mittels eines koaxialen Laserauftragschweißverfahrens.

### **7.2.3 Reaktive Glaslote**

Auch die Einreichung einer Forschungs idee des Fraunhofer Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in Halle zur Entwicklung reaktiver Glaslote zum Fügen von Metall und Keramik wurde 2022 über die HVG bei der AiF vorgenommen.

Ziel des Vorhabens ist es, Gläser zu entwerfen, die bei kurzen Laserprozesszeiten zwischen  $ZrO_2$  und Edelstahl kristallisieren und feste, vakuumdichte sowie hochtemperaturbeständige Fügeverbindungen generieren.

Seitens der Industrie besteht großes Interesse, diese Fügeverfahren mittels eines lokalen Energieeintrags z.B. mit Lasern durchzuführen, um zu verschließende Bauteile oder Medien nicht zu schädigen. Bei 800 °C besitzen kommerziell verfügbare Glaslote, welche gleichzeitig auch eine hohe thermische Ausdehnung aufweisen, eine zu geringe Viskosität oder kristallisieren bevor der Sinterprozess abgeschlossen ist. Daher ist der Einsatz von Gläsern, welche beim Fügeprozess kontrolliert kristallisieren, in diesem Anwendungsgebiet generell sinnvoll.

---

Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V.  
Siemensstraße 45, 63071 Offenbach

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