

Einfluss von Gasbeschaffenheitsänderungen auf den Glasherstellungsprozess
- Teil 1: Aktuelle Situation -

B. Fleischmann, Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V.,
Offenbach am Main

1. Einführung

Industrielle Prozessfeuerungen haben die Aufgabe, die für die Erzeugung aus Rohstoffen, für die Formgebung bzw. Umformung oder für die Nachbehandlung und Veredelung von Produkten nötige Energie in Form von Wärme zur Verfügung zu stellen. Die Effizienz des Wärmeeintrags in das zu erwärmende Gut ist dabei der für die optimale Energieausnutzung maßgebliche Prozessteilschritt.

Die in der Glasindustrie wichtigste Gasanwendung ist die direkte Beheizung mit Produktberührung bei der Schmelze von Glas (95 – 100 % der Brenngasmenge werden von den einzelnen Glasherstellern dafür verwendet). Aber auch in der keramischen Industrie und bei der Metallfertigung liegen ähnliche Verhältnisse vor und wird über ähnliche Erfahrungen z.B. im Arbeitskreis „Gasbeschaffenheit“ zum DVGW-Projekt G 1/06/10 „Gasbeschaffenheit Industrie -Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen“ berichtet.

Ein Mitarbeiter der HVG arbeitet seit zwei Jahren aktiv in diesem Arbeitskreis mit. Der in diesem Arbeitskreis erarbeitete Fragebogen wurde nur von Seiten der Glasindustrie, als einzigem Industriezweig auf Grund der Zuarbeit und des Einsatzes der HVG, in zufriedenstellendem Maße mit entsprechend gutem Rücklauf beantwortet [1]. Mehrere, zum Teil sehr ausführliche Vorträge wurden von Seiten der HVG zur Veranschaulichung der Problemstellung und zur Darstellung der aktuellen Schwierigkeiten der Glasindustrie mit Gasbeschaffenheitsschwankungen sowohl beim Wannenbetrieb als auch bei nachfolgenden Prozessschritten (z. Bsp.: Feeder, Kühlöfen) im Arbeitskreis gehalten. Bei den damit verbundenen lebendigen Diskussionen lag das Bestreben der HVG darin, bei den anwesenden Gaslieferanten und Netzbetreibern Verständnis für die Probleme von Betreibern industrieller Prozessfeuerungen zu wecken und den Unterschied zum Hausbrand darzulegen, wobei der Glasherstellungsprozess dabei von Seiten der HVG im Fokus war.

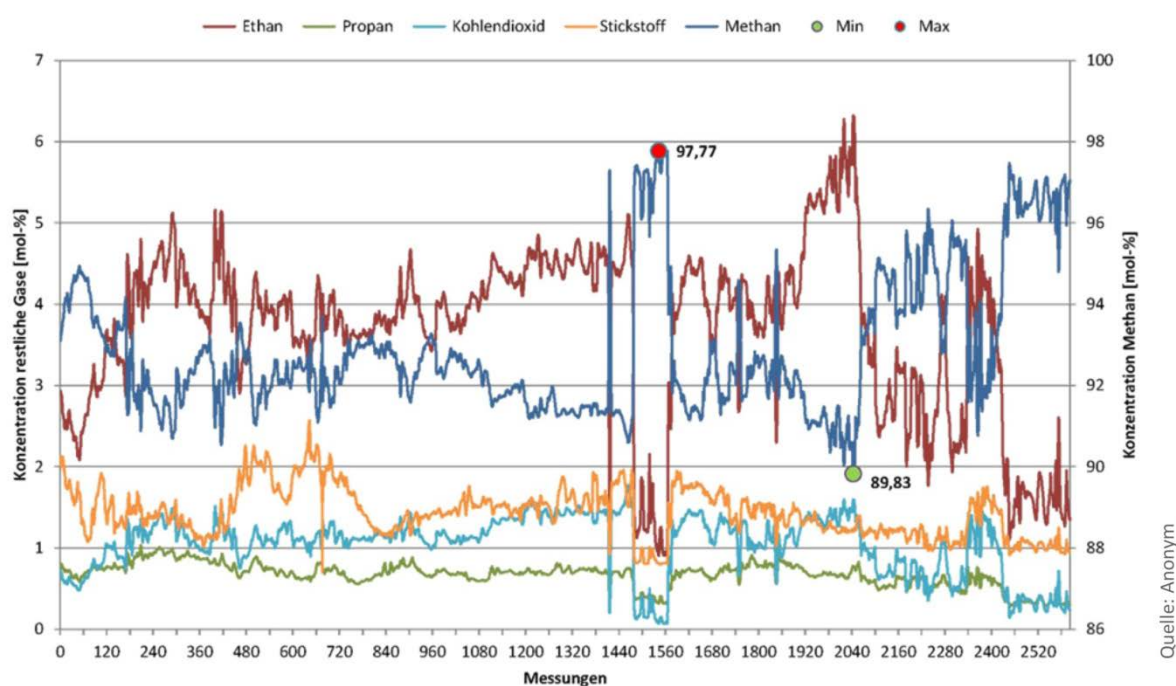
Die Erfahrungen der Glasindustrie aus den letzten Jahren zu den bereits heute vorhandenen Schwankungen der Gasbeschaffenheit spiegeln sich sehr deutlich in [1] wider. 10 von 20 angesprochenen Glasherstellern, womit die Majorität der glasschmelzenden Betriebe in Deutschland erfasst ist, haben die grundsätzliche Aussage gemacht, dass in der Vergangenheit unerwartete, nicht angekündigte und überraschend auftretende Änderungen der Gaszusammensetzung zu Problemen bei der Glasherstellung führten, die auch eindeutig auf die Schwankungen der Gasbeschaffenheit zurückzuführen waren. Damit haben 50% aller Befragten mit „ja“ auf die Frage "Hatten Sie schon konkrete Prozessstörungen in Verbindung mit Gasbeschaffenheitsschwankungen?" geantwortet.

Die Erfahrungen der Glasindustrie mit den Folgen und Auswirkungen von Schwankungen der Gasbeschaffenheit auf die einzelnen Prozessschritte sollen im Folgenden exemplarisch behandelt werden. Dabei entscheidet nicht immer der energieintensivste Teilprozess und seine Empfindlichkeit gegenüber Schwankungen der Gasbeschaffenheit über die Probleme in der Produktqualität. Oft spielen andere

Teilprozesse eine viel wichtigere Rolle, die viel empfindlicher auf Gasbeschaffenheitsschwankungen reagieren.

2. Auswirkungen der Gasbeschaffenheitsschwankungen auf den Glasschmelzprozess und das Schmelzaggregat

Der Verbrennungsprozess im Glasschmelzaggregat kann man in der Regel folgendermaßen beschrieben werden: Oxidator und Brennstoff werden getrennt dem Verbrennungsraum zugeführt. Der Oxidator Luft wird über Regeneratoren auf ca. 1350°C vorgewärmt und der Brennstoff über sogenannte Portfeuerung in den Verbrennungsraum (meist unter dem Luftstrom) eingedüst. Es entwickelt sich eine turbulente Diffusionsflamme .



Quelle: Anonym

Bild 1: Schwankungen der Brenngaszusammensetzung, gemessen über 3,5 Monate an einem Produktionsstandort der Glasindustrie in D.

Nachdem in den letzten Jahren mehrere erste unerfreuliche Erfahrungen der Glasindustrie vorliegen, wurden teilweise Wobbe-Messgeräte und/oder Gaschromatografen eingesetzt, um die Gasbeschaffenheitsänderungen zu dokumentieren bzw. versucht, die Ergebnisse dieser Messungen in die Regelung der Aggregate einzugliedern. Bild 1 zeigt die Ergebnisse der Beobachtung der Gaseigenschaften über 3,5 Monate. Auffallend sind die zum Teil sehr schnellen Wechsel (z. B. zwischen Messung 1440 und 1600), bei denen innerhalb einer ½ Stunde der Methangehalt des Erdgases zwischen fast 98 und knapp über 90 Mol-% springt. Außerdem fällt auf, dass mit dem in regelmäßigen Abständen kalibriertem Messgerät Methangehalte zwischen 89,83 und 97,77 Mol-% gemessen wurden. Der sinkende Methangehalt wird zum Erhalt des Wobbe-Index mit steigenden höherkettigen Kohlenwasserstoffen kompensiert.

Achtet man nur auf den relativ konstanten Wobbe-Index, der nur ein Maß für die Wärmebelastung einer Gasverbrauchsstelle darstellt und damit den aus einer Gasdüse austretenden Energiestrom wider gibt [3], jedoch keine Aussage zum Energieeintrag in das zu erwärmende Gut oder andere Verbrennungsprozesse

bzw. –größen erlaubt, so sind die Folgen dieser Schwankungen für eine industrielle Prozessfeuerung nicht zu verstehen. Im Teil 2 der Veröffentlichungsreihe wird auf diese Problematik näher eingegangen.

Blickt man jedoch auf einzelne wichtige Faktoren bzw. Größen, die den Verbrennungsprozess in einer industriellen Prozessfeuerungsanlage beschreiben, so werden die Probleme deutlich besser erkennbar. Dies gilt auch bei gleichbleibendem Wobbe-Index, da sich dabei der Heizwert und die Gasdichte sich trotzdem merklich verändern können. Diese Änderungen gehen auf die Schwankungen der Gaszusammensetzung zurück, die sich nicht nur auf den Energiegehalt des Gases auswirkt.

Die Schwankungen der Gaszusammensetzung (selbst bei gleichbleibendem Wobbe-Index) führen zu Änderungen

- im Sauerstoffbedarf,
- in der Flammentemperatur (selbst wenn man den sich verändernden Sauerstoffbedarf berücksichtigt),
- in der Flammenlänge und -breite bzw. dem Flammenbedeckungsgrad (damit verbunden ist eine Veränderung des Wärmeeintrags ins Gut und/oder Schädigung der feuerfesten Ausmauerung des Schmelzaggregates),
- in der Abgastemperatur (veränderte Wärmeübertragung im Verbrennungsraum, unterschiedliche Wärmekapazität des Abgases),
- der Höhe der Schadgasemissionen (abhängig von der Flammentemperatur, dem zur Verfügung stehenden Sauerstoff und den Inhaltsstoffen des Brenngases).

Das sich der Heizwert und die Gasdichte unterschiedlich auf die genannten Eigenschaften auswirken und die Eigenschaften auch maßgeblich von anderen Größen wie der chemischen Zusammensetzung abhängen, zeigt selbst eine Regelung, die auf der Wobbe-Zahl beruht, keine befriedigenden Ergebnisse, wie die Erfahrung der Glashersteller in Deutschland zeigt. Dafür ist das Gesamtsystem Verbrennungsraum, die optisch teiltransparente Glasschmelze und die im Wannenkonzept integrierte regenerative Vorwärmung von Luft viel zu komplex und von zu vielen weiteren Größen abhängig, die durch die Brenngaseigenschaften in unterschiedlichster Weise und oft auch nur indirekt beeinflusst werden.

3. Auswirkungen der Gasbeschaffenheit auf andere Teilprozesse der Glasherstellung

Nach dem Schmelzprozess wird die Glasschmelze über sog. Feeder oder Speiser der Formgebung zugeführt. Die für diesen Teilprozess benötigte Wärmeenergie wird meist über viele kleine Brenner zur Verfügung gestellt, die mit einem Vorgemisch aus Brenngas und Luft betrieben werden. Dabei ist das Mischungsverhältnis von Brenngas und Luft so eingestellt, dass sich keine negativen Auswirkungen auf die Qualität des Glasproduktes (Blasen, Falschfarben) ergeben.

Ändert sich die Gasbeschaffenheit, so hat dies auf die Verbrennung mit einem Vorgemisch deutliche Auswirkungen. Nur eine Berücksichtigung des veränderten Energieeintrags reicht auch hier nicht aus, um die Auswirkungen auf die Verbrennung zu kompensieren. Die Flammentemperatur ändert sich auch hier. Dies ist beim Vorgemisch auch darauf zurückzuführen, dass das Verhältnis von Luft und Brennstoff und damit der zur Verfügung stehende Sauerstoff nicht dem veränderten Sauerstoffbedarf angepasst wird. Negative Auswirkungen auf die Eigenschaften des Gutes (der Glasschmelze) auf Grund des veränderten Restsauerstoffs der Abgase sind ebenfalls nicht auszuschließen.

Da die Zuführung der Schmelze zum Formgebungsprozess auch benötigt wird, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung in der Schmelze zu erhalten und eine absolute Temperaturgenauigkeit von kleiner 1K erzielt werden soll, um eine fehlerfreie und optimale Formgebung zu ermöglichen, wirken sich gerade Veränderungen in der Flammentemperatur sehr negativ auf das Regelverhalten und damit die Produktqualität aus. Da sich bei Änderungen der Gasbeschaffenheit der Wärmeinhalt des Gases, die Flammentemperatur, u.U. die Ausbrandlänge und damit die betroffene Fläche der Wärmeübertragung sowie die Zusammensetzung des Abgases und damit dessen Wärmekapazität ändert, ist eine Feinregelung im Feeder bei schnellen Wechseln der Brenngaseigenschaften in den allermeisten Fällen überfordert.

Das Tempern der Produkte nach der Formgebung geschieht oft auch mit Hilfe von Brennern, in denen ein Vorgemisch verfeuert wird. Dieser Prozess ist dadurch charakterisiert, dass ein enges Regime von Temperatur und Zeit eingehalten werden muss, um spannungsfreie bzw. –arme Produkte zu erhalten, die somit keine Gefahr für den Nutzer darstellen. Werden Temperaturen um wenige Kelvin unter oder überschritten, so hat dies z.T. verheerende Auswirkungen auf die Restspannungen im Produkt und damit auf die Verkaufsfähigkeit bzw. Nutzbarkeit. Mit den vorher beschriebenen Effekten ist nachvollziehbar, dass Schwankungen der Gasbeschaffenheit der Glasindustrie schon zu entsprechenden Problemen verholfen hat.

4. Zukünftige und absehbare Entwicklungen und ihre Auswirkungen auf industrielle Prozessfeuerungen

Die derzeitigen Schwankungen der Gasbeschaffenheit gehen vor allem auf Änderungen im Methangehalt zurück, der dann über den Ethan- und/oder Propangehalt korrigiert wird, um den Energiegehalt des Brenngases relativ konstant zu halten. Schon hierbei gibt es Prozesse in der industriellen Fertigung, die nachteilig auf diese Schwankungen reagieren. Im Bereich der Glasherstellung sind bereits folgende Teilschritte betroffen: Glasschmelze und Glasschmelzaggregat, Konditionierung der Glasschmelze sowie Wärmebehandlungsprozesse.

In der Keramikfertigung reagiert zum Beispiel der Farbbrand extrem empfindlich auf Änderungen bzw. Nichteinhaltung der Brenntemperatur: Eine Abweichung von der Brenntemperatur um 5 K führt schon zur Entstehung von Fehlfarben, so dass die Charge nicht den Qualitätsanforderungen der Kunden entspricht.

Beim Verzinken von Stahlblechen ist ein reduzierend geführter Brand beim Aufheizen der Produkte von entscheidender Bedeutung, um eine Oxidation der Oberfläche und damit eine schlechte Haftung zu vermeiden. Ändert sich die Brenngaszusammensetzung und damit der Restsauerstoffgehalt auf Grund des veränderten Sauerstoffbedarf, so führt dies u.U. zu Produktionsausfällen.

So gibt es viele neue Anforderungen an Teilschritte in Prozessfeuerungen bei der industriellen Fertigung, die sich messtechnisch und regeltechnisch nicht ohne Probleme und nicht ohne entsprechenden Aufwand (personell und finanziell) lösen lassen. Dabei sind die Folgen der Änderung der Gasbeschaffenheit oft erst bei genauem Hinsehen zu erkennen und es ist nicht immer der energieintensive Hauptprozessschritt, der über die Produktqualität entscheidet.

Ein weiterer Inhaltsstoff für Brenngase ist für die (sehr) nahe Zukunft schon erkennbar: Wasserstoff als Folge des Abbaus der kurzzeitigen Überkapazitäten von Windkraftanlagen. Wasserstoff als Teil des Brenngases führt jedoch zu weiteren Problemen bezüglich der Stabilität, Regelbarkeit und Sicherheit von Verbrennungsprozessen. Wasserstoff hat z. Bsp. einen deutlichen Einfluss auf die Flammengeschwindigkeit. Damit erhöht sich die Gefahr von Rückzündungen bei Vorgemischbrennern, die mit einer an Methan

angepassten Auslegung der minimalen zugelassenen Niedriglast gefahren werden. Schon Gehalte von ca. 10 Mol-% Wasserstoff erhöhen die Flammgeschwindigkeit so stark, dass im Feederbereich der Glasherstellung bei Niedriglast Rückzündungen nicht zu vermeiden sein werden. Auch die Zündgrenzen und die Zündenergie von Vorgemischen mit Wasserstoff werden so verändert, dass die Gefährdung von Personal und Anlagen deutlich erhöht wird. Dem Problemkreis Wasserstoff soll ein eigener ausführlicher Beitrag in der Veröffentlichungsreihe in einer der nächsten HVG-Mitteilungen gewidmet werden.

5. Zusammenfassung

Als Resümee lassen sich folgende Grundsätze zusammenstellen:

- Die Probleme aus Änderungen der Gasbeschaffenheit in industriellen Prozessfeuerungen entstehen vor allem durch kurzfristige, möglicherweise häufige, schnelle und nicht angekündigte oder erkennbare, deutliche Wechsel der Brenngaseigenschaften. Langfristigen Änderungen kann verbrennungstechnisch entgegnet werden. Häufige und schnelle Wechsel können nicht durch die anlagentechnische Anpassungen abgefangen werden, sondern müssten mess- und regelungstechnisch korrigiert werden.
- Zur mess- und regelungstechnischen Kompensation von Schwankungen der Gasbeschaffenheit ist der Wobbe-Index, der sich als Rechengröße aus Heiz- oder Brennwert und Gasdichte zusammensetzt, bei industriellen Prozessfeuerungen in der Regel nicht geeignet, da die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die die Verbrennungsprozesse beschreiben, von anderen physikalischen Größen und Eigenschaften maßgeblich beeinflusst werden.
- Vorhandenen Messgeräte und Regelkonzepte sowie die dazugehörigen Hardwareinstallationen sind z. Zt. nicht immer geeignet, vor allem größere Schwankungen auszugleichen bzw. abzufangen, ohne dass es zur Minderung der Produktqualität kommt.
- Die Grenzen der erlaubten Schwankungsbreiten, die bei einzelnen Prozessschritten noch zu keiner Beeinträchtigung der industriellen Fertigung und der Produktqualität führen, lassen sich sehr schwer definieren und vereinheitlichen, da völlig unterschiedliche Effekte, Gesetzmäßigkeiten, Empfindlichkeiten einzelner Technologien und Herstellungsschritte sowie Anlagen nur bedingt generelle Aussagen erlauben.

6. Literatur

- [1] B. Fleischmann: Ergebnis einer HVG-Umfrage zu Erfahrungen der Glasindustrie mit Gasbeschaffenheitsschwankungen im Erdgasnetz. 2011, HVG-Mitteilung Nr. 2155.
- [2] <http://de.verallia.com/faszination-glas>. 10. Juli 2013.
- [3] J. Wüning: Handbuch der Brennertechnik. Vulkan Verlag, Essen. 2007.