

Henning Katte, ilis GmbH, Erlangen

Zur wirtschaftlichen Bedeutung der Gemengeberechnung

Im Gegensatz zu vielen anderen Industriezweigen haben die Rohstoffkosten bei der Glasherstellung einen maßgeblichen Anteil an den Herstellungskosten. Dies gilt insbesondere für Massenerzeugnisse wie Flaschen oder Floatglas. Dieser Beitrag soll anhand von einfachen Beispielen zeigen, welche wirtschaftlichen Potenziale bei Verwendung moderner Gemengeberechnungsprogramme wie der ilis BatchMaker® Suite bestehen.

Aufgabe der Gemengeberechnung

Ziel der Gemengeberechnung bei der Glasproduktion ist das Einhalten einer definierten chemischen Glaszusammensetzung, welche die Eigenschaften des Endprodukts (z.B. Wärmedehnung, Brechzahl, Wasserbeständigkeit, Farbe) bestimmt, aber auch maßgeblichen Einfluss auf die Schmelzeigenschaften (z.B. Schmelztemperatur, spezifische Wärmekapazität) und die Verarbeitbarkeit (z.B.

Viskosität, Kristallisationspunkt) hat. Damit hat die Gemengeberechnung auch erheblichen Einfluss auf den zweiten großen Kostenfaktor bei der Glasherstellung, nämlich die Energiekosten.

Angesichts ständig steigender Rohstoff- und Energiepreise ist die Gemengeberechnung, gekoppelt mit einer zuverlässigen Vorhersage der Glaseigenschaften aus der Glaszusammensetzung, daher eine wichtige Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit der Glasherstellung.

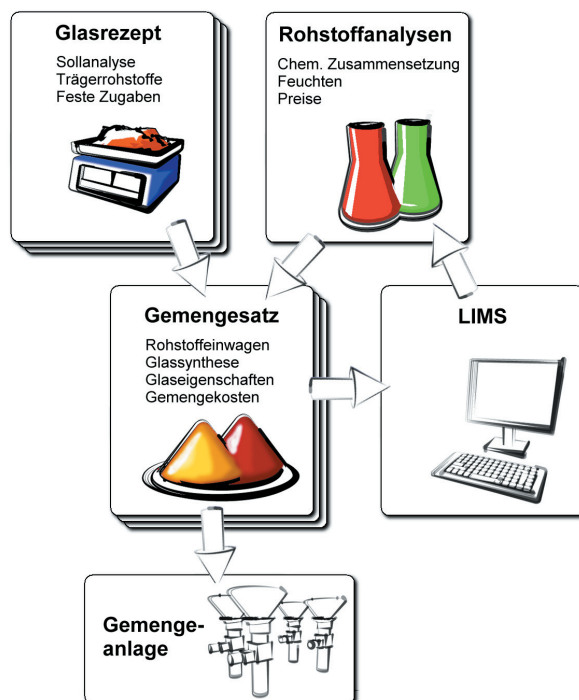


Bild 1: Typischer Ablauf der Gemengeberechnung. Aus den Rohstoffanalysen und dem Glasrezept wird der Gemengesatz berechnet, der die Rohstoffeinwaagen, die theoretische Glaszusammensetzung sowie die daraus resultierenden Glaseigenschaften enthält.

Ablauf der Gemengeberechnung

Bild 1 zeigt den grundlegenden Ablauf bei der Gemengeberechnung. Voraussetzung ist zunächst einmal die Kenntnis über die chemische Zusammensetzung der eingesetzten Rohstoffe und Scherbenarten. Die Rohstoffanalysen werden entweder direkt im Gemengeprogramm gepflegt oder aus einem separaten Laborinformationssystem (LIMS) importiert. Die Daten stammen vom jeweiligen Rohstofflieferanten und/oder beruhen auf eigenen Analysen.

Die gewünschte chemische Zusammensetzung des Glases (Sollanalyse) sowie die Angabe der Hauptträger für jede Komponente (z.B. Sand für SiO_2 , Soda für Na_2O , Kalk für CaO , Feldspat für Al_2O_3) sind die wesentlichen Bestandteile des Glasrezepts. Aus dem Glasrezept und den Rohstoffanalysen wird automatisch der Gemengesatz berechnet, der die Einwaagen der einzelnen Rohstoffe sowie die daraus zurückgerechnete theoretische Glaszusammensetzung (Synthese) enthält. (Die Synthese sollte im Wesentlichen der gewünschten Glaszusammensetzung entsprechen.)

Bei der Berechnung ist zu berücksichtigen, dass z.B. SiO_2 nicht nur vom zugewiesenen Hauptträger (z.B. Sand) eingebracht wird, sondern auch aus Trägerrohstoffen anderer Oxide (z.B. Feldspat) stammt. Des Weiteren können nicht alle Rohstoffe automatisch berechnet werden, da bestimmte Voraussetzungen eingehalten werden müssen, die sich nicht aus der Glaszusammensetzung ableiten lassen,

Bild 2: Glasrezept für ein typisches Flaschenweißglas in BatchMaker®.

Bild 3: Gemengesatz für das Glasrezept aus Bild 2. In der rechten Fensterseite ist dargestellt, welche Komponenten der links markierte Rohstoff zu welchen Anteilen in das Glas einbringt.

z.B. feste Glasanteile für den Scherbenersatz oder feste Zugaben von Reduktions-, Läuter- oder Färbemitteln.

Die berechneten Einwaagen werden anschließend an das Gemengehaus übermittelt. Der Gemengesatz enthält darüber hinaus die zugehörigen Gemenge- und Glaseigenschaften sowie die Rohstoffkosten und den Glaspreis (€/t Glas).

Bild 2 zeigt ein typisches Glasrezept für Behälterweißglas mit Angabe der gewünschten Glaszusammensetzung und Zuweisung der Trägerrohstoffe. Bild 3 zeigt den daraus berechneten Gemengesatz. Wie man sieht, bringen Rohstoffe wie Calumite oder auch Altglas viele verschiedene Komponenten in das Glas ein, was eine manuelle Gemengeberechnung sehr zeitaufwändig und fehleranfällig machen würde.

Im Folgenden soll an vier konkreten Beispielen aufgezeigt werden, welche Einsparpotenziale bei Verwendung von modernen Gemengeberechnungsprogrammen bestehen.

Beispiel 1: Kostensoptimierung durch Änderung der Glaschemie

Die aktuelle chemische Zusammensetzung eines Behälterglases sei 72% SiO₂, 14% Na₂O, 10% CaO, 1,5% Al₂O₃ und 2,5% MgO (alle Angaben in Masse-%). Bei angenommenen Rohstoffkosten von 30 €/t Sand, 200 €/t Soda, 15 €/t Kalk, 20 €/t Feldspat und 30 €/t Dolomit ergeben sich bei einer durchschnittlichen Tagesproduktion von 300 t Glas Rohstoffkosten in Höhe von knapp 22.000 € pro Tag, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Einsparpotenzial durch Umstellung der Glaschemie für eine Behälterglaswanne mit einer Tagesproduktion von 300 t Glas.

	Vor Umstellung	Nach Umstellung
SiO ₂	72%	72,5% (+0,5%)
Na ₂ O	14%	13% (-1%)
CaO	10%	10,5% (+0,5%)
Al ₂ O ₃	1,5%	1,5%
MgO	2,5%	2,5%
Wärmedehnung	9,32 10 ⁻⁶ /K	9,01 10 ⁻⁶ /K
Dichte	2,504 g/cm ³	2,504 g/cm ³
rel. Maschinengeschwindigkeit	110,2%	113,3% (+3%)
Gemengekosten (pro Tag)	21.938,60 €	20.986,62 € (-951,98 €)
Gemengekosten (pro Jahr)	8.007.589 €	7.660.116 € (-347.473 €)

Durch Senkung des Natriumoxid-Anteils um 1% (im Austausch gegen CaO und SiO₂) reduzieren sich die Rohstoffkosten auf ca. 21.000 € pro Tag. Das Einsparpotenzial beträgt ca. 350.000 € pro Jahr. Da das Glas nun „kürzer“ ist, also seine Festigkeit schneller erreicht, ist außerdem eine Schnitzzahlsteigerung von 2-3% zu erwarten.

Beispiel 2: Ausnutzen von Grenzwerten

Zur Vermeidung einer unerwünschten Grünfärbung soll der Eisenanteil in einem Weißglas nicht größer als z.B. 0,15% sein. Dazu wird ein Sand mit relativ geringem Eisengehalt verwendet, der 5 €/t teurer ist als die normale Qualität. Der tatsächliche Eisenanteil im produzierten Glas liegt in diesem Beispiel bei ca. 0,1%, also deutlich unter dem Grenzwert.

Durch Definition eines Sollwertes von 0,15% für Fe₂O₃ und Angabe des Standardsandes als „Trägerrohstoff“ für Eisen kann BatchMaker automatisch berechnen, wie viel des eisenarmen Sandes durch die normale Qualität ersetzt werden kann, ohne dass der Grenzwert überschritten wird. Bei einer Produktionsmenge von 300 t Glas pro Tag und 40% Scherbenanteil beträgt das Einsparpotenzial ca. 500 • pro Tag bzw. ca. 180.000 € pro Jahr.

Beispiel 3: Kontinuierliche Gemengekorrektur

Bei Verwendung von festen Einwaagen führen schon kleine Ände-

rungen der Rohstoffchemie unweigerlich zu mehr oder weniger großen Schwankungen der Glaszusammensetzung. Dies ist insbesondere bei Komponenten unerwünscht, die durch teure synthetische Rohstoffe wie Soda in das Glas eingebracht werden. Durch regelmäßige Neuberechnung der Einwaagen aufgrund aktueller Rohstoff- und Glasanalysen kann die Schwankungsbreite minimiert werden. Durch Verkleinerung der Na₂O-Schwankungsbreite von z.B. 0,2% auf 0,1%, können die Rohstoffkosten bei einem Sodapreis von 200 €/t und einer Tagestonnage von 300 t Glas um ca. 100 € pro Tag bzw. 36.500 € pro Jahr reduziert werden.

Beispiel 4: Einsatz von Filterstaub

Bei der Abgasreinigung fallen beträchtliche Mengen an Filterstaub an, dessen Entsorgung hohe Kosten verursachen kann. Da der Filterstaub im Wesentlichen aus dem Sorptionsmittel (meist Soda oder Kalk) sowie verdampften Glasbestandteilen besteht, ist es nahe liegend den Filterstaub als Rohstoff wieder einzusetzen statt zu entsorgen.

Bei Einsatz von täglich 1200 kg Filterstaub im Szenario von Beispiel 2 und angenommenen Entsorgungskosten von 100 €/t ergäbe sich ein Einsparpotenzial von 120 € pro Tag. Zusätzlich reduzieren sich die Rohstoffkosten um ca. 80 € täglich, da ein Teil der Soda und des Kalks durch den Filterstaub substituiert werden. Das Einsparpotenzial beträgt insgesamt also ca. 200 € pro Tag oder 73.000 € pro Jahr.

Vorhersage von Glaseigenschaften

Wie bereits einleitend erwähnt, kommt der Vorhersage von Glaseigenschaften eine große wirtschaftliche Bedeutung zu, da dadurch bei Neu- und Weiterentwicklungen von Gläsern die Anzahl von Versuchsschmelzen und damit der Zeit- und Kostenaufwand drastisch reduziert werden kann. Außerdem sind viele Glaseigenschaften, wie zum Beispiel die Viskosität, nur mit großem Messaufwand physikalisch/chemisch zu bestimmen. In vielen Glasbetrieben fehlen dafür auch die messtechnischen Einrichtungen; die Vergabe an externe Labore bedeutet aber einen Zeitverzug, der im

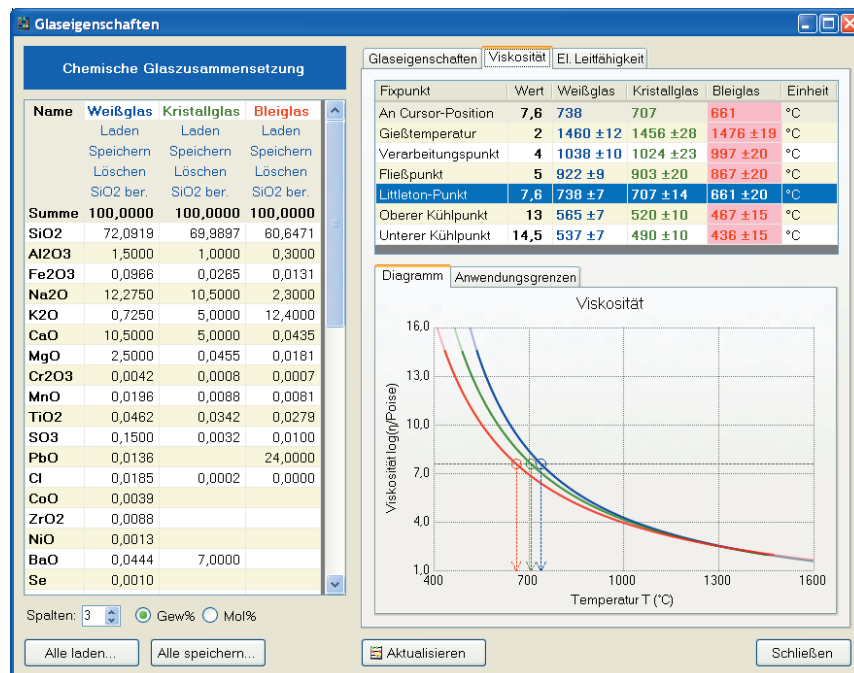


Bild 4: Berechnete Viskositätskurve für drei verschiedene Glaszusammensetzungen. In der Tabelle sind neben den berechneten Temperaturwerten die Vertrauensintervalle angegeben.

Störungsfall durchaus mehrere Tagesproduktionen an Verlust bedeuten kann.

Aber auch während der normalen Produktion ist es zur Maximierung der Ausbeute und Vermeidung von Reklamationen wichtig zu wissen, ob Änderungen der Glaschemie, ob nun gewollt oder ungewollt, eine Auswirkung auf die Verarbeitbarkeit und dem Kunden zugesicherte Produkteigenschaften haben. Die Berechnung der relevanten Glaseigenschaften auf Grundlage der aktuellen Glasanalyse ist daher ein wichtiger Baustein im Sinne der Prozessstabilität.

Seit geraumer Zeit existiert eine Vielzahl einfacher mathematischer Modelle zur Berechnung von Glaseigenschaften aus der chemischen Zusammensetzung. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass jedes Mo-

dell nur für bestimmte Gläser Gültigkeit hat. Leider sind für viele Literaturmodelle die Anwendungsgrenzen nicht klar definiert, auch eine Fehlerbetrachtung ist oft nicht möglich.

In BatchMaker® kommen daher moderne Berechnungsmodelle zum Einsatz, die auf der statistischen Analyse von Hunderten von Einzelanalysen beruhen und eine klare Aussage über Anwendungsgrenzen und Vertrauensintervalle erlauben. Bild 4 zeigt exemplarisch den temperaturabhängigen Viskositätsverlauf sowie wichtige Viskositätsfixpunkte für drei verschiedene Gläser. Das Vertrauensintervall ist jeweils hinter der berechneten Temperatur angegeben. Der rote Hintergrund in der Spalte „Bleiglas“ bedeutet, dass die zugehörige Glaszusammensetzung außerhalb der Anwendungsgrenzen liegt.

Zusammenfassung

Angesichts steigender Rohstoff- und Energiekosten kommt der Mengerechnung, gekoppelt mit einer zuverlässigen Vorhersage wichtiger Glaseigenschaften, eine große wirtschaftliche Bedeutung zu. Mit BatchMaker® ist seit längerem eine Standardsoftware verfügbar, die bereits von vielen namhaften Glasherstellern erfolgreich zur Mengerechnung und Glasentwicklung eingesetzt und von ilis kontinuierlich weiterentwickelt wird.

Weitere Informationen:

ilis GmbH,
Konrad-Zuse-Str. 12, D-91052 Erlangen,
T: 09131 9747790,
F: 09131 9747791,
e-Mail: info@ilis.de,
www.ilis.de