



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: C 03 C 11/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

637 097

⑳ Gesuchsnummer: 6786/78

㉔ Anmeldungsdatum: 21.06.1978

㉔ Patent erteilt: 15.07.1983

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 15.07.1983

㉔ Inhaber:
Gesellschaft zur Förderung der Forschung an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

㉔ Erfinder:
Prof. Dr. Hans Schürch, Zürich
Prof. Dr. Gerhard Bayer, Egg b. Zürich

㉔ Vertreter:
Patentanwaltsbureau Isler & Schmid, Zürich

㉔ **Verfahren zur Herstellung von Schaumglas und danach hergestelltes Schaumglas.**

㉔ Verfahren zur Herstellung von geschlossenporigem Schaumglas, bei dem ein mindestens Glaspulver und Blähmittel enthaltendes Rohgemisch auf Temperaturen oberhalb des Transformationsbereiches des das Glaspulver bildenden Glases erhitzt wird, bis das Blähmittel durch oberhalb dieses Transformationsbereiches ablaufende chemische Reaktionen und/oder thermische Zersetzung und/oder Verdampfung ein Blähgas entwickelt, das innerhalb des durch Erweichung der Glaspulverkörner zusammengebackenen Rohgemischkuchens zunächst kugelförmige Blasen bildet, die mit der weiteren Gasentwicklung unter Aufblähung des Kuchens solange anwachsen, bis die benachbarten Blasen aufeinanderstossen und beim weiteren Anwachsen dann unter Bildung von lamellenartigen Wänden zwischen den einzelnen Blasen eine polyedrische Form annehmen und der Kuchen damit in einen von den lamellenartigen Wänden zwischen allseitig aneinander angrenzenden, annähernd polyederförmigen Schaumblasen gebildeten Glasschaum übergeht.

Die bis zu diesem Punkt bekannte Verfahrenstechnik, bei der der Glasschaum anschliessend rasch abgekühlt und dadurch sozusagen eingefroren wird, führt zu relativ feinporigem Schaumglas. Zur Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases, die bei dessen Hauptanwendungsgebiet als Bau- und Isolierstoff von entscheidender Bedeutung sind, ist jedoch eine relativ grobporige Schaumstruktur erwünscht.

Zur Erzielung einer solchen grobporigen Schaumstruktur wird der Glasschaum anschliessend einem Nachblähprozess unterzogen, bis der überwiegende Teil der lamellenartigen Wände zwischen den einzelnen Schaumblasen aufgerissen ist und sich jeweils eine Vielzahl benachbarter Schaumblasen zu einem einzigen Hohlraum vereinigt haben. Bei dem Nachblähprozess wird die Hitzeeinwirkung auf den Glasschaum nach seiner Bildung weiter aufrechterhalten und/oder das Verhältnis des mittleren Gasdruckes in den Schaumblasen zu dem von aussen auf den Glasschaum einwirkenden Druck auf einen Wert über dem mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Wert dieses Verhältnisses gebracht und/oder die Oberflächenspannung des die lamellenartigen Wände bildenden Glases gegenüber dem in den Schaumblasen befindlichen Gas sowie die Zähigkeit des Glases auf Werte unter die mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Oberflächenspannungs- und Zähigkeitswerte gebracht.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung von geschlossenporigem Schaumglas, bei dem ein mindestens Glaspulver und Blähmittel enthaltendes Rohgemisch auf Temperaturen oberhalb des Transformationsbereiches des das Glaspulver bildenden Glases erhitzt wird, bis das Blähmittel durch oberhalb dieses Transformationsbereiches ablaufende chemische Reaktionen und/oder thermische Dissoziation und/oder Verdampfung ein Blähgas entwickelt, das innerhalb des durch Erweichung der Glaspulverkörner zusammengebackenen Rohgemischkuchens zunächst kugelförmige Blasen bildet, die mit der weiteren Gasentwicklung unter Aufblähung des Kuchens solange anwachsen, bis die benachbarten Blasen aufeinanderstossen und beim weiteren Anwachsen dann unter Bildung von lamellenartigen Wänden zwischen den einzelnen Blasen eine polyedrische Form annehmen und der Kuchen damit in einen von den lamellenartigen Wänden zwischen allseitig aneinander angrenzenden, annähernd polyederförmigen Schaumblasen gebildeten Glasschaum übergeht, dadurch gekennzeichnet, dass der Glasschaum zur Erzielung einer grobporigen Schaumstruktur einem Nachblähprozess unterzogen wird, wobei Polyederblasen durch Koaleszenz und auf Kosten der kleineren Blasen weiterwachsen und grössere Hohlräume bilden, und dass hierzu die Hitzeeinwirkung auf den Glasschaum nach seiner Bildung weiter aufrechterhalten wird und/oder das Verhältnis des mittleren Gasdruckes in den Schaumblasen zu dem von aussen auf den Glasschaum einwirkenden Druck auf einen Wert über dem mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Wert dieses Verhältnisses und/oder die Oberflächenspannung des die lamellenartigen Wände bildenden Glases gegenüber dem in den Schaumblasen befindlichen Gas sowie die Zähigkeit des die lamellenartigen Wände bildenden Glases auf Werte unter die mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Werte der Oberflächenspannung bzw. der Zähigkeit gebracht werden.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Blähmittel Anteile eines Stoffes zugesetzt werden, der eine erst im Bereich der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur oder oberhalb derselben einsetzende gasentwickelnde chemische Reaktion mit einem der in dem Glasschaum enthaltenen Stoffe eingeht, und dadurch der Gasdruck in den Schaumblasen gemäss $p \cdot V = R \cdot T$ und durch weiter ablaufende Reaktion auf einen Wert über dem mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Druckwert gebracht wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Glasschaum erst nach Zwischenschaltung einer Abkühlungsphase dem Nachblähprozess unterzogen und hierzu erneut erhitzt wird.

4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zum Teil pulverisiertes Abfallglas als Glaspulver für das Rohgemisch verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Blähmittel ein feinkörniges Material verwendet wird, das durch chemische Reaktion mit einem im Rohgemisch enthaltenen oder sich bei der Erhitzung desselben bildenden Stoff und/oder durch thermische Dissoziation und/oder durch Verdampfung bzw. Sublimation ein Blähgas entwickelt, das erst bei einer Temperatur oberhalb der den Übergang des Rohgemisches zu einer zähflüssigen Masse markierenden Verklebungstemperatur der das Glaspulver bildenden Glaskörner, vorzugsweise bei einer Temperatur über 600°C, einen Partialdruck erreicht, der dem auf den Rohgemischkuchen einwirkenden Aussendruck entspricht, und das bereits bei einer Temperatur unterhalb der den Übergang des Rohgemischkuchens zu

einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens, vorzugsweise bei einer Temperatur unterhalb 900°C, den zur Blasenbildung erforderlichen, der Summe des auf den Rohgemischkuchen einwirkenden Aussendruckes und des durch die Oberflächenspannung δ an der Innenwand einer sich um ein Blähmittelkorn von der Grösse d bildenden Blase erzeugten Blasenüberdruckes $\Delta p = 4\delta/d$ entsprechenden Partialdruck erreicht.

6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Blähmittel ein Stoff aus der die Erdalkalibarbonate, Siliziumkarbide und Talk sowie die Oxide von Mangan, Kobalt, Kupfer, Nickel und Eisen umfassenden Stoffgruppe oder eine Mischung mehrerer dieser Stoffe verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rohgemisch zur Heraufsetzung der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens und/oder der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden, ein inerter oder mit im Rohgemisch enthaltene bzw. bei dessen Erhitzung entstehenden Stoffen reagierender Füllstoff zugesetzt wird.

8. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rohgemisch zur Herabsetzung der den Übergang des Rohgemisches zu einer noch offenporigen zähflüssigen Masse markierenden Verklebungstemperatur des das Glaspulver bildenden Glases und/oder der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden, und/oder der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens die Viskosität des Rohgemischkuchens herabsetzende Flussmittel zugesetzt werden.

9. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rohgemisch zur Herstellung von farbigem Schaumglas ein farbgebender Zusatz, vorzugsweise ein Stoff aus der die Übergangsmetalloxide und Chromate sowie Nickelmonoxid, Mangandioxid, Kobalt-(III)-oxid, Eisen-(III)-oxid, Chrom-(III)-oxid und Vanadin-(V)-oxid umfassenden Stoffgruppe oder eine Mischung mehrerer dieser Stoffe, beigemischt wird und der Gewichtsanteil des farbgebenden Zusatzes am Gesamtgewicht des Rohgemisches vorzugsweise zwischen 0,5% und 10% liegt.

10. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohgemisch zur Vereinfachung der Erzielung einer gleichmässigen Verteilung seiner Bestandteile im Gemisch und/oder zur Verbesserung des Blähvorganges und einer damit verbundenen Erhöhung der Festigkeit des hergestellten Schaumglases mit einer Anrührflüssigkeit, vorzugsweise mit Wasser, zu einem Teig vermischt und dann in Teigform bis zur Entstehung einer im wesentlichen homogenen Mischung gerührt wird und der Teig dann bei erhöhter Temperatur, vorzugsweise im Temperaturbereich zwischen 100°C und 130°C, getrocknet wird.

11. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohgemisch zur Erzielung einer gleichmässigen Verteilung seiner Bestandteile im Gemisch im trockenen Zustand bis zur Entstehung einer im wesentlichen homogenen Mischung durchmischt, vorzugsweise gerührt, wird und dann zur Durchführung des Blähprozesses im trockenen Zustand erhitzt wird.

12. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohgemisch zur Vermeidung eines Auseinanderlaufens des Rohgemischkuchens während des Bläh- oder Nachblähprozesses in einer Form erhitzt wird, vorzugsweise in einer Form aus getrocknetem oder gebranntem Ton oder anderer Keramik oder in einer zweckmässig zerlegbaren Metallform aus zunderfreiem Stahl oder einem anderen Metall.

13. Verfahren nach Patentanspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung eines mindestens teilweise ummantelten Schaumglasformkörpers eine nach Abschluss des Herstellungsprozesses den Mantel des hergestellten Formkörpers bildende Form, vorzugsweise eine dünnwandige Form aus vorgebranntem oder getrocknetem Ton oder Keramik, verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung eines Schaumglaskörpers mit zumindest teilweise von Schaumglas überdecktem festen Kern oder Träger in das Rohgemisch vor seiner Erhitzung ein Kern oder Trägerkörper, vorzugsweise aus Keramik, eingebracht wird.

15. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohgemisch im trockenen oder getrockneten Zustand in einen vorgeheizten Ofen, dessen Ofentemperatur unterhalb der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden und vorzugsweise zwischen 400°C und 700°C liegt, oder in eine Ofenzone entsprechender Temperatur eingebracht und in dem Ofen bzw. der Ofenzone zunächst bis annähernd auf die dort herrschende Temperatur erhitzt wird und der sich bildende Rohgemischkuchen anschliessend, vorzugsweise innerhalb von 20 bis 60 Minuten, durch Erhöhung der Ofentemperatur oder Verlagerung in eine Ofenzone höherer Temperatur auf die zur Bildung des Glasschaumes erforderliche, im Temperaturbereich zwischen der Umschliessungstemperatur und der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens liegende und vorzugsweise in den Bereich von 700°C bis 900°C fallende Blähtemperatur weiter erhitzt wird und danach dann der Nachblähprozess durchgeführt wird und das gebildete Schaumglas im Anschluss daran, vorzugsweise innerhalb von weniger als 30 Minuten, durch Verringerung der Ofentemperatur oder Verlagerung in eine Ofenzone tieferer Temperatur mindestens bis auf eine Temperatur nahe der oberen Grenze des Transformationsbereiches des das Schaumglas bildenden Glases, vorzugsweise bis auf eine in den unteren Teil des Transformationsbereiches fallende Temperatur, abgekühlt wird und danach, vorzugsweise unter Zwischenschaltung eines zur Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften des fertigen Schaumglases dienenden Nachbehandlungsprozesses, auf Raumtemperatur abkühlen gelassen wird.

16. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das gebildete Schaumglas im warmplastischen Zustand bei einer Temperatur oberhalb des Transformationsbereiches des das Schaumglas bildenden Glases verformt wird.

17. Verfahren nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaumglas zur Erhöhung der Wärmedämmung in einer vorbestimmten Wärmeflussrichtung in Richtung parallel zu dieser Wärmeflussrichtung zusammengequetscht wird und dadurch die in dem Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume linsenförmig abgeflacht werden.

18. Verfahren nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, dass das Schaumglas zur Erhöhung der Steifigkeit in einer vorbestimmten Belastungsrichtung in Richtung parallel zu dieser Belastungsrichtung auseinandergezogen oder extrudiert wird und dadurch die in dem Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume spindelförmig in die Länge gezogen werden.

19. Verfahren nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaumglas zu einem Schaumglasformkörper von vorbestimmter Form verformt wird.

20. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung von Schaumglas mit teilweise grobporiger und teilweise feinporiger Schaumstruktur in dem Glasschaum während des Nachblähprozesses eine inhomogene Temperaturverteilung mit Bereichen von wesentlich höherer Temperatur als der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Bereichen von gleicher oder nur unwesentlich höherer Temperatur als der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur in den für feinporige Schaumstruktur vorgesehenen Bereichen erzeugt wird.

21. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erhöhung der Bruchfestigkeit, insbesondere der Sprödbbruchfestigkeit, des Schaumglases an den Innenwänden der in dem Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume im wesentlichen über der Wandfläche homogene, im fertigen Schaumglas zu Druckspannungen längs der Wandflächen führende Oberflächenschichten erzeugt werden.

22. Nach dem Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 21 hergestelltes Schaumglas, dadurch gekennzeichnet, dass der überwiegende Teil des gesamten Hohlraumvolumens des Schaumglases von Hohlräumen gebildet ist, von denen jeder in mindestens einer durch den Hohlraum verlaufenden Querschnittsebene eine Querschnittsfläche von wenigstens 0,5 cm² aufweist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von geschlossenporigem Schaumglas, bei dem ein mindestens Glaspulver und Blähmittel enthaltendes Rohgemisch auf Temperaturen oberhalb des Transformationsbereiches des das Glaspulver bildenden Glases erhitzt wird, bis das Blähmittel durch oberhalb dieses Transformationsbereiches ablaufende chemische Reaktionen und/oder thermische Dissoziation und/oder Verdampfung ein Blähgas entwickelt, das innerhalb des durch Erweichung der Glaspulverkörner zusammengebackenen Rohgemischkuchens zunächst kugelförmige Blasen bildet, die mit der weiteren Gasentwicklung unter Aufblähung des Kuchens solange anwachsen, bis die benachbarten Blasen aufeinanderstossen und beim weiteren Anwachsen dann unter Bildung von lamellenartigen Wänden zwischen den einzelnen Blasen eine polyedrische Form annehmen und der Kuchen damit in einen von den lamellenartigen Wänden zwischen allseitig aneinander angrenzenden, annähernd polyederförmigen Schaumblasen gebildeten Glasschaum übergeht. Ferner bezieht sich die Erfindung auf nach diesem Verfahren hergestelltes Schaumglas.

Verfahren der vorgenannten Art sind schon seit längerer Zeit bekannt, z.B. aus den US-PS 2 233 608 und 3 811 851, den CH-PS 426 601 und 473 741, der DT-PS 2 028 666 und dem Fachbuch «Silikate» von W. Hinz, VEB Verlag Berlin 1971, Band 2, Seiten 267, 268 und 283, 284. Mit diesen bekannten Verfahren konnte jedoch nur Schaumglas mit verhältnismässig geringen, im Maximum in der Grössenordnung von Millimetern liegenden Porengrössen hergestellt

werden. So sind beispielsweise in den vorgenannten CH-PS Porengrössen im Bereich von 0,2 bis 2 mm und in der genannten DT-PS Porengrössen im Bereich von 0,1 bis 1 mm als realisierbare Werte der Porengrösse angegeben. Der Grund dafür liegt in der bei den bekannten Verfahren angewandten Verfahrenstechnik, nach dem erwähnten Übergang des Kuchens in einen von den lamellenartigen Wänden zwischen allseitig aneinander angrenzenden, annähernd polyederförmigen Schaumblasen gebildeten Glasschaum, d.h. bei Erreichen der sogenannten optimalen Aufschäumung, die Erhitzung des Glasschaumes mit einer in der Praxis als Temperaturschock bezeichneten sprunghaften Temperaturabsenkung auf innerhalb oder nur wenig oberhalb des genannten Transformationsbereiches liegende Temperaturen schlagartig abubrechen, denn mit dieser Abschreckung wird der gebildete Polyederglasschaum sozusagen eingefroren, so dass eine weitere Entwicklung des Schaumes nicht mehr möglich ist, und in dem als optimale Aufschäumung bezeichneten Zustand können Polyederglasschäume jedenfalls bei den üblicherweise verwendeten Rohgemischen aus Abfallglaspulver und einigen Prozenten Blähmittel höchstens Porengrössen in der Grössenordnung von Millimetern erreichen. Nach der bisher in der Fachwelt geltenden Auffassung — die z.B. in Begriffen wie «optimale Aufschäumung» zum Ausdruck kommt — war im übrigen eine weitere Entwicklung des Schaumes aus herstellungstechnischen Gründen gar nicht erwünscht, im Gegenteil sollte ja eben durch die Abschreckung eine solche weitere Entwicklung verhindert und stattdessen der Zustand der «optimalen Aufschäumung» aufrechterhalten und sozusagen eingefroren werden, und zwar weil man aufgrund von schlechten experimentellen Erfahrungen befürchtete, dass der Polyederschaum bei weiterer Entwicklung über den Zustand der sogenannten optimalen Aufschäumung hinaus in sich zusammenfällt. Ausserdem herrschte in der Fachwelt auch die Meinung vor, dass eine günstigere Schaumglasstruktur als die des sogenannten «echten Polyederschaumes» nicht möglich wäre und dass Verbesserungen nur noch hinsichtlich der Feinstruktur erzielt werden könnten, z.B. — wie in den obengenannten CH-PS beschrieben — hinsichtlich der inneren Struktur der genannten lamellenartigen Wände oder — wie in der obengenannten DT-PS beschrieben — hinsichtlich der Gleichmässigkeit der Aufschäumung an allen Stellen innerhalb des hergestellten Schaumglases.

Tatsächlich ist aber das nach den bisher bekannten Verfahren hergestellte Schaumglas mit der Struktur eines «echten Polyederschaumes» in Hinblick auf die in der Praxis an Schaumglas zu stellenden Anforderungen keineswegs optimal. Denn in der Praxis wird Schaumglas — wie man nahezu allen diesbezüglichen Druckschriften und Veröffentlichungen entnehmen kann — hauptsächlich als Bau- und Isolierstoff verwendet, und dort kommt es vor allem auf die Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases an. Zwar spielen in diesem Anwendungsbereich natürlich auch die Festigkeitseigenschaften des Schaumglases eine wesentliche Rolle, aber in dieser Hinsicht sind in der Regel so grosse Reserven vorhanden, dass zugunsten einer Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften ohne weiteres eine innerhalb dieser Reserven liegende Festigkeitsverminderung in Kauf genommen werden kann, und daraus ergibt sich, dass eine Schaumglasstruktur im Hinblick auf die Anforderungen in der Praxis dann als optimal zu betrachten ist, wenn sie von allen im Rahmen des Möglichen liegenden Schaumglasstrukturen die besten Wärmeisolationseigenschaften aufweist. Die Wärmeisolationseigenschaften einer Schaumglasstruktur werden nun im wesentlichen von Form und Querschnitt der genannten, das Schaumglas bildenden lamellenartigen Wände bestimmt, oder anders ausgedrückt, die Wärmelei-

tung von Schaumglas ergibt sich im wesentlichen aus dem über die lamellenartigen Wände in Richtung des Temperaturgefälles fließenden Wärmestrom, während die von den lamellenartigen Wänden umschlossenen Hohlräume praktisch gar nicht oder nur in sehr geringem Masse zur Wärmeleitung beitragen. Infolgedessen ist das Verhältnis des Volumens der lamellenartigen Wände zum Gesamtvolumen des Schaumglases bzw. die diesem Verhältnis mit der Dichte des die lamellenartigen Wände bildenden Schaumglasmaterials als Proportionalitätsfaktor proportionale Dichte des Schaumglases von massgebender Bedeutung für die Wärmeleitung, denn es dürfte ja wohl klar sein, dass die Wärmeleitung umso grösser wird, je grösser der prozentuale Anteil des Volumens der wärmeleitenden lamellenartigen Wände bzw. umso kleiner der prozentuale Anteil des Volumens der nichtwärmeleitenden Hohlräume am Gesamtvolumen des Schaumglases wird. Um daher bei einem Vergleich der Wärmeisolationseigenschaften unterschiedlicher Schaumglasstrukturen zu vergleichbaren Verhältnissen zu kommen, muss man von gleicher Dichte der miteinander zu vergleichenden Schaumgläser unterschiedlicher Schaumglasstruktur und natürlich auch von gleichem Schaumglasmaterial für die lamellenartigen Wände der zu vergleichenden Schaumgläser ausgehen. Da nun bei vorgegebener Dichte eines Schaumglases bzw. vorgegebenem Verhältnis k des Volumens V_w der lamellenartigen Wände zum Gesamtvolumen V_{ges} des Schaumglases unter der Voraussetzung einer im wesentlichen gleichen Schaumglasstruktur an allen Stellen des Schaumglases jede in irgendeiner beliebigen Querschnittsebene des Schaumglases herausgeschnittene hauchdünne Schaumglasscheibe ein dem vorgegebenen Volumenverhältnis $V_w/V_{ges} = k$ entsprechendes Verhältnis $\Delta V_w/\Delta V_{ges} = V_w/V_{ges} = k$ des dem Produkt aus der Gesamtquerschnittsfläche F_w der lamellenartigen Wände und der Scheibendicke d entsprechenden Volumens $\Delta V_w = d \cdot F_w$ der lamellenartigen Wände in der Schaumglasscheibe zu dem Produkt aus der Gesamtfläche F_{ges} der Schaumglasscheibe und der Scheibendicke d entsprechenden Gesamtvolumen $\Delta V_{ges} = d \cdot F_{ges}$ der Schaumglasscheibe hat, ist bei einem Schaumglas von vorgegebener Dichte mit im wesentlichen gleicher Schaumglasstruktur an allen Stellen des Schaumglases in jeder beliebigen Querschnittsebene das Verhältnis $F_w/F_{ges} = d \cdot F_w/d \cdot F_{ges} = \Delta V_w/\Delta V_{ges} = V_w/V_{ges} = k$ des Gesamtquerschnittes F_w der lamellenartigen Wände zur gesamten Querschnittsfläche F_{ges} an der Schnittstelle gleich der Konstante k und damit der prozentuale Anteil des Gesamtquerschnittes F_w der lamellenartigen Wände an der Querschnittsfläche F_{ges} in jeder Querschnittsebene gleichgrosso, und zwar unabhängig von der speziellen Schaumglasstruktur des betreffenden Schaumglases. Bei gleicher Dichte und gleichem Schaumglasmaterial sowie gleichmässiger Strukturverteilung haben daher Schaumglasblöcke von gleichen Abmassen in einander entsprechenden Querschnittsebenen auch bei unterschiedlicher Schaumglasstruktur gleichgrosse Gesamtquerschnitte der lamellenartigen Wände. Sind ferner bei diesen Schaumglasblöcken auch die Querschnittsflächen in sämtlichen zur Temperaturgefällerrichtung senkrechten Querschnittsebenen gleichgrosso, dann sind nach dem Obengesagten auch die Gesamtquerschnitte der lamellenartigen Wände in allen diesen Querschnittsebenen gleichgrosso, und zwar ebenfalls wiederum auch bei unterschiedlicher Schaumglasstruktur der einzelnen Schaumglasblöcke. Der Wärmewiderstand, den ein solcher Schaumglasblock darstellt, ist in diesem Fall proportional dem Verhältnis aus der mittleren Länge der Strompfade des in Richtung des Temperaturgefälles durch den Schaumglasblock fließenden Wärmestromes zu dem in allen zur Temperaturgefällerrichtung senkrechten Querschnittsebenen gleichgrossen Gesamtquerschnitt der

lamellenartigen Wände, und da dieser Gesamtquerschnitt der lamellenartigen Wände unter den vorgenannten, für vergleichbare Verhältnisse geltenden Voraussetzungen auch bei Schaumglasblöcken mit unterschiedlicher Schaumglasstruktur gleichgross ist, ergeben sich Unterschiede im Widerstand bei unterschiedlicher Schaumglasstruktur nur dann, wenn aus der unterschiedlichen Schaumglasstruktur verschiedene mittlere Längen der Strompfade der durch diese Schaumglasblöcke mit unterschiedlicher Schaumglasstruktur fließenden Wärmeströme resultieren. Der spezifische Widerstand einer Schaumglasstruktur wird daher dann ein Maximum oder, anders ausgedrückt, die Wärmeisolationseigenschaften einer Schaumglasstruktur sind dann optimal, wenn sich aufgrund dieser Struktur die grösstmögliche mittlere Länge der Strompfade der durch die Schaumglasstruktur fließenden Wärmestromes ergibt. Als Massstab der mittleren Länge der Strompfade ist dabei das Verhältnis der effektiven mittleren Strompfadlänge zur Dicke des Schaumglasblockes bzw. zu der sich bei geradlinigem Durchtritt des Wärmestromes durch die Schaumglasstruktur in Temperaturgefällerrichtung ergebenden fiktiven Strompfadlänge anzusehen. Dieses Verhältnis der effektiven zur fiktiven Strompfadlänge ist umso grösser, je weiter der Wärmestrom bei seinem Durchgang durch die Schaumglasstruktur quer zur Temperaturgefällerrichtung hin- und herlaufen muss bzw. je grösser der Anteil der quer zur Temperaturgefällerrichtung verlaufenden Wegabschnitte an der gesamten Strompfadlänge ist. Da nun die Strompfade, wie oben schon erwähnt, fast ausschliesslich innerhalb der lamellenartigen Wände verlaufen, ist eine Schaumglasstruktur bezüglich ihrer Wärmeisolationseigenschaften dann optimal, wenn von den lamellenartigen Wänden ein möglichst grosser Anteil quer zur Temperaturgefällerrichtung bzw. ein möglichst geringer Anteil in Temperaturgefällerrichtung verläuft, oder mit anderen Worten, wenn die Form der von den lamellenartigen Wänden umschlossenen Hohlräume möglichst grosse seitliche Abweichungen der effektiven Strompfade von den zugeordneten, direkt in Temperaturgefällerrichtung durch die Schaumglasstruktur verlaufenden fiktiven Strompfaden bedingt. Das ist aber bei dem nach den bisher bekannten Verfahren hergestellten Schaumglas mit der Struktur eines «echten Polyederschaumes» nicht der Fall, denn bei einem echten Polyederschaum ist die Form der Hohlräume grob angenähert kugelförmig, und in diesem Fall ist die effektive mittlere Strompfadlänge nur um ca. 20% grösser als die Länge eines geradlinig durch die Schaumglasstruktur führenden fiktiven Strompfades, während man mit anderen Schaumglasstrukturen wie z.B. Strukturen mit linsenförmig abgeflachten Hohlräumen auf ein Verhältnis der effektiven zur fiktiven Strompfadlänge von 2 und mehr bzw. auf ca. zweimal so gute Wärmeisolationseigenschaften wie denen des nach den bekannten Verfahren hergestellten Schaumglases kommen kann.

Der Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Herstellung eines Schaumglases zu schaffen, das aufgrund seiner Struktur im Hinblick auf die in der Praxis an Schaumglas zu stellenden Anforderungen insgesamt günstigere Eigenschaften und insbesondere bessere Wärmeisolationseigenschaften als das nach den bekannten Verfahren hergestellte Schaumglas mit der Struktur von echtem Polyederschaum aufweist.

Erfindungsgemäss wird das bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch erreicht, dass der Glasschaum zur Erzielung einer grobporigen Schaumstruktur einem Nachblähprozess unterzogen wird, bis der überwiegende Teil der lamellenartigen Wände zwischen den einzelnen Schaumblasen koalesziert und sich jeweils eine Vielzahl benachbarter Schaumblasen zu einem einzigen Hohl-

raum vereinigt haben und dass hierzu die Hitzeeinwirkung auf den Glasschaum nach seiner Bildung weiter aufrechterhalten wird und/oder das Verhältnis des mittleren Gasdruckes in den Schaumblasen zu dem von aussen auf den Glasschaum einwirkenden Druck auf einen Wert über dem mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Wert dieses Verhältnisses und/oder die Oberflächenspannung des die lamellenartigen Wände bildenden Glases gegenüber dem in den Schaumblasen befindlichen Gas sowie die Zähigkeit des die lamellenartigen Wände bildenden Glases auf Werte unter die mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Werte der Oberflächenspannung bzw. der Zähigkeit gebracht werden.

Das vorliegende Verfahren bringt in zweierlei Hinsicht Vorteile in bezug auf Verbesserungen der Wärmeisolationseigenschaften des hergestellten Schaumglases mit sich. Zunächst einmal werden durch weitere Aufblähung des Glasschaumes in dem Nachblähprozess bei gleichbleibendem Volumen der lamellenartigen Wände das Gesamtvolumen des Schaumglases erhöht und damit die Dichte des Schaumglases herabgesetzt, was nach den obigen Ausführungen zu einer Verringerung des prozentualen Anteils des Gesamtquerschnittes der lamellenartigen Wände an der Schnittfläche eines Querschnittes durch das Schaumglas und damit zu einer Erhöhung des diesem prozentualen Anteil umgekehrt proportionalen spezifischen Widerstandes des hergestellten Schaumglases bzw. zu einer Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases führt. Des weiteren ergibt sich eine wesentliche Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften des hergestellten Schaumglases aus der mit dem vorliegenden Verfahren erreichten Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen zu einem einzigen Hohlraum. Denn die sich bei dieser Vereinigung bildenden, im Vergleich zur Porengrösse der Schaumblasen relativ grossen Hohlräume haben im Gegensatz zu den grob angenähert kugelförmigen Schaumblasen in horizontaler Richtung in der Regel beträchtlich grössere Abmasse als in vertikaler Richtung und führen aufgrund der sich damit ergebenden grobporigen Schaumglasstruktur mit im wesentlichen linsenförmig abgeflachten Hohlräumen zu relativ grossen seitlichen Abweichungen der effektiven Strompfade des Wärmestromes von den zugeordneten, direkt in vertikaler Richtung durch die Schaumglasstruktur verlaufenden fiktiven Wärmestrompfaden und dementsprechend zu einem relativ grossen Verhältnis der effektiven zur fiktiven Strompfadlänge, womit sich nach den obigen Ausführungen eine wesentliche Erhöhung des diesem Verhältnis proportionalen spezifischen Widerstandes des Schaumglases bzw. eine entsprechende Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases ergibt. Insgesamt lassen sich durch die mit dem vorliegenden Verfahren erreichbare Erhöhung des Verhältnisses von effektiver zu fiktiver Strompfadlänge in Verbindung mit der erwähnten Dichteverminderung Verbesserungen der Wärmeisolationseigenschaften von Schaumglas bis zum Faktor 2 und darüber erzielen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens wird der Glasschaum in dem Nachblähprozess auf eine Temperatur erhitzt, die über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegt, und dadurch sowohl der Gasdruck in den Schaumblasen auf einen Wert über dem mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Druckwert als auch Oberflächenspannung und Zähigkeit des Glases auf Werte unter den mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Werten von Oberflächenspannung und Zähigkeit gebracht. Vorzugsweise wird der Glasschaum bei dieser bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens in dem Nachblähprozess auf eine Tem-

peratur erhitzt, die um 50°C bis 100°C über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegt.

Mit Vorteil können weiter dem Blähmittel Anteile eines Stoffes zugesetzt werden, der eine erst im Bereich der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur oder oberhalb derselben einsetzende gasentwickelnde chemische Reaktion mit einem der in dem Glasschaum enthaltenen Stoffe eingeht. Liegt die Reaktionstemperatur dieser Reaktion im Bereich der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur, dann kann allein durch diese gasentwickelnde Reaktion der Gasdruck in den Schaumblasen in dem Nachblähprozess auf einen Wert über dem mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Druckwert gebracht werden, d.h. in diesem Fall ist zur Durchführung des Nachblähprozesses nur eine weitere Hitzeeinwirkung auf den Glasschaum nach seiner Bildung, jedoch keine Temperaturerhöhung desselben erforderlich. Trotzdem kann der Glasschaum natürlich auch in diesem Fall über die bei seiner Bildung herrschende Temperatur hinaus erhitzt werden, z.B. zur Beschleunigung des Reaktionsablaufes der gasentwickelnden Reaktion und/oder zur weiteren Erhöhung des Gasdruckes in den Schaumblasen sowie zur Verringerung der Oberflächenspannung und Zähigkeit des Glases. Wenn hingegen die Reaktionstemperatur der gasentwickelnden Reaktion oberhalb der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegt, dann ist zur Einleitung der Reaktion eine weitere Erhitzung des Glasschaumes in dem Nachblähprozess mindestens bis auf die Reaktionstemperatur zwingend erforderlich, d.h. unter diesen Umständen wird in dem Nachblähprozess zunächst die Temperaturerhöhung bis auf die Reaktionstemperatur bzw. die sich daraus ergebende Erhöhung des Gasdruckes in den Schaumblasen und die ebenfalls daraus resultierende Verminderung von Oberflächenspannung und Zähigkeit des Glases wirksam, ehe mit einem weiteren Anstieg des Gasdruckes in den Schaumblasen die Wirkung der gasentwickelnden chemischen Reaktion einsetzt. Die Reaktionstemperatur sollte daher zweckmässig nicht wesentlich über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegen, wenn der Nachblähprozess in erster Linie auf der gasentwickelnden chemischen Reaktion beruhen soll.

Anstelle solcher Anteile eines Stoffes, der eine gasentwickelnde chemische Reaktion mit einem der in dem Glasschaum enthaltenen Stoffe eingeht, oder auch zusätzlich dazu können dem Blähmittel ferner vorteilhaft Anteile eines im Nachblähprozess verdampfbaren, gegenüber den im Glasschaum enthaltenen Stoffen inerten Stoffes mit einer oberhalb der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegenden Verdampfungstemperatur zugesetzt werden. Auch in diesem Falle sollte die Verdampfungstemperatur aus den gleichen Gründen, wie oben für die Reaktionstemperatur einer gasentwickelnden Reaktion erläutert, zweckmässig nicht wesentlich über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegen, wenn der Nachblähprozess in erster Linie auf der Verdampfung des besagten inerten Stoffes beruhen soll, jedoch muss die Verdampfungstemperatur auf jeden Fall höher als die bei der Bildung des Glasschaumes herrschende Temperatur sein, da andernfalls die Gefahr besteht, dass das herzustellende Schaumglas während des Nachblähprozesses in sich zusammenfällt.

Schliesslich können dem Blähmittel auch zusätzlich zu dem erwähnten chemisch reagierenden Stoff und/oder dem genannten verdampfbaren Stoff oder aber anstelle derselben mit Vorteil Anteile eines im Nachblähprozess zersetzbaren Stoffes, der bei einer oberhalb der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegenden Zersetzungstemperatur Gas abspaltet, zugesetzt werden. Auch hier

sollte die Zersetzungstemperatur zweckmässig nicht wesentlich über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegen, wenn der Nachblähprozess in erster Linie auf der Gasabspaltung bei der Zersetzung beruhen soll.

Bei Verwendung von im Nachblähprozess durch chemische Reaktion gasentwickelnden und/oder verdampfenden und/oder zersetzbaren und dabei gasabsplattendenden Stoffen als Blähmittelanteil wird jedenfalls dann, wenn die Reaktions- bzw. Verdampfungs- oder Zersetzungstemperatur nicht wesentlich über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur liegt, die weitere Aufblähung des Glasschaumes bis zur Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen zu einem einzigen Hohlraum hauptsächlich durch Gasdruckanstieg in den Schaumblasen über den mit der Bildung des Glasschaumes erreichten Druckwert hinaus verursacht, während bei einem ohne solche Stoffe im Blähmittel durchgeführten, allein auf weiterer Erhitzung des Glasschaumes über die bei seiner Bildung herrschende Temperatur hinaus basierenden Nachblähprozess die weitere Aufblähung des Glasschaumes in erster Linie auf Verminderungen der Oberflächenspannung und der Zähigkeit des Glases beruht.

Zweckmässig erfolgt bei dem vorliegenden Verfahren die Bildung des Glasschaumes im Temperaturbereich zwischen 750°C und 900°C, und der Nachblähprozess wird vorteilhaft bei Temperaturen im Temperaturbereich von 800°C bis 1000°C oder bei Zusatz von Füllstoffen bis zu 1150°C durchgeführt.

Aus verfahrenstechnischen Gründen und im Hinblick auf den technischen Aufwand und insbesondere den Energiebedarf für die Herstellung von Schaumglas nach dem vorliegenden Verfahren ist es zweckmässig, den Glasschaum unmittelbar im Anschluss an seine Bildung dem Nachblähprozess zu unterziehen. Es ist aber generell auch möglich und in bestimmten Fällen wie z.B. bei der Verwendung von Glaspulver mit oberhalb der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur aussergewöhnlich stark abfallender Oberflächenspannung und Zähigkeit des Glases auch von Vorteil, den Glasschaum erst nach Zwischenschaltung einer Abkühlungsphase dem Nachblähprozess zu unterziehen und hierzu dann erneut zu erhitzen. Zweckmässig kann der Glasschaum dabei in der Abkühlungsphase bis auf Raumtemperatur abgekühlt und zur Durchführung des Nachblähprozesses dann wieder auf eine Temperatur über der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur erhitzt werden.

Die Erfindung betrifft ferner nach dem vorliegenden Verfahren hergestelltes Schaumglas, das dadurch gekennzeichnet ist, dass der überwiegende Teil des gesamten Hohlraumvolumens des Schaumglases von Hohlräumen gebildet ist, von denen jeder in mindestens einer durch den Hohlraum verlaufenden Querschnittsebene eine Querschnittsfläche von wenigstens 0,5 cm² aufweist.

Bei einer bevorzugten Ausbildungsform des nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Schaumglases weist bei der Mehrzahl der Hohlräume mit wenigstens 0,5 cm² Querschnittsfläche jeweils der Querschnitt mit der grössten Querschnittsfläche des betreffenden Hohlraumes mindestens einen, vorzugsweise zwei sich im rechten Winkel schneidenden, Durchmesser auf, der bzw. die grösser als die Abmessung des Hohlraumes in Normalenrichtung zu diesem Querschnitt sind. Mit besonderem Vorteil für die Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases kann dabei die Mehrzahl der Hohlräume mit wenigstens 0,5 cm² Querschnittsfläche in wenigstens näherungsweise gleicher, im wesentlichen mit der genannten Normalenrichtung übereinstimmender Abflachungsrichtung grob angenähert linsenförmig abgeflacht sein.

Vorteilhaft kann ferner bei dem nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Schaumglas zumindest bei der Mehrzahl der Hohlräume mit wenigstens 0,5 cm² Querschnittsfläche an den Hohlrauminnenwänden ein metallischer Überzug niedergeschlagen sein. Schaumgläser mit einem solchen metallischen Überzug an den Hohlrauminnenwänden weisen u.a. in der Regel eine relativ hohe Sprödbbruchfestigkeit auf.

Die Erfindung ist im folgenden an den allgemeinen herstellungstechnischen Grundlagen und einigen Ausführungsbeispielen des vorliegenden Verfahrens näher erläutert.

Für die Herstellung von Schaumglas nach dem vorliegenden Verfahren wird zweckmässig ein 50 bis 99,5 Gew.-%, vorzugsweise 80 bis 99 Gew.-%, Glaspulver enthaltendes Rohgemisch verwendet.

Vorzugsweise wird bei dem vorliegenden Verfahren für das Glaspulver wenigstens zum überwiegenden Teil Glas mit einem mindestens teilweise innerhalb des Temperaturbereiches von 500°C bis 600°C liegenden Transformationsbereich verwendet.

Mit Vorteil kann bei dem vorliegenden Verfahren, insbesondere bei Verwendung des hergestellten Schaumglases als Bau- und Isolierstoff, mindestens zum Teil pulverisiertes Abfallglas als Glaspulver für das Rohgemisch verwendet werden. Zur Herstellung von Schaumglas für das Bauwesen wird dabei zweckmässig im wesentlichen aus Gebrauchsgläsern, vorzugsweise Flaschenglas und sonstigem Behälterglas sowie Scheibenglas, bestehendes Abfallglas verwendet. Zur Herstellung von Schaumglas für technische Geräte, insbesondere zur Wärmeisolation sowie bei hoher Temperaturbeanspruchung, verwendet man zweckmässig im wesentlichen aus Gerätegläsern, vorzugsweise Borsilikatglas und/oder niedrigschmelzendem Bleiglas und/oder hochschmelzendem Kieselglas, bestehendes Abfallglas.

Das Abfallglas wird zweckmässig in einem Backenbrecher in Glassplitter von weniger als 5 mm Grösse zersplittert und die Splitter dann in einer Scheibenschwingmühle oder einer Kugelmühle zu Glaspulver mit Korngrössen bis höchstens 1 mm zermahlen. In der Regel wird das so gewonnene Glaspulver bei dem vorliegenden Verfahren direkt, also ohne Aufteilung in Kornfraktionen, für das Rohgemisch verwendet. Insbesondere bei der Herstellung von Schaumglas für das Bauwesen nach dem vorliegenden Verfahren empfiehlt es sich dabei schon aus Kostengründen, die obere Grenze des sich nach dem Zermahlen der Glassplitter ergebenden Korngrössenbereichs der Glaspulverkörner so hoch wie möglich bzw. wie für einen einwandfreien Ablauf des vorliegenden Verfahrens gerade noch zulässig anzusetzen, da natürlich bei vorgegebener Scheibenschwing- oder Kugelmühle die Dauer und damit die Kosten des Mahlvorganges umso grösser werden, je feiner die Glassplitter zermahlen werden müssen bzw. je geringer die obere Grenze des Korngrössenbereichs der Glaspulverkörner bildende maximale Korngrösse sein muss. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass beim vorliegenden Verfahren auch noch bei einer maximalen Korngrösse von 1 mm mit einem einwandfreien Verfahrensablauf und einer guten Qualität des hergestellten Schaumglases gerechnet werden kann, wenn das Rohgemisch neben Glaspulver und Blähmittel bestimmte feinkörnige Zusatzstoffe wie z.B. Ton enthält, während bei den bekannten Verfahren zur Herstellung von Schaumglas üblicherweise nur Glaspulver mit maximalen Korngrössen in der Grössenordnung von Zehntelmillimetern verarbeitet werden können.

Natürlich ist es auch bei dem vorliegenden Verfahren möglich und für bestimmte Verwendungszwecke des hergestellten Schaumglases von Vorteil, die Glassplitter feiner zu zermahlen, z.B. bis auf eine maximale Korngrösse von

0,5 mm oder in speziellen Fällen sogar bis auf eine maximale Korngrösse von 0,25 mm. Das kommt hauptsächlich dann in Frage, wenn die vorgenannten feinkörnigen Zusatzstoffe aufgrund des vorgesehenen Verwendungszweckes oder auch aus anderen Gründen unerwünscht sind. In diesem Fall sollte das Rohgemisch zweckmässig einen Anteil an sehr feinkörnigem Glaspulver, vorzugsweise mit Korngrössen unter 50 µ, enthalten, und dazu ist es in der Regel erforderlich, die Glassplitter feiner als bis zu einer maximalen Korngrösse von 1 mm zu zermahlen. Im Falle einer direkten Verwendung des aus dem Mahlvorgang hervorgehenden Glaspulvers für das Rohgemisch kann man dabei entweder so vorgehen, dass die Glassplitter bis auf eine derart geringe maximale Korngrösse zermahlen werden, dass der mit sinkender maximaler Korngrösse ansteigende Anteil an sehr feinen Glaskörnern in dem gewonnenen Glaspulver dem erforderlichen Anteil an sehr feinkörnigem Glaspulver im Rohgemisch entspricht, oder aber man kann einen Teil der Glassplitter bis auf eine erste vorbestimmte maximale Korngrösse von z.B. 0,5 mm, bei der der Anteil an sehr feinkörnigem Glaspulver noch unterhalb des erforderlichen Wertes liegt, und den anderen Teil der Glassplitter bis auf eine zweite vorbestimmte maximale Korngrösse von z.B. 0,25 mm, bei der der Anteil an sehr feinkörnigem Glaspulver bereits oberhalb des erforderlichen Wertes liegt, zermahlen und das Verhältnis des einen zum anderen Teil so wählen, dass die Mischung der aus den beiden Teilen hervorgegangenen Glaspulver den erforderlichen Anteil an sehr feinkörnigem Glaspulver enthält. Eine weitere Möglichkeit, die insbesondere bei der Herstellung von Schaumglas für technische Geräte und sonstige Spezialzwecke in Betracht kommt, besteht darin, das aus dem Mahlvorgang hervorgegangene Glaspulver anschliessend, z.B. mit Hilfe einer Vibrationssiebmaschine, in mehrere Kornfraktionen aufzuteilen und das für das Rohgemisch zu verwendende Glaspulver dann aus bestimmten, den Erfordernissen bei der Herstellung des betreffenden Schaumglases entsprechenden Anteilen der verschiedenen Kornfraktionen zusammenzusetzen. Vorteilhaft kann das Glaspulver dabei aus Glaskörnern einer ersten Kornfraktion mit mittलगrossen Körnern, z.B. mit einer Korngrösse zwischen 125 und 250 µ, einer zweiten Kornfraktion mit feinen Körnern, z.B. mit Korngrössen zwischen 50 und 125 µ, und einer dritten Kornfraktion mit sehr feinen Körnern, z.B. mit Korngrössen unter 50 µ, zusammengesetzt sein, und die Anteile der einzelnen Kornfraktionen können zur Erzielung einer möglichst dichten Kornpackung zweckmässig derart gewählt sein, dass die in einer gleichmässigen Mischung der Kornfraktionen zwischen den Körnern der ersten Kornfraktion verbleibenden Zwischenräume von Körnern der zweiten Kornfraktion und die dann noch verbleibenden Zwischenräume zwischen den Körnern der ersten und zweiten Kornfraktion von Körnern der dritten Kornfraktion ausgefüllt sind. Da die letztgenannte Möglichkeit jedoch mehrere zusätzliche Verfahrensschritte bei der Herstellung des Glaspulvers, nämlich die Aufteilung der aus dem Mahlvorgang hervorgegangenen Glaskörner in Kornfraktionen, die Abmessung der zur Zusammensetzung des Glaspulvers erforderlichen Anteile der verschiedenen Kornfraktionen und schliesslich die Mischung dieser Anteile, notwendig macht, ist ihre Anwendung hauptsächlich auf die Fälle beschränkt, wo die Verwendung von Glaspulver mit einer ganz bestimmten Korngrössenverteilung für einen einwandfreien Verfahrensablauf bei der Herstellung des Schaumglases oder für die Qualität des hergestellten Schaumglases von wesentlicher Bedeutung ist.

Als Blähmittel wird bei dem vorliegenden Verfahren zweckmässig ein feinkörniges Material verwendet, das durch chemische Reaktion mit einem im Rohgemisch enthaltenen

oder sich bei der Erhitzung desselben bildenden Stoff und/oder durch thermische Dissoziation und/oder durch Verdampfung bzw. Sublimation ein Blähgas entwickelt, das erst bei einer Temperatur oberhalb der den Übergang des Rohgemischs zu einer zähflüssigen Masse markierenden Verklebungstemperatur der das Glaspulver bildenden Glaskörner, vorzugsweise bei einer Temperatur über 600°C, einen Partialdruck erreicht, der dem auf den Rohgemischkuchen einwirkenden Aussendruck entspricht, und das bereits bei einer Temperatur unterhalb der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens, vorzugsweise bei einer Temperatur unter 900°C, den zur Blasenbildung erforderlichen, der Summe des auf den Rohgemischkuchen einwirkenden Aussendruckes und des durch die Oberflächenspannung δ an der Innenwand einer sich um ein Blähmittelkorn von der Grösse d bildenden Blase erzeugten Blasenüberdruckes $\Delta p = 4\delta/d$ entsprechenden Partialdruck erreicht.

Zur Vermeidung eines unnötigen Mehrverbrauchs von an der Blasenbildung nicht teilnehmenden Blähmittel und auch zur Vermeidung ungünstiger Einflüsse des Blähmittels auf die Konsistenz des den Glasschaum bildenden Glases sollte beim vorliegenden Verfahren zweckmässig ein in der den Rohgemischkuchen bildenden Masse nur zu weniger als 1 Gew.-% der Masse lösliches, vorzugsweise in der Masse unlösliches Blähmittel verwendet werden.

Im einzelnen kann bei dem vorliegenden Verfahren als Blähmittel vorteilhaft ein Stoff aus der Erdalkalibarbonate, Siliziumkarbide und Talk sowie die Oxide von Mangan, Kobalt, Kupfer, Nickel und Eisen umfassenden Stoffgruppe oder eine Mischung mehrerer dieser Stoffe verwendet werden. Mit besonderem Vorteil kann das Blähmittel dabei mindestens zum Teil aus Siliziummonokarbid bestehen. Dabei können neben reinem Siliziummonokarbid auch Gemische desselben mit mindestens einem Oxid der Metalle Mangan, Kobalt, Kupfer, Nickel und Eisen verwendet werden. Die Verwendung von Siliziummonokarbid als wesentlicher Bestandteil des Blähmittels hat, wie im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels noch näher erläutert werden wird, insbesondere beachtliche Vorteile für den Ablauf des Nachblähprozesses. Günstige Ergebnisse werden bei dem vorliegenden Verfahren ferner auch mit einem mindestens zum Teil aus Talk bestehenden Blähmittel erzielt. Vorzugsweise wird dabei als Blähmittel ein Gemisch aus Talk und Kalzit oder aus Talk und Kalzit und Braunstein oder aus Talk und mindestens einem Oxid der Metalle Mangan, Kobalt, Kupfer, Nickel und Eisen verwendet. Des weiteren konnten bei dem vorliegenden Verfahren auch mit mindestens zum Teil aus Kalzit bestehenden Blähmitteln recht gute Resultate erreicht werden.

Hinsichtlich der äusserlichen Beschaffenheit des Blähmittels ist beim vorliegenden Verfahren zu beachten, dass als Blähmittel zweckmässig ein körniges Material mit einer vorzugsweise im Bereich zwischen 5 und 20% der vorgesehenen mittleren Schaumblasengrösse des Glasschaumes liegenden mittleren Korngrösse verwendet wird. Vorteilhaft kann als Blähmittel ein feinkörniges Material mit Korngrössen unter 100 μ , vorzugsweise unter 20 μ , verwendet werden. Wird als Blähmittel ein das Blähgas hauptsächlich durch thermische Dissoziation und/oder Verdampfung oberhalb des Transformationsbereiches des Glases entwickelndes körniges Material verwendet, dann sollten die Korngrössen der Blähmittelkörner zur Erzielung eines Glasschaumes mit grösseren Schaumblasen um die einzelnen Körner zweckmässig im wesentlichen über 10 μ , vorzugsweise über 20 μ , liegen, denn bei thermisch dissoziierenden oder verdampfenden

Blähmitteln bildet sich um jedes Blähmittelkorn eine Schaumblase, deren Endgrösse in erster Linie von dem sich bei vollständiger Dissoziation oder Verdampfung des betreffenden Blähmittelkorns ergebenden Gasvolumen bestimmt ist und bei Korngrössen unter 10 μ in der Regel unter 0,2 mm liegt, und bei einem aus so feinen Schaumblasen bestehenden Glasschaum gestaltet sich der Nachblähprozess relativ schwierig, weil sich ja dann z.B. zur Bildung eines 1 cm grossen Hohlraumes über 100 000 Schaumblasen vereinigen müssen. Wenn hingegen als Blähmittel ein das Blähgas hauptsächlich durch oberhalb des Transformationsbereiches des Glases ablaufende chemische Reaktionen entwickelndes körniges Material verwendet wird, dann sollten die Korngrössen der Blähmittelkörner zur Erzielung eines möglichst grossen Verhältnisses von Reaktionsfläche zu Reaktionsstoffmenge bzw. von Kornoberfläche zu Kornvolumen zweckmässig im wesentlichen unter 10 μ liegen, denn erfahrungsgemäss ergeben sich bei chemisch reagierenden Blähmitteln grössere Schaumblasen, als nach der Korngrösse der Blähmittelkörner und dem sich daraus ergebenden Volumen des gasförmigen Reaktionsproduktes zu erwarten wäre, und dann rückt natürlich der Gesichtspunkt eines möglichst schnellen Reaktionsablaufes und damit also eines möglichst grossen Verhältnisses von Kornoberfläche zu Kornvolumen in den Vordergrund.

Sollen bei dem nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Schaumglas die einzelnen, durch Vereinigung einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen gebildeten Hohlräume innerhalb des Schaumglases näherungsweise gleichgross sein — was im Hinblick auf möglichst gute Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases in der Regel angestrebt wird — dann ist es von Vorteil, wenn auch schon die Schaumblasen des Glasschaumes, von dem bei dem Nachblähprozess ausgegangen wird, näherungsweise gleichgross sind, und um das zu erreichen, wird zweckmässig als Blähmittel ein körniges Material verwendet, das zur Erzielung von Glasschaum mit Schaumblasen von annähernd einheitlicher Grösse um die einzelnen Körner im wesentlichen aus Körnern einheitlicher Grösse mit einer unter 20% liegenden Grössentoleranz gegenüber einem Nennwert der Korngrösse besteht.

Hinsichtlich der erforderlichen Menge an Blähmittel gilt für das vorliegende Verfahren prinzipiell, dass der Prozentsatz des Gewichtsanteils des Blähmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches grösser als das 1,2fache des Verhältnisses der Summe der Molekulargewichtszahlen der zur Bildung eines Moleküls des Blähgases erforderlichen Moleküle des Blähmittels zum Produkt aus der der vorgesehenen Dichte des Schaumglases entsprechenden Dichtezahl und dem Temperaturwert in °K der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden absoluten Temperatur sein sollte. Als Richtwert kann man davon ausgehen, dass dieser Prozentsatz mindestens das dreifache des besagten Verhältnisses betragen sollte. Nach oben zu gibt es keinen zwingenden Maximalwert für den Gewichtsanteil des Blähmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches, jedoch zeigt sich in der Praxis, dass dieser Gewichtsanteil zweckmässig unter 10% liegen sollte.

Im einzelnen gelten für die Bemessung des Gewichtsanteils des Blähmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches folgende Richtlinien:

Wird als Blähmittel ein körniges Material verwendet, das erst bei Temperaturen oberhalb der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden und die im Temperaturbereich zwischen der den Übergang des Rohgemischs zu einer noch offenen zähflüssigen Masse markierenden Verklebungstemperatur der das Glaspulver bildenden Glaskörner und der

den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens liegt, ein Blähgas mit einem über dem auf den Rohgemischkuchen einwirkenden Aussendruck liegenden Partialdruck entwickelt, dann sollte der Gewichtsanteil des Blähmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches zweckmässig kleiner als 2,5 % sein und vorzugsweise zwischen 1 % und 2 % liegen. Diese niedrigen Gewichtsanteile sind in diesem Fall durchaus ausreichend, weil ein Verlust an Blähgas wegen der gasdichten Umschliessung der Blähmittelkörner noch vor der Gasbildung praktisch nicht auftritt. Wird hingegen als Blähmittel ein körniges Material verwendet, das schon bei Temperaturen unterhalb der vorgenannten Umschliessungstemperatur ein Blähgas mit einem über dem auf den Rohgemischkuchen einwirkenden Aussendruck liegenden Partialdruck entwickelt, dann sollte der Gewichtsanteil des Blähmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches auf jeden Fall grösser als 1 % sein und vorzugsweise zwischen 2 % und 5 % liegen, denn in diesem Fall tritt wegen des unterhalb der Umschliessungstemperatur noch offenen Rohgemischkuchens ein nicht unbeträchtlicher Verlust an Blähgas auf, der durch einen entsprechend höheren Gewichtsanteil des Blähmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches ausgeglichen werden muss.

Wird ferner als Blähmittel ein Material verwendet, das in der den Rohgemischkuchen bildenden Masse lösliche Bestandteile enthält, dann sollte der Gewichtsanteil jedes einzelnen dieser Bestandteile am Gesamtgewicht des Rohgemisches zweckmässig grösser als der in dem Rohgemischkuchen lösliche Gewichtsanteil des betreffenden Bestandteiles und vorzugsweise mindestens doppelt so gross wie dieser lösliche Gewichtsanteil sein.

Mit besonderem Vorteil kann bei dem vorliegenden Verfahren als Blähmittel auch ein Material verwendet werden, das Bestandteile enthält, die bei einer über dem Transformationsbereich des das Glaspulver bildenden Glases liegenden Reaktionstemperatur chemisch miteinander reagieren und als Reaktionsprodukt mindestens einen Teil des Blähgases erzeugen und die vorzugsweise gegenüber der den Rohgemischkuchen bildenden Masse inert und in derselben unlöslich sind. Die Reaktionstemperatur sollte dabei zweckmässig im Bereich zwischen der obengenannten Umschliessungstemperatur und der ebenfalls obengenannten Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens liegen. Mit solchen Blähmitteln lässt sich durch eine im Hinblick auf die Reaktionstemperatur geeignete Wahl der miteinander reagierenden Blähmittelbestandteile in Verbindung mit einer geeigneten Wahl der Gewichtsanteile dieser miteinander reagierenden Blähmittelbestandteile am Gesamtgewicht des Rohgemisches eine genaue Steuerung sowohl des Bläh- wie auch des Nachblähprozesses erreichen.

Zur Erzielung bestimmter Eigenschaften des nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Schaumglases und/oder zur Beeinflussung des Verfahrensablaufes bei seiner Herstellung können dem Rohgemisch neben den beiden Grundkomponenten Glaspulver und Blähmittel bestimmte Zusatzstoffe wie z.B. Füllstoffe, Flussmittel, farbgebende Zusätze, Anrührflüssigkeiten usw. beigelegt werden. Im einzelnen gelten für die Beimengung solcher Zusatzstoffe zum Rohgemisch im wesentlichen folgende Richtlinien:

Zur Heraufsetzung der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens und/oder der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden, kann dem Rohgemisch

zweckmässig ein inerter oder mit im Rohgemisch enthaltenen bzw. bei dessen Erhitzung entstehenden Stoffen reagierender Füllstoff zugesetzt werden. Mit solchen Füllstoffen wird in der Regel die Zähigkeit der den Rohgemischkuchen bildenden zähflüssigen Masse heraufgesetzt. Das kann beim vorliegenden Verfahren insbesondere für den Nachblähprozess von Bedeutung sein, denn der Nachblähprozess wird ja in den meisten Fällen bei Temperaturen oberhalb der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden sogenannten Blähtemperatur durchgeführt und sollte andererseits zur Vermeidung von Schwierigkeiten bei seinem Ablauf unterhalb der erwähnten Fliesstemperatur durchgeführt werden, so dass bei relativ hohen Blähtemperaturen eine Heraufsetzung der Zähigkeit und damit der Fliesstemperatur von wesentlichem Vorteil sein kann. Als Füllstoff kommt beim vorliegenden Verfahren in erster Linie ein Stoff aus der die Stoffe Quarzmehl, Schamottepulver, Kaolin, Korundpulver und Ton umfassenden Stoffgruppe oder eine Mischung mehrerer dieser Stoffe in Betracht. Generell sollte der verwendete Füllstoff zweckmässig möglichst feinkörnig sein und mittlere Korngrössen von weniger als 100 μ , vorzugsweise weniger als 10 μ aufweisen, was bei den vorgenannten Stoffen in der Regel gegeben bzw. realisierbar ist. Der Gewichtsanteil des Füllstoffes am Gesamtgewicht des Rohgemisches sollte zweckmässig unter 50 % und vorzugsweise im Bereich zwischen 10 % und 30 % liegen.

Zur Herabsetzung der den Übergang des Rohgemisches zu einer noch offenporigen zähflüssigen Masse markierenden Verklebungstemperatur des das Glaspulver bildenden Glases und/oder der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden, und/oder der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens können dem Rohgemisch zweckmässig die Viskosität des Rohgemischkuchens herabsetzende Flussmittel zugesetzt werden. Der Zusatz von Flussmitteln kommt insbesondere dann in Betracht, wenn die Gasentwicklung des zu verwendenden Blähmittels schon bei relativ niedrigen Temperaturen einsetzt und die erwähnte Umschliessungstemperatur ohne einen Zusatz von Flussmitteln zum Rohgemisch oberhalb der Temperatur liegen würde, bei der die Gasentwicklung einsetzt. In diesem Fall wird die Umschliessungstemperatur zweckmässig durch den Zusatz eines Flussmittels auf einen Wert herabgesetzt, der unterhalb der Temperatur liegt, bei der die Gasentwicklung des Blähmittels einsetzt. Als Flussmittel kann dabei vorteilhaft Borsäure oder Lithiumkarbonat verwendet werden. Der Gewichtsanteil des Flussmittels am Gesamtgewicht des Rohgemisches sollte in diesem Fall vorzugsweise zwischen 0,2 % und 1 % liegen.

Zur Herstellung von farbigem Schaumglas nach dem vorliegenden Verfahren kann dem Rohgemisch ferner vorteilhaft ein farbgebender Zusatz beigelegt werden, vorzugsweise ein Stoff aus der die Übergangsmetalloxide und Chromate sowie Nickelmonoxid, Mangandioxid, Kobalt(III)-oxid, Eisen(III)-oxid, Chrom(III)-oxid und Vanadin(V)-oxid umfassenden Stoffgruppe oder eine Mischung mehrerer dieser Stoffe. Zu beachten ist dabei, dass verschiedene dieser Stoffe und insbesondere der angegebenen Metalloxide gleichzeitig auch als Blähmittel wirken können, was bei der Auswahl des zu verwendenden Blähmittels und auch bei der Bemessung des Gewichtsanteiles desselben am Gesamtgewicht des Rohgemisches zu berücksichtigen ist. In besonderen Fällen kann der farbgebende Zusatz auch allein gleichzeitig das Blähmittel bilden. Der Gewichtsanteil des farbgebenden Zusatzes am Gesamtgewicht des Rohge-

misches sollte in der Regel möglichst gering gehalten werden und vorzugsweise zwischen 0,5% und 10% liegen.

Von Vorteil für den Verfahrensablauf des vorliegenden Verfahrens kann es ferner sein, das Rohgemisch zur Vereinfachung der Erzielung einer gleichmässigen Verteilung seiner Bestandteile im Gemisch und/oder zur Verbesserung des Blähvorganges und einer damit verbundenen Erhöhung der Festigkeit des hergestellten Schaumglases mit einer Anrührflüssigkeit, vorzugsweise mit Wasser, zu einem Teig zu vermengen und dann in Teigform bis zur Entstehung einer im wesentlichen homogenen Mischung zu rühren und den Teig dann bei erhöhter Temperatur, vorzugsweise im Temperaturbereich zwischen 100°C und 130°C, zu trocknen. Soll dem Rohgemisch neben einer solchen Anrührflüssigkeit auch ein Flussmittel beigegeben werden, dann ist als Flussmittel zweckmässig ein in der Anrührflüssigkeit löslicher Stoff, bei Wasser als Anrührflüssigkeit vorzugsweise Borsäure, zu verwenden und das Flussmittel vor der Vermengung der Anrührflüssigkeit mit dem Rohgemisch in der Anrührflüssigkeit aufzulösen.

Ein solches Anrühren des Rohgemisches mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit ist beim vorliegenden Verfahren aber nicht unbedingt erforderlich. Vielmehr besteht in vielen Fällen auch die Möglichkeit, das Rohgemisch zur Durchführung des Blähprozesses im trockenen Zustand zu erhitzen, und das hat natürlich den Vorteil, dass der erwähnte Verfahrensschritt der Trocknung des Rohgemischteigs eingespart werden kann. In diesen z.B. bei der Verwendung von Siliziummonokarbid als Hauptbestandteil des Blähmittels möglichen Fällen wird das Rohgemisch zur Erzielung einer gleichmässigen Verteilung seiner Bestandteile im Gemisch im trockenen Zustand bis zur Entstehung einer im wesentlichen homogenen Mischung durchmischt, vorzugsweise gerührt, und dann zur Durchführung des Blähprozesses im trockenen Zustand erhitzt.

Zur Herstellung von Schaumglasformkörpern nach dem vorliegenden Verfahren kann man das Rohgemisch zweckmässig in entsprechenden Formen erhitzen. Durch die Verwendung von Formen, in denen das Rohgemisch erhitzt wird, lässt sich auch ein Auseinanderlaufen des Rohgemischkuchens während des Bläh- oder Nachblähprozesses vermeiden. Vorteilhaft können für diesen Zweck Formen aus Keramik oder aus Metall, vorzugsweise zunderfreiem Stahl, benutzt werden, die zweckmässig zur Vereinfachung der Entnahme des hergestellten Schaumglasformkörpers aus der Form zerlegbar sein sollten. Um eine Verklebung oder ein Anhaften des Schaumglases an den Innenwänden der Formen auszuschliessen, ist es ferner zweckmässig, die Formen vor der Einbringung des Rohgemisches an ihren Innenwänden mit einem Überzug aus einem aufgeschlämmten Gips-Sand-Gemisch oder Koalin-Graphit-Gemisch zu versehen. Das gilt insbesondere für Metallformen, weil dort die Gefahr eines solchen Anhaftens relativ gross ist. Wenn das Rohgemisch, wie oben erläutert, mit einer Anrührflüssigkeit zu einem Rohgemischteig vermischt wird, dann ist es bei der Verwendung von Formen für die Erhitzung des Rohgemisches in der Regel von Vorteil, wenn der Rohgemischteig erst nach der Einbringung in die Form getrocknet wird, weil der Teig den unteren Teil der Form vollständig und gleichmässig ausfüllt, was sich mit bereits getrockneten Rohgemischbrocken in der Regel nicht erreichen lässt. Ausserdem kann der Rohgemischteig nach Einbringung in die Form jedenfalls bei der Verwendung von Durchlauföfen für die Erhitzung des Rohgemisches in den meisten Fällen in dem gleichen Ofen oder der Vorzone desselben getrocknet werden, in dem anschliessend beim Durchlauf der Form durch den Ofen die Erhitzung des Rohgemisches auf die Bläh- bzw. Nachblähtemperaturen erfolgt.

Mit Vorteil kann bei dem vorliegenden Verfahren zur Herstellung eines Schaumglasformkörpers eine im wesentlichen geschlossene, zerlegbare Form mit einem den Abmassen des Schaumglasformkörpers angepassten Hohlraum verwendet und in die Form eine dem Produkt aus dem Volumen des Hohlraumes und der vorgesehenen Dichte des Schaumglasformkörpers entsprechende Gewichtsmenge des Rohgemisches eingebracht werden. Das Rohgemisch wird in diesem Fall zweckmässig in trockenem Zustand gemischt und in die Form eingebracht, da bei geschlossenen Formen die Abführung des bei der Trocknung von feucht eingebrachtem Rohgemisch entstehenden Dampfes der Anrührflüssigkeit gewisse Schwierigkeiten bereitet. Es ist aber natürlich auch eine Einbringung des Rohgemisches in feuchtem Zustand möglich, nur sollte dann entweder die Form erst nach dem Trocknen des Rohgemisches geschlossen werden oder es sollten an der Oberseite der Form kleine Öffnungen vorgesehen werden, durch die der Dampf abströmen kann. Bei der Einbringung des Rohgemisches im feuchten Zustand ist ferner zu berücksichtigen, dass die Gewichtsmenge des eingebrachten feuchten Rohgemisches um das Gewicht der in demselben enthaltenen Anrührflüssigkeit grösser als bei der Einbringung in trockenem Zustand sein muss. Allgemein hat die Herstellung von Schaumglasformkörpern mit solchen geschlossenen Formen den Vorteil einer hohen Formgenauigkeit der hergestellten Schaumglaskörper, sofern durch geeignete Verfahrensführung sowie geeignete Zusammensetzung des Rohgemisches dafür Sorge getragen wird, dass der sich im Blähprozess bildende und im Nachblähprozess weiter aufblähende Glasschaum den von der Form umschlossenen Hohlraum bei Abschluss des Nachblähprozesses vollständig ausfüllt, und das lässt sich in der Regel dann erreichen, wenn der Glasschaum in der Endphase des Nachblähprozesses eine genügende geringe Zähigkeit hat, um sich lückenlos an die Form der Hohlraumwände anpassen zu können. Allerdings ist der Aufwand für die Herstellung von Schaumglasformkörpern bei der Verwendung von Formen und insbesondere von geschlossenen Formen relativ hoch, weil neben den für die Formen erforderlichen Investitionen auch ein beträchtlicher Arbeitsaufwand für die Vorbereitung (Zusammensetzen und Ausschlämmen) der Formen vor Verfahrensbeginn und die Zerlegung derselben nach Verfahrensabschluss erforderlich ist. Zwar lässt sich dieser Herstellungsaufwand bei einfachen Formen der herzustellenden Schaumglasformkörper wie z.B. quaderförmigen Bausteinen dadurch verringern, dass man anstelle von durch einen Durchlaufofen hindurchlaufenden Einzelformen einen Schachtofen mit dem Querschnitt der herzustellenden Formkörper verwendet, dem eingangsseitig kontinuierlich Rohgemisch zugeführt wird und der ausgangseitig ähnlich einem Extruder kontinuierlich eine Schaumglasstange mit dem Querschnitt der herzustellenden Formkörper abgibt, aber erstens erfordern solche Schachtofen wegen der komplizierten Fördereinrichtung einen wesentlich höheren Investitionsaufwand als die üblichen Durchlauföfen und zweitens muss dann jeder einzelne Formkörper von der hergestellten Schaumglasstange abgeschnitten werden, so dass auch durch die Verwendung eines solchen Schachtofens eine wirklich beträchtliche Senkung des Herstellungsaufwandes nicht erreicht werden kann.

Hingegen lässt sich beim vorliegenden Verfahren eine wesentliche Senkung des Herstellungsaufwandes für Schaumglasformkörper dann erzielen, wenn entweder zur Herstellung Formen wie z.B. dünnwandige Einzelformen aus vorgebranntem oder getrockneten Ton verwendet werden, die nach Abschluss des Herstellungsprozesses einen integrierten Bestandteil wie z.B. eine Ummantelung des hergestellten Formkörpers bilden oder wenn auf hohe Formgenauigkeit

verzichtet werden kann bzw. wenn an Ecken und Kanten der herzustellenden Formkörper abgerundete Formen in Kauf genommen werden können. Im letzteren Fall kann nämlich auf die Verwendung von Formen ganz verzichtet werden, wenn dem Rohgemisch zur Vermeidung eines Auseinanderlaufens des Rohgemischkuchens bzw. des Glasschaumes während des Bläh- oder Nachblähprozesses ein die Zähigkeit des Rohgemischkuchens bzw. des Glasschaumes erhöhender Stoff zugesetzt wird. Als solche Stoffe sind neben anderen Ton sowie Kaolin sehr gut geeignet. Erforderlich ist bei dem Verzicht auf Formen allerdings, dass das Rohgemisch bereits als eigenstabiler Formkörper, dessen Gewicht (im trockenen oder getrockneten Zustand) etwa dem Gewicht des herzustellenden Schaumglasformkörpers entspricht und dessen Abmasse proportional zu den Abmassen des herzustellenden Formkörpers sind, in den zur Erhitzung des Rohgemisches dienenden Ofen eingebracht wird. Das lässt sich bei der Verwendung von Ton als Zähigkeitserhöhender Stoff dadurch erreichen, dass das Rohgemisch mit dem Ton und relativ wenig Wasser angerührt wird und so eine plastisch verformbare Masse hergestellt wird, die dann in die Form des besagten eigenstabilen Formkörpers gebracht und in diesem Zustand vor der Einbringung in den zur Erhitzung des Rohgemischs dienenden Ofen getrocknet wird. Andere Möglichkeiten zur Bildung des besagten eigenstabilen Formkörpers bestehen in einer trockenen Pressung des Rohgemisches oder in der Verwendung von klebenden Zusätzen zum Rohgemisch, jedoch hat sich die Bildung aus einer mit Ton hergestellten plastisch verformbaren Masse als einfachste und günstigste Methode erwiesen. Allgemein ist bei einem Verzicht auf Formen zu beachten, dass die vorgesehenen Temperaturwerte und Erhitzungszeiten beim Bläh- und Nachblähprozess genau eingehalten werden, dass die Temperaturerhöhung beim Nachblähprozess gegenüber dem Blähprozess möglichst gering gehalten wird, was sich z.B. durch Blähmittel mit miteinander reagierenden Bestandteilen erreichen lässt, und dass unnötige, nicht zur Deckung von irgendwelchen Verlusten bestimmte Blähmittelüberschüsse vermieden werden. Bei Einhaltung dieser Bedingungen lässt sich trotz des Verzichts auf Formen noch eine relativ gute Formgenauigkeit der hergestellten Schaumglasformkörper erreichen.

Für die Verfahrensführung gelten beim vorliegenden Verfahren allgemein folgende Richtlinien:

Das Rohgemisch wird im trockenen oder getrockneten Zustand in einen vorgeheizten Ofen, dessen Ofentemperatur unterhalb der Umschliessungstemperatur, bei der die Blähmittelkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden, und die vorzugsweise zwischen 400°C und 700°C liegt, oder in eine Ofenzone entsprechender Temperatur eingebracht und in dem Ofen bzw. der Ofenzone zunächst bis annähernd auf die dort herrschende Temperatur erhitzt. Anschliessend wird der sich bildende Rohgemischkuchen, vorzugsweise innerhalb von 20 bis 60 Minuten, durch Erhöhung der Ofentemperatur oder Verlagerung in eine Ofenzone höherer Temperatur auf die zur Bildung des Glaschaumes erforderliche, im Temperaturbereich zwischen der Umschliessungstemperatur und der den Übergang des Rohgemischkuchens zu einer dünnflüssigen, die sich bildenden Blasen zur Oberfläche aufsteigen lassenden Masse markierenden Fliesstemperatur des Rohgemischkuchens liegende und vorzugsweise in den Bereich von 700°C bis 900°C fallende Blähtemperatur weitererhitzt. Danach wird dann der Nachblähprozess durchgeführt und das gebildete Schaumglas im Anschluss daran, vorzugsweise innerhalb von weniger als 30 Minuten, durch Verringerung der Ofentemperatur oder Verlagerung in eine Ofenzone tieferer Temperatur mindestens bis auf

eine Temperatur nahe der oberen Grenze des Transformationsbereiches des das Schaumglas bildenden Glases, vorzugsweise bis auf eine in den unteren Teil des Transformationsbereiches fallende Temperatur, abgekühlt und danach, vorzugsweise unter Zwischenschaltung eines zur Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften des fertigen Schaumglases dienenden Nachbehandlungsprozesses, auf Raumtemperatur abkühlen gelassen. Vorteilhaft wird das gebildete Schaumglas dabei im Anschluss an den Nachblähprozess nur kurzzeitig auf eine in den Transformationsbereich des das Schaumglas bildenden Glases, vorzugsweise in den unteren Teil desselben, fallende Temperatur abgekühlt und danach in einem zur Erzielung minimaler Eigenspannungen in der Schaumstruktur dienenden Anlassvorgang wieder auf eine Temperatur oberhalb des Transformationsbereiches erhitzt und anschliessend in einem über mehrere Stunden andauernden Abkühlvorgang allmählich auf eine Temperatur unterhalb des Transformationsbereiches abgekühlt und danach dann, vorzugsweise in einer Raumtemperatur aufweisenden Umgebung, auf Raumtemperatur abkühlen gelassen. Bei einer Herstellung von Schaumglas nach dem vorliegenden Verfahren in grösserem Massstab wie z.B. bei der Fertigung von Bausteinen aus Schaumglas ist es im Sinne einer rationellen Fertigung von Vorteil, wenn die Erhitzung des Rohgemisches bis zur Schaumglasbildung und die anschliessende Abkühlung des gebildeten Schaumglases in einem Tunnel- oder Stossofen vorgenommen wird und durch schrittweise oder kontinuierliche Werkstückverlagerung in Ofenzonen unterschiedlicher Temperatur sowie Steuerung der Durchlaufgeschwindigkeit der Werkstücke durch den Ofen bzw. die einzelnen Ofenzonen ein vorbestimmter zeitlicher Temperaturverlauf der Erhitzungs- und Abkühlungsvorgänge eingehalten wird.

Neben der obenerwähnten thermischen Nachbehandlung kann das nach dem vorliegenden Verfahren hergestellte Schaumglas zur Verbesserung seiner Werkstoffeigenschaften ferner auch einer mechanischen Nachbehandlung unterzogen werden, und zwar indem das gebildete Schaumglas im warmplastischen Zustand bei einer Temperatur oberhalb des Transformationsbereiches des das Schaumglas bildenden Glases verformt wird. Dabei kann das Schaumglas zur Erhöhung der Steifigkeit in einer vorbestimmten Belastungsrichtung zweckmässig in Richtung quer zu dieser Belastungsrichtung zusammengequetscht werden, wobei die in dem Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume linsenförmig abgeflacht werden. Ebenso kann das Schaumglas auch zur Erhöhung der Wärmedämmung in einer vorbestimmten Wärmeflussrichtung in Richtung parallel zu dieser Wärmeflussrichtung zusammengequetscht werden, wobei die in dem Nachblähprozess entstandenen Hohlräume ebenfalls linsenförmig abgeflacht werden. Des weiteren kann das Schaumglas zur Erhöhung der Steifigkeit in einer vorbestimmten Belastungsrichtung in Richtung parallel zu dieser Belastungsrichtung auseinandergezogen oder extrudiert werden, wobei die in dem Nachblähprozess entstandenen Hohlräume spindelförmig in die Länge gezogen werden, und schliesslich kann das Schaumglas zur Erhöhung der Wärmedämmung in allen zu einer Achsrichtung senkrechten Richtungen in Richtung parallel zu dieser Achsrichtung auseinandergezogen oder extrudiert werden, wobei die in dem Nachblähprozess entstandenen Hohlräume ebenfalls spindelförmig in die Länge gezogen werden. Von den vorgenannten Möglichkeiten der Verbesserung der Werkstoffeigenschaften des Schaumglases ist insbesondere die erzielbare Erhöhung der Wärmedämmung in einer vorbestimmten Wärmeflussrichtung durch Zusammenquetschen des Schaumglases in Richtung parallel zu der Wärmeflussrichtung von

wesentlicher Bedeutung, weil sich damit die Möglichkeit einer weiteren Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften des nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Schaumglases ergibt. Es sei in diesem Zusammenhang nochmals erwähnt, dass die in dem Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume ohnehin in horizontaler Richtung in der Regel beträchtlich grössere Abmasse als in vertikaler Richtung haben und demgemäss ohnehin in vertikaler Richtung im wesentlichen linsenförmig abgeflacht sind (die Richtungsangaben horizontal und vertikal beziehen sich dabei auf die Lage des Schaumglases beim Herstellungsprozess). Durch Zusammenquetschen des Schaumglases in vertikaler Richtung lässt sich diese ohnehin schon vorhandene linsenförmige Abflachung noch verstärken und damit eine weitere Verbesserung der Wärmeisolationseigenschaften des Schaumglases in dieser vertikalen Richtung erzielen.

Die Verformbarkeit des Schaumglases im warmplastischen Zustand kann ferner auch dazu ausgenutzt werden, das hergestellte Schaumglas im Rahmen einer mechanischen Nachbehandlung zu einem Schaumglasformkörper von vorbestimmter Form zu verformen. Diese Möglichkeit ist insbesondere für den oben erwähnten Fall von Bedeutung, dass auf die Verwendung von Formen bei der Herstellung von Schaumglasformkörpern ganz verzichtet wird und die hergestellten Schaumglasformkörper daher keine hohe Formgenauigkeit haben, denn hier lässt sich nun durch Nachformung der Schaumglasformkörper im Rahmen einer mechanischen Nachbehandlung die erforderliche bzw. gewünschte Formgenauigkeit erzielen.

Im allgemeinen führt das vorliegende Verfahren unter der Voraussetzung einer im wesentlichen gleichmässigen Erhitzung des Rohgemisches bzw. des im Blähprozess gebildeten Glasschaumes auf wenigstens näherungsweise gleiche Temperaturen über dem gesamten Volumen des Rohgemisches bzw. Glasschaumes — wie sie mit den üblicherweise verwendeten Öfen jedenfalls bei geeigneter Verfahrensführung bzw. ausreichenden Verweilzeiten in der Regel erreicht wird — zu einer im wesentlichen gleichmässigen Schaumglasstruktur des hergestellten Schaumglases über dem gesamten Schaumglasvolumen. In speziellen Fällen kann es aber auch erwünscht sein, Schaumglas mit teilweise grobporiger und teilweise feinporiger Schaumglasstruktur herzustellen. Das lässt sich bei dem vorliegenden Verfahren dadurch erreichen, dass in dem Glasschaum während des Nachblähprozesses eine inhomogene Temperaturverteilung mit Bereichen von wesentlich höherer Temperatur als der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur in den für grobporige Schaumglasstruktur vorgesehenen Bereichen und Bereichen von gleicher oder nur unwesentlich höherer Temperatur als der bei der Bildung des Glasschaumes herrschenden Temperatur in den für feinporige Schaumglasstruktur vorgesehenen Bereichen erzeugt wird. Die inhomogene Temperaturverteilung kann dabei vorteilhaft durch Wärmestrahlung mit unterschiedlicher Intensität in den verschiedenen Strahlungsrichtungen erzeugt werden. Beispielsweise lässt sich dadurch, dass der Glasschaum während des Nachblähprozesses von einer in einer vorbestimmten Richtung auf den Glasschaum strahlenden Wärmequelle beheizt wird, Schaumglas mit einer in der vorbestimmten Richtung allmählich von Grob- zu Feinporigkeit übergehenden Schaumglasstruktur herstellen.

Die Festigkeit des nach dem vorliegenden Verfahren hergestellten Schaumglases liegt im allgemeinen trotz seiner grobporigen Struktur aufgrund der im Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume und trotz der sich aus dieser Grobporigkeit ergebenden Festigkeitsverminderung

gegenüber Schaumglas mit feinporiger Struktur noch weit über den in der Praxis, z.B. bei der Verwendung des Schaumglases als Baustoff, erforderlichen Festigkeiten. Allerdings sind wie bei allen anderen Glasprodukten und im übrigen auch bei Schaumglas mit feinporiger Struktur die Reserven in der Bruchfestigkeit aufgrund der Sprödigkeit von Glas nur gering. Eine Erhöhung der Bruchfestigkeit und insbesondere der Sprödbbruchfestigkeit des Schaumglases ist daher von wesentlicher Bedeutung. Eine solche Erhöhung lässt sich bei dem vorliegenden Verfahren dadurch erreichen, dass an den Innenwänden der in dem Nachblähprozess durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen entstandenen Hohlräume im wesentlichen über der Wandfläche homogene, im fertigen Schaumglas zu Druckspannungen längs der Wandflächen führende Oberflächenschichten erzeugt werden. Vorteilhaft können diese Oberflächenschichten durch oberflächliche chemische Reaktion des die Hohlraumwände bildenden Materials mit mindestens einem in den Hohlräumen befindlichen Stoff unter Bildung eines Reaktionsproduktes mit geringerer Wärmeausdehnung als der des Wandmaterials erzeugt werden. Eine andere vorteilhafte Möglichkeit besteht darin, die Oberflächenschichten durch einen sich aus der Atmosphäre innerhalb der Hohlräume auf den Hohlrauminnenwand haftend niederschlagenden, einen in sich geschlossenen Überzug über den Wandflächen bildenden Stoff mit geringerer Wärmeausdehnung als der des Wandmaterials zu erzeugen. Die Oberflächenschichten können ferner auch mit Vorteil durch einen sich aus der Atmosphäre innerhalb der Hohlräume auf den Hohlrauminnenwänden niederschlagenden und dann oberflächlich in dem Wandmaterial in Lösung gehenden Stoff erzeugt werden, der mit dem Wandmaterial eine Lösung von geringerer Wärmeausdehnung als der des reinen Wandmaterials bildet. Schliesslich kann man bei entsprechenden Zusammensetzungen des die Hohlraumwände bildenden Materials auch zweckmässig so vorgehen, dass die Oberflächenschichten durch einen im Wandmaterial enthaltenen, durch Wärmebehandlung zu den Wandoberflächen diffundierenden Stoff erzeugt werden. Vorzugsweise werden die Oberflächenschichten unter den Bedingungen des Nachblähprozesses während desselben erzeugt. Zur Bildung der Oberflächenschichten kann dem Rohgemisch zweckmässig ein Stoff aus der die Silizide, Nitride, Titanate, Zirkonate und die Seltenen Erden umfassenden Stoffgruppe oder eine Mischung mehrerer dieser Stoffe zugesetzt werden. Stattdessen oder auch zusätzlich dazu kann dem Rohgemisch zur Bildung der Oberflächenschichten mit Vorteil ein Metalloxyd, vorzugsweise ein Oxid der Metalle Nickel, Kupfer und Eisen, oder eine Mischung mehrerer Metalloxyde zugesetzt werden. Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit besteht darin, dem Rohgemisch zur Bildung der Oberflächenschichten Ton zuzusetzen.

Im folgenden sind noch einige spezielle Ausführungsbeispiele des vorliegenden Verfahrens mit allen für die Verfahrensführung wesentlichen Einzelheiten näher beschrieben:

Beispiel 1

Als Rohgemisch wurde eine Mischung aus 98 Gew.-% Glaspulver mit einer maximalen Korngrösse von 125 μ und 2 Gew.-% pulverförmigem Siliziummonokarbid mit einer maximalen Korngrösse von 10 μ verwendet. Das Rohgemisch wurde gut durchmischt und dann trocken in eine Form eingerüttelt. Die mit dem Rohgemisch bis auf etwa 30% ihrer Höhe angefüllte offene Form wurde dann in einem Ofen innerhalb einer Zeitspanne von 3 Stunden auf die oberhalb des von 500°C bis 600°C reichenden Transformationsbereiches des für das Glaspulver verwendeten Abfallglases liegende Temperatur von 650°C aufgeheizt. Bei dieser

noch unterhalb der Umschliessungstemperatur von ca. 680-720°C, bei der die Siliziumkarbidkörner von der den Rohgemischkuchen bildenden Masse im wesentlichen gasdicht umschlossen werden, liegenden Temperatur entwickelt das als Blähmittel verwendete Siliziumkarbid, wie durch eine Untersuchung der Atmosphäre im Ofen festgestellt werden konnte, noch kein Blähgas. Im Anschluss an die Aufheizung auf 650°C wird die Form mit dem darin enthaltenen, noch offensorigen Rohgemischkuchen aus miteinander verklebten Glaskörnern und in den Zwischenräumen zwischen den Glaskörnern verteilten Siliziumkarbidkörnern innerhalb von ca. 25 Minuten auf die Blähtemperatur von ca. 880°C aufgeheizt. Bei dieser Aufheizung geht der Rohgemischkuchen zunächst im Temperaturbereich von 680°C bis 720°C in eine zähflüssige Masse über, von der die darin verteilten Siliziumkarbidkörner gasdicht umschlossen werden, und ab etwa 750°C setzt dann eine chemische Reaktion des Siliziumkarbids mit dem im Rohgemisch enthaltenen Siliziumdioxid ein, bei der sich Kohlenmonoxid und Kohlendioxid bildet und die wahrscheinlich nach den folgenden Reaktionsgleichungen $2\text{SiO}_2 + \text{SiC} \rightarrow 3\text{SiO} + \text{CO}$ und $3\text{SiO}_2 + \text{SiC} \rightarrow 4\text{SiO} + \text{CO}_2$ abläuft. Die dabei entstehenden Kohlenoxide bilden das Blähgas, das zunächst die Bildung einer kleinen Blase um jedes Siliziumkarbidkorn bewirkt. Mit der Bildung dieser Blasen verlangsamt sich die Reaktion zwischen dem Siliziumkarbid und dem Siliziumdioxid beträchtlich, weil die in den Blasen enthaltenen Kohlenoxidgase die Oberfläche des in der Blase befindlichen Siliziumkarbidkorns grösstenteils von der die Blase umgebenden zähflüssigen Masse und damit von dem Siliziumdioxid isolieren. Der Gasdruck in den Blasen ist jedoch wegen der bei diesen Temperaturen noch ziemlich grossen Zähigkeit und der grossen Oberflächenspannung der den Rohgemischkuchen bildenden zähflüssigen Masse relativ hoch. Mit der weiteren Erhitzung bis auf die Blähtemperatur nimmt aber sowohl die Zähigkeit wie auch die Oberflächenspannung der den Rohgemischkuchen bildenden Masse stark ab, so dass die unter hohem Gasdruck stehenden Blasen sich nunmehr sukzessive mit dieser Abnahme vergrössern können. Dadurch wird die den Rohgemischkuchen bildende Masse allmählich aufgeschäumt und beginnt, in der Form anzusteigen. Nachdem im Ofen die Blähtemperatur von ca. 880°C erreicht ist, wird die Temperatursteigerung zunächst gestoppt und die Blähtemperatur über etwa 2 bis 5 Minuten aufrechterhalten. Während dieser Zeit steigt die Masse in der Form weiter an, bis der Rohgemischkuchen in einen von lamellenartigen Wänden zwischen allseitig aneinander angrenzenden, annähernd polyederförmigen Schaumblasen gebildeten Glasschaum übergegangen ist. Das Ende dieser Übergangsphase lässt sich daran erkennen, dass sich der zunächst rasche Anstieg der Masse in der Form mehr und mehr verlangsamt. Zu diesem Zeitpunkt wird der Nachblähprozess eingeleitet und hierzu die Temperatur im Ofen in etwa 10 Minuten auf 950°C gesteigert. Dadurch beschleunigt sich der Anstieg der Masse in der Form zunächst wieder und hört dann nach Ablauf der 10 Minuten nahezu ganz auf. Gleichzeitig mit diesem weiteren Anstieg der Masse in der Form während des Nachblähprozesses wird die zuvor nahezu glatte Oberfläche der Masse immer unebener, was offensichtlich darauf zurückzuführen ist, dass innerhalb der Masse durch Vereinigung von jeweils einer Vielzahl benachbarter Schaumblasen relativ grosse Hohlräume entstehen und die unmittelbar unter der Oberfläche der Masse entstehenden Hohlräume durch Ausdehnung Anhebungen der Oberfläche der Masse jeweils in ihren mittleren Bereichen verursachen. Spätestens zu dem Zeitpunkt, wenn einer dieser unmittelbar unter der Oberfläche der Masse entstandenen Hohlräume aufplatzt, wird der Nachblähprozess abgebrochen. Die Vorgänge während des Nachblähprozesses

innerhalb des in dem vorangegangenen Blähprozess gebildeten Glasschaumes sind im wesentlichen folgende: Bei der Blähtemperatur von ca. 880°C ist der Glasschaum noch relativ feinporig, d.h. die einzelnen Schaumblasen des Glasschaumes haben Abmessungen im Bereich zwischen etwa 0,5 und 2 mm, was sich ohne weiteres dadurch feststellen lässt, dass man den Glasschaum unmittelbar nach dem Blähprozess abkühlt und aufschneidet. Mit der weiteren Erhitzung des Glasschaumes während des Nachblähprozesses fallen erstens Zähigkeit und Oberflächenspannung des den Glasschaum bildenden Glases weiter stark ab und zweitens steigt der Druck innerhalb der einzelnen Schaumblasen sowohl aufgrund der Temperatursteigerung als auch aufgrund einer chemischen Reaktion zwischen dem in den Schaumblasen enthaltenen Kohlendioxid und dem in der Schaumblase noch verbliebenen Rest des Siliziumkarbidkorns, bei der das Kohlendioxid von dem Siliziumkarbid unter Bildung von Silizium zu Kohlenmonoxid reduziert wird, weiter an. Das bei dieser Reaktion entstehende freie Silizium schlägt sich als festhaftender, im wesentlichen in sich geschlossener Überzug an den Innenwänden der sich im Nachblähprozess durch Vereinigung benachbarter Schaumblasen bildenden Hohlräume nieder. Die Siliziumüberzüge an den Hohlrauminnenwänden lassen sich am fertigen Schaumglas ohne weiteres feststellen. Der Druckanstieg aufgrund der chemischen Reaktion ergibt sich daraus, dass aus je einem Molekül Kohlendioxid bei der Reaktion zwei Moleküle Kohlenmonoxid entstehen. Vermutlich setzt die Reaktion erst bei Temperaturen über 900°C ein. Möglicherweise wird ferner das zur Vereinigung benachbarter Schaumblasen und damit zur Bildung der relativ grossen Hohlräume führende Aufreissen der Wände zwischen den einzelnen Schaumblasen durch die Reaktion eingeleitet oder begünstigt, denn zweifellos sind die Abläufe der Reaktion in den einzelnen Schaumblasen nicht völlig gleich, so dass sich also während des Reaktionsablaufes Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Schaumblasen ergeben, die bei genügender Höhe zum Aufreissen der Wände zwischen den einzelnen Schaumblasen führen könnten. Ausserdem ist sicher auch die in den einzelnen Schaumblasen noch vorhandene Siliziumkarbidmenge verschieden gross, so dass Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Schaumblasen auch daraus resultieren könnten, dass in den Schaumblasen, wo das Siliziumkarbid aufgebraucht ist, die Reaktion und damit der Druckanstieg aufhört, während die Reaktion und damit der Druckanstieg in den anderen Schaumblasen weiter fortschreitet. Dafür, dass das gesamte Siliziumkarbid aufgebraucht wird, spricht jedenfalls, im fertigen Schaumglas keine Reste von Siliziumkarbidkörnern mehr festgestellt werden konnten. Neben dieser Möglichkeit, dass das Aufreissen der Wände zwischen den einzelnen Schaumblasen durch Druckdifferenzen zwischen den Schaumblasen verursacht wird, besteht natürlich durchaus auch die Möglichkeit, dass das Aufreissen der Wände hauptsächlich auf den starken Abfall von Oberflächenspannung und Zähigkeit des die Wände bildenden Glases mit der weiter steigenden Temperatur sowie das mit der weiteren Aufblähung der Schaumblasen verbundene Absinken der Wandstärke der Wände bei gleichzeitigem Anstieg der auf die Wände wirkenden Zugspannungen zurückzuführen ist. Auf jeden Fall haben die während des Nachblähprozesses durch Vereinigung von Schaumblasen gebildeten Hohlräume Abmessungen in der Grössenordnung von Zentimetern, was sich ebenfalls durch Aufschneiden des fertigen abgekühlten Schaumglases ohne weiteres feststellen lässt. Im Anschluss an den Nachblähprozess wird das entstandene Schaumglas innerhalb von 20 Minuten auf die in den unteren Teil des Transformationsbereiches des das Schaumglas bildenden Glases fallende Temperatur von 510°C abgekühlt und durch

diese rasche Abkühlung die am Ende des Nachblähprozesses erreichte Schaumglasstruktur sozusagen eingefroren. Die durch diese rasche Abkühlung im Schaumglas entstandenen Wärmespannungen werden anschliessend in einem zur Erzielung minimaler Eigenspannungen in der Schaumstruktur dienenden Anlassvorgang wieder aufgehoben. Dazu wird das Schaumglas nochmals innerhalb von 15 Minuten auf 620°C erhitzt und dann in einem über 5 Stunden andauernden Abkühlvorgang allmählich auf die unterhalb des Transformationsbereiches des das Schaumglas bildenden Glases liegende Temperatur von 480°C abgekühlt. Wegen der ausserordentlich langsamen Abkühlung beim Durchlaufen des Transformationsbereiches entstehen bei diesem Abkühlvorgang keine Wärmespannungen mehr in dem Schaumglas. Nach Beendigung dieses Abkühlvorganges wird die Form dann dem Ofen entnommen und in einer Raumtemperatur aufweisenden Umgebung auf Raumtemperatur abkühlen gelassen. Da das Schaumglas unterhalb des Transformationsbereiches bereits vollkommen erstarrt ist, können bei dieser relativ schnellen Abkühlung auf Raumtemperatur keine Eigenspannungen mehr in dem Schaumglas entstehen. Anschliessend wird das fertige Schaumglas dann der Form entnommen. Das entstandene Schaumglas hat eine Dichte von 0,143 g/cm³ und eine Schaumstruktur mit im wesentlichen regelmässig verteilten, leicht linsenförmig abgeflachten Hohlräumen, die in horizontaler Richtung (in bezug auf die Lage des Schaumglases beim Herstellungsprozess) Durchmesser zwischen 1 und 2 cm und in vertikaler Richtung Abmessungen zwischen 0,8 und 1,4 cm aufweisen und an ihren Innenwänden mit einer dünnen Siliziumschicht überzogen sind. Die linsenförmige Abflachung der Hohlräume entsteht wahrscheinlich zum Teil erst während des erwähnten Abkühlvorganges, denn es konnte beobachtet werden, dass das Schaumglas in der Form während des Abkühlvorganges etwas absackt.

Beispiel 2

Das im Beispiel 1 erläuterte Verfahren wurde mit einem Rohgemisch aus 82 Gew.-% Glaspulver mit einer maximalen Korngrösse von 1 mm und 3 Gew.-% pulverförmigem Siliziummonokarbid mit einer maximalen Korngrösse von 50 µ sowie 15 Gew.-% Ton mit einer maximalen Korngrösse von 20 µ wiederholt, wobei aber zur Erhitzung des Rohgemisches keine Form verwendet wurde, sondern das Rohgemisch mit Wasser angerührt und zu einem Quader geformt und dann bei 120°C etwa 3 Stunden lang getrocknet wurde und in dieser Quaderform dann in den zur Erhitzung des Rohgemisches dienenden Ofen eingebracht wurde. Die Temperaturen und Aufheizungs- bzw. Abkühlungszeiten bei der Erhitzung des Rohgemisches, dem Blähprozess, dem Nachblähprozess, der raschen Abkühlung des gebildeten Schaumglases im Anschluss an den Nachblähprozess, dem Anlassvorgang und der anschliessenden langsamen Abkühlung des Schaumglases waren im wesentlichen die gleichen wie beim Beispiel 1, jedoch wurde in der Übergangsphase vom Anlassvorgang zu der anschliessenden langsamen Abkühlung bei der Temperatur von 620°C eine mechanische Nachverformung des gebildeten Schaumglaskörpers im zähplastischen Zustand zur endgültigen Formgebung sowie zur weiteren Abflachung der leicht linsenförmig abgeflachten Hohlräume innerhalb des Schaumglaskörpers vorgenommen. Der fertige quaderförmige Schaumglaskörper hatte eine Dichte von 0,161 g/cm³ und im Vergleich zum Beispiel 1 ähnlich verteilte, aber etwas kleinere Hohlräume mit einer etwas stärkeren Abflachung.

Beispiel 3

Bei diesem und allen folgenden Beispielen ist der Verfahrensablauf qualitativ der gleiche wie beim Beispiel 1, und

auch die Aufheizungs- und Abkühlungszeiten sowie die Erhitzungstemperatur des Rohgemisches von ca. 650°C und die Endtemperaturen der auf den Nachblähprozess folgenden raschen Abkühlung von ca. 510°C, des anschliessenden Anlassvorganges von ca. 620°C und des darauf folgenden 5stündigen Abkühlvorganges von ca. 480°C sind im wesentlichen die gleichen wie beim Beispiel 1, und zwar deswegen, weil das für das Glaspulver verwendete Abfallglas in allen Fällen das gleiche ist und sich die vorgenannten Temperaturen und Zeiten aus den Eigenschaften des für das Glaspulver verwendeten Glases ergeben. Ferner haben dieses und die folgenden Beispiele mit dem Beispiel 2 gemeinsam, dass das Rohgemisch mit Wasser angerührt und zu einem Quader geformt wird, der dann bei ca. 120°C einem 3stündigen Trocknungsprozess unterzogen und anschliessend ohne Form in den zur Erhitzung des Rohgemisches dienenden Ofen eingebracht wird. Unterschiedlich zu den Beispielen 1 und 2 sind bei diesem und den folgenden Beispielen lediglich die Zusammensetzungen des Rohgemisches insbesondere hinsichtlich der verwendeten Blähmittel und sonstigen Zusätze zum Rohgemisch sowie hinsichtlich der Korngrössen des Glaspulvers, die vom verwendeten Blähmittel bzw. der sich daraus ergebenden Art und dem Ablauf von Bläh- und Nachblähprozess abhängigen Endtemperaturen des Bläh- und Nachblähprozesses und die Eigenschaften der hergestellten Schaumgläser. Es sind daher im folgenden für dieses und alle weiteren Beispiele nur diese unterschiedlichen Merkmale in tabellarischer Form angegeben.

30	Zusammensetzung des Rohgemisches:	97,3 Gew.-% Glaspulver mit max. Korngrösse von 0,25 mm, 2 Gew.-% Kalzit, 0,7 Gew.-% Borsäure (aufgelöst im Anrührwasser)
35	Endtemperatur Blähprozess:	800°C
	Endtemperatur Nachblähprozess:	850°C
40	Dichte des hergest. Schaumglases:	0,126 g/cm ³
	mittl. Durchmesser der Hohlräume:	1,1 cm
45	mittl. Höhe der Hohlräume:	0,8 cm

Beispiel 4

50	Zusammensetzung des Rohgemisches:	94 Gew.-% Glaspulver mit max. Korngrösse von 0,4 mm, 3 Gew.-% Kalzit, 3 Gew.-% Talk
55	Endtemperatur Blähprozess:	780°C
	Endtemperatur Nachblähprozess:	840°C
60	Dichte des hergest. Schaumglases:	0,153 g/cm ³
	mittl. Durchmesser der Hohlräume:	1,25 cm
65	mittl. Höhe der Hohlräume:	0,9 cm

Beispiel 5

Zusammensetzung des Rohgemisches:	93,7 Gew.-% Glaspulver mit max. Korngrösse von 0,25 mm, 2 Gew.-% Kalzit, 2 Gew.-% Talk, 2 Gew.-% Braunstein, 0,3 Gew.-% Borsäure (auf- gelöst im Anrührwasser)
Endtemperatur Blähprozess:	780°C
Endtemperatur Nachblähprozess:	830°C
Dichte des hergest. Schaumglases:	0,137 g/cm ³
mittl. Durchmesser der Hohlräume:	1,35 cm
mittl. Höhe der Hohlräume:	1,05 cm

Zusammensetzung
des Rohgemisches:

5

Endtemperatur

10 Blähprozess:

Endtemperatur

Nachblähprozess:

15 Dichte des hergest.

Schaumglases:

mittl. Durchmesser

der Hohlräume:

20 mittl. Höhe

der Hohlräume:

Beispiel 6

93,5 Gew.-% Glaspulver mit
max. Korngrösse von 0,3 mm,
3 Gew.-% Siliziummonokar-
bid, 3 Gew.-% Mangandioxid,
0,5 Gew.-% Borsäure (auf-
gelöst im Anrührwasser)

860°C

920°C

0,132 g/cm³

1,6 cm

1,1 cm

Beispiel 7

25 Zusammensetzung
des Rohgemisches:

86 Gew.-% Glaspulver mit
max. Korngrösse von 0,5 mm,
3 Gew.-% Siliziummono-
karbid, 3 Gew.-% Mangan-
dioxid, 8 Gew.-% Ton

30 Endtemperatur

Blähprozess:

890°C

Endtemperatur

Nachblähprozess:

960°C

35 Dichte des hergest.

Schaumglases:

0,154 g/cm³

mittl. Durchmesser

der Hohlräume:

1,3 cm

40 mittl. Höhe

der Hohlräume:

0,9 cm