



# Inleiding glazuurtechniek

Geert Theunissen – september 2013  
Info@geerttheunissen.nl  
<http://www.geerttheunissen.nl>  
Versie 0.2



## Versies

0.1	December 2002	Initiële versie
0.1a	Mei 2003	Diverse kleine aanpassingen, o.a. naar aanleiding van suggesties van Rob Deijkers. Taal- en typefouten verwijderd, tabel Seger kegels uitgebreid, meer leveranciers opgenomen.
0.2	September 2013	Als PDF beschikbaar gesteld. Enkele kleine aanpassingen en correcties

Ik houd mij aanbevolen voor opmerkingen, tips, suggesties etc. die kunnen leiden tot verbetering van dit boek. Ook ontvang ik graag recepten (liefst samenstelling plus Seger formule plus korte beschrijving van de eigenschappen) om op te nemen in dit boek.

## Kopiëren

Copyright 2002, 2003, 2013 Geert Theunissen

Dit boek mag vrij worden verspreid, gebruikt en gekopieerd zolang de inhoud niet wordt gewijzigd. Ook mag het uitsluitend in zijn geheel worden verspreid; het is dus verboden delen er uit te kopiëren zonder bronvermelding.

# 1 Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>INHOUDSOPGAVE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INLEIDING</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>AANSPRAKELIJKHEID</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>VEILIGHEID</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>SAMENSTELLING VAN GLAZUREN</b> .....	<b>8</b>
5.1	SAMENSTELLING - GRONDSTOFFEN .....	8
5.1.1	<i>Inleiding</i> .....	8
5.1.2	<i>Grondstoffen voor SiO<sub>2</sub> en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> .....	8
5.1.3	<i>Grondstoffen voor vloeimiddelen: PbO, alkali oxiden en B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> .....	10
5.1.4	<i>Grondstoffen voor aardalkalioxiden en zinkoxide</i> .....	12
5.1.5	<i>Kleurende grondstoffen</i> .....	14
5.1.6	<i>Opaakmakers</i> .....	16
5.1.7	<i>Fritten</i> .....	16
5.2	BEREKENINGEN / SEGER FORMULE .....	17
5.2.1	<i>Een stukje scheikundige basistheorie</i> .....	17
5.2.2	<i>Formule en recept</i> .....	18
<b>6</b>	<b>BENODIGDE UITRUSTING</b> .....	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>BEREIDEN EN AANBRENGEN</b> .....	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>SOORTEN GLAZUREN</b> .....	<b>30</b>
8.1	INDELINGSVORMEN.....	30
8.2	NAAR TEMPERATUUR EN SAMENSTELLING .....	30
8.2.1	<i>Alkali – boor glazuren 1000 – 1180 °C</i> .....	30
8.2.2	<i>Loodhoudende glazuren voor majolica 1000 – 1100 °C</i> .....	31
8.2.3	<i>Loodvrije steengoed glazuren 1200 – 1280 °C</i> .....	31
<b>9</b>	<b>IETS OVER HET BAKKEN</b> .....	<b>32</b>
9.1	ALGEMEEN .....	32
9.2	BISCUIT BAKKEN.....	33
9.3	GLAZUUR BAKKEN .....	33
<b>10</b>	<b>FOUTEN, PROBLEMEN, EN OPLOSSINGEN</b> .....	<b>34</b>
<b>11</b>	<b>RECEPTEN</b> .....	<b>37</b>
11.1	AARDEWERK GLAZUREN .....	37
11.2	STEENGOED GLAZUREN .....	38
<b>12</b>	<b>BIJLAGEN</b> .....	<b>39</b>
12.1	FRITTEN.....	39
12.2	BELANGRIJKE ELEMENTEN .....	41
12.3	SEGERKEGELS.....	42
12.4	BASIS GRONDSTOFFEN.....	43
12.5	LITERATUUR.....	46
12.6	LEVERANCIERS .....	47

<b>13</b>	<b>INDEX.....</b>	<b>48</b>
-----------	-------------------	-----------

## 2 Inleiding

Glazuur is een soort glasachtige laag die we over keramische objecten aan kunnen brengen. Het glazuur heeft in principe twee functies: a) het opheffen van de poreusheid van m.n. de aardewerk scherf, en b) versiering. Glazuur wordt aangemaakt door een aantal poederachtige stoffen te mengen en met water aan te maken. Vervolgens wordt dit papje op het object aangebracht. Daarna moet het gebakken worden, waardoor het glazuur smelt en een geheel gaat vormen met het object. De meeste glazuren zijn glanzend, maar er zijn ook matte en kristallijne glazuren

Meestal zijn de objecten voor het aanbrengen van het glazuur al een keer gebakken. Dat heet 'biscuit' bakken. De tweede keer bakken heet dan 'glazuur' bakken. Indien glazuur wordt aangebracht op een ongebakken object heet dat 'rauw glazuren'.

Al lang voor het begin van onze jaartelling werden er glazuren gemaakt. Vroeger werden glazuren allemaal op experimentele basis samengesteld. Men probeerde het een en ander, en ondervond zo wat werkte, en wat niet. Op die manier kwamen glazuurrecepten tot stand die van generatie op generatie werden overgedragen. Waarom bepaalde samenstellingen wel 'werkten' en andere niet wist men meestal niet of nauwelijks. Ook werden de toegepaste recepten vaak zorgvuldig geheim gehouden zodat de ontwikkelingen erg langzaam gingen.

Wanneer je gaat glazuren, dan kun je eigenlijk drie benaderingen kiezen:

1. Je koopt een kant en klaar glazuur. Water er bij en glazuren maar.
2. Je gaat uit van een recept dat je bijvoorbeeld uit een boekje zoals dit haalt. Je koopt de benodigde grondstoffen, in de aangegeven verhoudingen mengen, klaar.
3. Je stelt je eigen glazuurrecept samen. Dat is vaak een proces van nadenken en redeneren, proberen, problemen tegenkomen, weer nadenken, etc, net zolang totdat je een resultaat hebt waar je tevreden over bent.

Ook wanneer je voor optie twee kiest is het handig om wat van de theoretische achtergronden van glazuren te weten. Zo komt het bijvoorbeeld vaak voor dat een bepaalde grondstof die in een recept genoemd wordt niet beschikbaar is, of niet meer gebruikt mag worden. Je moet deze grondstof dan vervangen door een andere grondstof. Om dat goed te doen moet je dus kunnen bepalen welke grondstoffen daarvoor in aanmerking komen, en uit kunnen rekenen hoeveel van de nieuwe grondstof je dan in het recept moet opnemen om uiteindelijk een (nagenoeg) identiek glazuur te krijgen.

De samenstelling van glazuren is chemisch gezien een heel complex gebeuren, wat voor iemand zonder scheikundige achtergrond eigenlijk niet is te behappen. Gelukkig heeft de Duitse professor Hermann Seger een methode ontwikkeld waarmee het ook voor leken mogelijk is om glazuursamenstellingen te berekenen, verschillende recepten te vergelijken e.d. In deze inleiding glazuurtechniek wordt deze methode vrij uitgebreid beschreven.

### **3 Aansprakelijkheid**

Het werken met glazuren kan risico's voor de gezondheid met zich mee brengen. De auteur van dit document kan niet aansprakelijk worden gesteld voor schade aan de gezondheid of andere schade die voort zou kunnen vloeien uit toepassing van hetgeen hier beschreven is.

Ook kan de auteur niet garanderen dat hetgeen hier beschreven is (t.a.v. veiligheid of anderszins) volledig en juist is. Je bent dus zelf verantwoordelijk voor wat je doet!

## 4 Veiligheid

De meeste glazuurgrondstoffen zijn schadelijk voor de gezondheid. Dit betekent echter nog niet dat werken met glazuren een ongezonde of gevaarlijke bezigheid moet zijn. Je moet wel een aantal maatregelen nemen om de risico's binnen de perken te houden.

Zo dien je het inademen van stof te vermijden. Bij het spuiten moet je bijvoorbeeld altijd in een spuitcabine (zie onder 'uitrusting') werken, en een stofmasker dragen. Ook tijdens het vegen in een ruimte waar met glazuren wordt gewerkt dien je een stofmasker te dragen. Verder moet je zorgen dat je geen grondstoffen binnen krijgt, dus niet roken of eten tijdens het werken met glazuren, en handen wassen na het werken er mee. Ook moet je uiteraard zorgen dat kinderen niet bij de grondstoffen kunnen komen.

Verder zijn er een aantal bijzonder gevaarlijke grondstoffen. Sommige daarvan, zoals loodoxide, mogen in Nederland niet meer worden gebruikt. Andere, zoals bariumcarbonaat, mogen wel worden gebruikt. Eén gram bariumcarbonaat kan al dodelijk zijn. Zelf gebruik ik dergelijke grondstoffen niet. Als je besluit om ze wel te gebruiken, zorg dan dat je heel goed weet waar je mee bezig bent, en neem passende maatregelen.

In de bijlage met grondstoffen wordt ook vaak een risico-indicatie gegeven. De volgende stoffen zijn in ieder geval uiterst giftig:

- Cadmium verbindingen
- Arseen verbindingen
- Seleen verbindingen
- Loodverbindingen
- Koperverbindingen
- Bariumverbindingen
- Chroom verbindingen (vooral chromaten)
- Antimoonverbindingen

Ook siliciumoxide in de vorm van kwarts is schadelijk als het als stof in de longen terecht komt.

Veel van de schadelijke stoffen kunnen in de vorm van 'fritten' worden verwerkt. In fritten zijn deze stoffen chemisch gebonden waardoor het gevaar veel kleiner wordt.

Daarnaast moeten als schadelijk voor de gezondheid worden aangemerkt:

- Kobaltverbindingen
- Nikkelverbindingen
- Zinkverbindingen
- Vanadiumverbindingen

Deze stoffen kunnen m.i. wel verwerkt worden, mits je voorzichtig te werk gaat.

# 5 Samenstelling van glazuren

## 5.1 Grondstoffen

### 5.1.1 Inleiding

Glazuren bestaan altijd uit minstens twee basiselementen: glasvormers zoals siliciumdioxide en aluminium, en één of meer smeltmiddelen zoals lood en boor. Silicium heeft een heel hoog smeltpunt (1700 °C). Door er smeltmiddelen aan toe te voegen kan het toch bij een lagere temperatuur, bijvoorbeeld 1000 °C, smelten. Variaties in de verhoudingen tussen het aluminiumoxide, siliciumoxide, de vloeimiddelen en toegevoegde kleurende stoffen, zoals bijvoorbeeld kobaltoxide, bepalen uiteindelijk de eigenschappen en kleur van het glazuur. Ook van invloed op het uiteindelijke resultaat zijn uiteraard de manier waarop het glazuur op de pot wordt aangebracht, de dikte, de samenstelling van de klei, en de manier van bakken.

Een glazuur dat alleen uit silicium en een smeltmiddel bestaat zal een lage kwaliteit hebben. Het zal bijvoorbeeld slecht tegen zuren kunnen. Daarom is het noodzakelijk, of in ieder geval wenselijk, om ook nog een of meer stabilisatoren in het glazuur op te nemen. Dat kunnen bijvoorbeeld zijn: aluminium, zink, lithium, natrium, kalium, calcium (krijt) en magnesium. Van de hier genoemde stoffen komt aluminium in vrijwel alle glazuren voor.

Glazuur wordt voor het aanbrengen aangemaakt met water. Daarom dienen de glazuurgrondstoffen niet of moeilijk oplosbaar te zijn in water. Als ze wel oplosbaar zijn wordt het glazuur onbetrouwbaar. Bij het opdrogen zouden de in water opgeloste stoffen immers naar de oppervlakte trekken, en daardoor zou de samenstelling van het glazuur van plaats tot plaats verschillend worden. Wanneer toch in water oplosbare grondstoffen gebruikt moeten worden, dan is het gebruikelijk om deze in gefritte vorm te gebruiken. Ook giftige stoffen zoals grondstoffen voor lood kunnen het beste (veiligste) in gefritte vorm worden gebruikt.

Verderop in dit hoofdstuk wordt uitgelegd wat ‘fritten’ precies is.

### 5.1.2 Grondstoffen voor $\text{SiO}_2$ en $\text{Al}_2\text{O}_3$

#### 5.1.2.1 Siliciumoxide

Siliciumoxide is eigenlijk de basis van elk glazuur. Het beïnvloedt glazuren op de volgende manieren:

- Maakt het glazuur moeilijker smeltbaar (verhoogt het smeltpunt)



- Verhoogt de viscositeit van het glazuur
- Vermindert de oplosbaarheid van lood
- Verbeterd de chemische bestendigheid, maakt glazuren met name beter bestand tegen zuren

SiO<sub>2</sub> kan in glazuur worden gebracht met de volgende grondstoffen:

- Kwarts (zuiver SiO<sub>2</sub>), en ook als zand
- Kaolien of China clay ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 2 SiO<sub>2</sub> . 2 H<sub>2</sub>O )
- Kaliveldspaat, ook wel orthoklaas genoemd ( K<sub>2</sub>O. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 6 SiO<sub>2</sub> )
- Natriumveldspaat, ook wel albiet genoemd ( Na<sub>2</sub>O. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 6 SiO<sub>2</sub> )
- Als bestanddeel van fritten (zie bijlage met fritten)

### 5.1.2.2 Aluminiumoxide

Aluminiumoxide wordt in kleine hoeveelheden toegevoegd. Een richtlijn voor de hoeveelheid aluminiumoxide is ongeveer 10 % van de hoeveelheid siliciumdioxide in de Seger formule. Aluminium komt in vrijwel alle glazuren voor, omdat het essentieel is om een goed bestendig glazuur te krijgen.

Aluminium:

- Verhoogt de smelttemperatuur sterk
- Verhoogt de viscositeit
- Verhoogt de chemische bestendigheid
- Vermindert de oplosbaarheid van PbO, ZnO en alkaliën in het glazuur
- Verandert de kleurende werking van veel kleurende oxides
- Vermindert het bezinken van bestanddelen uit het glazuur wanneer het is ingevoerd in de vorm van vette kleien of kaolien

Aluminiumoxide kan worden ingevoerd met de volgende grondstoffen:

- Aluminiumhydroxide, samenstelling ( Al(OH)<sub>3</sub> )
- Verschillende veldspaten
- Als bestanddeel van fritten
- Nephelien-seyeniet

## 5.1.3 Grondstoffen voor vloeimiddelen: PbO, alkali oxiden en B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 5.1.3.1 Loodoxide PbO

Loodoxide is het meest gebruikte vloeimiddel in glazuren. Loodoxide wordt vrijwel uitsluitend nog in gefritte vorm gebruikt omdat het risico van loodvergiftiging daardoor vrijwel uitgesloten is.

Voor serviesgoed wordt het gebruik van lood afgeraden, omdat lood in kleine doch schadelijke hoeveelheden uit het glazuur vrij kan komen onder invloed van bijvoorbeeld thee, azijn en andere stoffen. Alle loodverbindingen en -fritten zijn duur en hebben een hoog soortelijk gewicht. Daardoor bezinken ze snel in het aangemaakte glazuur.

Loodoxide:

- Verlaagt de viscositeit van het glazuur
- Verlaagt de smeltemperatuur sterk
- Vermindert de hardheid van het glazuur
- Vermindert de chemische en mechanische bestendigheid
- Vermindert de zuurbestendigheid
- Geeft een glanzend oppervlak

Loodoxide kan worden ingevoerd met de volgende fritten:

- Loodfritten. De meest gebruikte zijn loodmonosilicaat fritte en loodbisilicaat fritte
- Loodboorfritten
- Lood-alkali-boorfritten

Zie voor de samenstelling van de diverse fritten de bijlage met fritten.

Omdat je in veel recepten nog gegevens tegenkomt van grondstoffen die tegenwoordig niet meer gebruikt mogen worden, geef ik je hier van een aantal van die grondstoffen toch de eigenschappen, ten behoeve van het omrekenen van die recepten naar recepten op basis van fritten.

- Loodsulfide, ook wel galena genoemd, PbS, MG 239, giftig, verboden
- Loodmonoxide, ook wel litharge genoemd, PbO, MG 223, giftig, verboden
- Loodmenie, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, MG 228, giftig, verboden

### 5.1.3.2 Natriumoxide Na<sub>2</sub>O en kaliumoxide K<sub>2</sub>O

Na<sub>2</sub>O en K<sub>2</sub>O lijken qua eigenschappen als glazuurgrondstof veel op elkaar. Beide oxiden worden veel gebruikt omdat het goede en goedkope smeltmiddelen zijn.

Hun eigenschappen:

- Zijn goedkope smeltmiddelen
- Verlagen de smelttemperatuur sterk
- Verminderen de chemische bestendigheid, met name t.o.v. zuren
- Veroorzaken de typische alkalische kleuren: alkali blauw met koperoxide en alkali violet met mangaanoxide

Kaliumoxide kan worden ingebracht met de volgende grondstoffen:

- Kaliveldspaat
- Nephelien-seyeniet (  $0,25 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,75 \text{ Na}_2\text{O} \cdot 0,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,5 \text{ SiO}_2$  )
- Diverse alkali fritten, zie bijlage

Natriumoxide kan worden ingebracht met:

- Natrium veldspaat
- Nephelien-seyeniet
- Diverse alkali fritten

### 5.1.3.3 Lithiumoxide

Lithiumoxide wordt minder gebruikt dan natrium en kaliumoxide. Lithiumhoudende grondstoffen zijn in het algemeen een stuk duurder dan grondstoffen voor de andere alkaliën. Het heeft de volgende eigenschappen:

- Verlaagt de smelttemperatuur sterk in steengoed en middentemperatuur glazuren
- Verhoogt, indien in kleine hoeveelheid ingevoerd, de glans en gladheid van het glazuur
- Vermindert de chemische en mechanische bestendigheid, maar niet zo sterk als de andere alkali oxiden
- Bevordert de kristallisatie van mat en kristalglazuren

Lithiumoxide kan worden ingebracht met de volgende grondstoffen:

- Spodumeen dan wel lithiumveldspaat (  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{ SiO}_4$  ) Meestal is deze grondstof niet zo zuiver.
- Petaliet (  $\text{Li}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{ SiO}_2$  )
- Lithiumcarbonaat ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) Dit is de meest gebruikte grondstof om lithium in te voeren.

### 5.1.3.4 Boor – $\text{B}_2\text{O}_3$

Boor is zowel een glasvormer (net zoals  $\text{SiO}_2$ ), als een smeltmiddel. Het is zeer geschikt om aardewerk glazuren te maken zonder het zeer giftige lood te hoeven gebruiken.

Er bestaat onder deskundigen verschil van mening of  $B_2O_3$  in de Seger formule in de middengroep hoort of in de rechter groep. Ik zet het altijd in de middengroep, maar wees dus niet verbaasd als je recepten vindt waar het in de rechter groep staat.

Boor heeft de volgende eigenschappen:

- Het verlaagt de smelttemperatuur sterk, ook bij aardewerk glazuren
- Is een glasvormer, en kan als zodanig een deel van het  $SiO_2$  vervangen
- Het verlaagt de viscositeit van het glazuur
- Verhoogt de glans en gladheid van het glazuur
- Is indien in grote hoeveelheden toegevoegd, ongunstig voor matte glazuren
- Gaat kristallisatie tegen
- Indien slechts in kleine hoeveelheden toegevoegd verhoogt het de chemische en mechanische bestendigheid van het glazuur
- Kan indien veel boor in het recept zit een zogenaamde ‘boorsluier’ veroorzaken, een soort troebeling in het glazuur.
- Heeft een negatieve invloed op heldere kleuren

Boor kan worden ingebracht met de volgende grondstoffen:

- Colemaniet ( $2 CaO \cdot 3 B_2O_3 \cdot 5 H_2O$ ). Colemaniet kan tijdens het bakken plotseling ‘ontwateren’, d.w.z. dat al het chemisch gebonden water dan in één keer vrij komt, waardoor het glazuur van de potten afspringt of valt. Zelf heb ik hier tot nu toe echter nog geen problemen mee gehad.
- Synthetisch calciumboraat, in twee vormen: Calciumboraat hexahydraat ( $CaO \cdot B_2O_3 \cdot 6 H_2O$ ) en calciumboraat dihydraat ( $CaO \cdot B_2O_3 \cdot 2 H_2O$ )
- Zinkboraat ( $ZnO \cdot 2 B_2O_3$ )
- Verder zijn er een aantal in water oplosbare grondstoffen zoals borax. Deze zijn eigenlijk alleen geschikt om fritten te maken.
- Verder zijn er een aantal fritten op de markt die boor bevatten, zie bijlage fritten

#### 5.1.4 Grondstoffen voor aardalkali-oxiden en zinkoxide

Deze stoffen beïnvloeden de glazuureigenschappen, en werken daarnaast bij wat hogere temperaturen ( $> 1080 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ook als smeltmiddel. Van deze stoffen worden vooral de carbonaten gebruikt omdat die niet in water oplosbaar zijn.

##### 5.1.4.1 Magnesiumoxide $MgO$

Magnesiumoxide heeft de volgende eigenschappen:

- Verhoogt, indien in kleine hoeveelheden toegevoegd, de glans
- Verlaagt, indien in kleine hoeveelheden toegevoegd, de smelttemperatuur
- Verhoogt, indien in grotere hoeveelheden toegevoegd, de smelttemperatuur
- In grotere hoeveelheden werkt het matterend en bevordert het kristalvorming

- Maakt het glazuerooppervlak hart, en verbetert de chemische bestendigheid

Magnesiumoxide kan worden ingebracht met de volgende grondstoffen:

- Magnesiumcarbonaat ( $\text{MgCO}_3$ )
- Dolomiet ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ )
- Talk, ook wel magnesiumsilicaat genoemd ( $3 \text{MgO} \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Talk kan een glazuur laten ‘optrekken’.

#### 5.1.4.2 Calciumoxide CaO

Calciumoxide heeft de volgende eigenschappen:

- Werkt vanaf ongeveer  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$  als smeltmiddel
- Verhoogt de mechanische en chemische bestendigheid van het glazuur, en wordt hiervoor vaak samen met  $\text{B}_2\text{O}_3$  in een glazuur gecombineerd
- Werkt, indien in grotere hoeveelheden ingevoerd, matterend. Tenzij het glazuur veel  $\text{B}_2\text{O}_3$  en  $\text{SiO}_2$  bevat.

Calciumoxide kan worden ingebracht met de volgende grondstoffen:

- Krijt ( $\text{CaCO}_3$ )
- Dolomiet ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ )
- Wollastoniet ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$ )
- Colemaniet ( $2 \text{CaO} \cdot 3 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ )
- Synthetisch calciumboraat, in twee vormen: Calciumboraat hexahydraat ( $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) en calciumboraat dihydraat ( $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )

#### 5.1.4.3 Bariumoxide BaO

Bariumoxide heeft de volgende eigenschappen:

- Werkt bij hogere temperaturen ( $> 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) als smeltmiddel
- Verhoogt, indien in kleine hoeveelheden toegepast, de glans
- Verbetert, indien in kleine hoeveelheden toegevoegd, de chemische bestendigheid. Bij toevoegen van grotere hoeveelheden wordt echter het tegenovergestelde bereikt.
- Verhoogt de hardheid van het glazuur
- Is geschikt om met zinkoxide te gebruiken in kristalglazuren en matte glazuren

Bariumoxide kan worden ingebracht met de volgende grondstoffen:

- Bariumcarbonaat ( $\text{BaCO}_3$ ), (zeer giftig, gebruik wordt afgeraden)
- Bariumsulfaat ( $\text{BaSO}_4$ ). Dit is veel minder giftig. Indien je een recept hebt met bariumcarbonaat, en je wilt dat vervangen door bariumsulfaat, dan moet je elke gram

bariumcarbonaat vervangen door 1,2 gram bariumsulfaat, en daarna uiteraard het recept weer terugrekenen naar 100 procent.

#### 5.1.4.4 Zinkoxide

Zinkoxide heeft de volgende eigenschappen:

- Werkt vanaf 1100 °C als smeltmiddel
- Verhoogt de elasticiteit van het glazuur
- Vermindert de chemische bestendigheid van het glazuur
- Verhoogt de oplosbaarheid van lood uit het glazuur
- Bevordert de kristalvorming, werkt dus ook matterend
- Beïnvloedt kleuren, geeft bijvoorbeeld met kleine hoeveelheden kobaltoxide een diep blauwe kleur

#### 5.1.5 Kleurende grondstoffen

Glazuren geef je kleur door metaaloxiden toe te voegen.

Verder wordt de kleurvorming ook beïnvloed door de manier van stoken. Je kunt oxiderend of reducerend stoken. In een elektrische oven kun je alleen maar oxiderend stoken, in een gas of houtoven kun je ook reducerend stoken.

Oxiderend stoken wil zeggen dat er zuurstof in de lucht zit, reducerend stoken wil zeggen dat er geen of weinig zuurstof in de lucht (ovenatmosfeer) zit. Hoe kan dit nu de kleur beïnvloeden? Een voorbeeld. Stel dat je ijzeroxide  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  aan je glazuur toevoegt. Dit is in feite roest, en die kleur heeft het ook. Dit is dus een verbinding van ijzer en zuurstof. Wanneer je reducerend stoekt, en er dus weinig zuurstof in de ovenatmosfeer is, dan zal de zuurstof aan het  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  worden onttrokken, waardoor dit verandert in Fe, ijzer. Roest is bruin/rood van kleur en ijzer is grijs / blauw van kleur.

Omdat de kleurende oxides de overige eigenschappen van een glazuur weinig of niet beïnvloeden, is het gebruikelijk om deze niet in het recept en de Seger formule op te nemen. Wanneer je dit wel doet wordt het namelijk lastig om recepten te vergelijken.

Stel dat we het volgende glazuur hebben:

0,6 PbO	0,25 $\text{Al}_2\text{O}_3$	2,5 $\text{SiO}_2$
0,4 CaO		

Als we hier 0,2 mol koperoxide in willen brengen, dan zouden we de volgende formule krijgen:

0,5 PbO	0,21 $\text{Al}_2\text{O}_3$	2,1 $\text{SiO}_2$
0,33 CaO		
0,17 PbO		

Wanneer we deze formules met elkaar vergelijken dan is niet meer te zien dat het in feite om hetzelfde glazuur gaat, zij het in het tweede geval met een beetje kleurend oxide toegevoegd. Daarom is het gebruikelijk om het recept en/of de formule te geven, en daaronder de toe te voegen kleurende oxides als ‘toe te voegen procenten’ er bij te schrijven.

Alle kleurende oxiden (behalve chroom en antimoon) werken smeltpuntverlagend. Om dit te compenseren zou je eigenlijk voor elk deel in de Seger formule 0,8 deel SiO<sub>2</sub> moeten toevoegen om deze invloed weer op te heffen. Meestal voeg je echter slechts kleine percentages van kleurende oxides toe, en kun je de invloed op het smeltpunt verwaarlozen.

In de volgende tabel vindt je een overzicht van een aantal kleurende oxiden:

Oxide	%	Opmerkingen
Kobalt	0,1 – 5	Schadelijk voor de gezondheid. Kobalt kleurt bij zowel oxiderende als reducerende stook blauw. Na <sub>2</sub> O en ZnO zorgen voor een meer violetachtig blauw. In combinatie met magnesiumoxide geeft het meer roodviolet.
Chroom	0,25 – 3	Alle chroomverbindingen zijn giftig. Chroom kan verschillende kleuren geven. Normaalgesproken kleurt chroom zowel in oxiderende als reducerende omgeving groen. In sterk loodhoudende glazuren bij lagere temperaturen (tot 1050 °C) rood/oranje/geel. In alkalische glazuren met een wat hoger gehalte aan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> geeft het geelgroen. Met tin en calcium geeft het lichtroze. Chroomrode glazuren zijn chemisch onbestendig en giftig.
Koper	0,5 – 5	Koper heeft een negatieve invloed op de chemische bestendigheid van glazuren en verhoogt de oplosbaarheid en afgifte van lood in een glazuur. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij een oxiderende atmosfeer in loodhoudende glazuren: Groen. Bij een hoog SiO<sub>2</sub> gehalte wat meer blauwachtig groen</li> <li>• Bij een oxiderende atmosfeer in boorhoudende glazuren: blauwgroen</li> <li>• Bij een oxiderende atmosfeer in alkaliglazuren: fel blauw tot Egyptisch blauw (hoe hoger het alkaligehalte, hoe meer de kleur van groen naar blauw gaat)</li> <li>• Bij een reducerende atmosfeer: rood.</li> </ul> In plaats van koperoxide kan ook kopercarbonaat worden gebruikt.
IJzer	1 – 15	IJzer geeft in een oxiderende atmosfeer afhankelijk van de hoeveelheid geel, bruin tot bijna zwart. In alkalische glazuren is, om dezelfde kleur te krijgen een hoger percentage nodig dan in loodglazuren. Wanneer naast ijzeroxide ook wat kobalt en / of mangaanoxide wordt toegevoegd ontstaat zwart.
Mangaan	1 – 10	In loodglazuren geeft het bruin. In alkalische glazuren paars/violet.
Molybdeen	1 – 5	Zeer giftig. Geeft heldergele glazuren, maar dan mag er geen CaO in het glazuur zitten. Met mangaan en zinkoxide geeft het citroengeel.

Nikkel	0,25 – 1	Zeer giftig. In loodvrije glazuren geeft het blauwgrijs tot groengrijs. In loodhoudende glazuren geel / bruin. De kleuren zijn weinig stabiel en voorspelbaar, en nikkel wordt meestal niet als enig kleurende oxide toegepast.
Antimoon	1 – 6	Zeer giftig. Geeft in loodglazuren geel. In loodvrije glazuren een dekkend wit.

Naast oxides kunnen ook de zogenaamde body stains / glaze stains (ook wel Farbkörper genoemd) worden gebruikt. Dit zijn mengsels van oxides en smeltpuntverhogende middelen die zijn ‘gecalcineerd’. Dat wil zeggen dat de oxides samen met andere stoffen zijn verhit zodat ze daarmee een verbinding zijn aangegaan, die in het glazuur niet meer wordt verbroken. Daardoor ontstaan meer stabiele kleuren die nauwelijks beïnvloed worden door de samenstelling van het glazuur en dus over het algemeen een beter voorspelbaar resultaat geven dan het gebruik van oxides. Bij deze body stains wordt altijd een maximum temperatuur opgegeven, meestal is dat 1250 of 1300 °C.

### 5.1.6 Opaakmakers

Om glazuren opaak oftewel dekkend te maken kunnen we een aantal grondstoffen toevoegen. Tin en zirkoonoxide zijn de meest gebruikte.

Tinoxide geeft het mooiste resultaat. Wanneer je meer dan 5 à 7 procent tin aan het glazuur toevoegt krijg je een volledig dekkend wit glazuur. Door het te combineren met zink en titanium neemt het in dekkkracht toe. Tinoxide maakt een glazuur elastischer, verhoogt de chemische bestendigheid en voorkomt haarscheuren.

Omdat tin erg duur is wordt vaak zirkoonsilicaat gebruikt. Dit geeft echter een veel minder mooi en harder wit. Zirkoonsilicaat heeft een heel hoog smeltpunt, en wordt daarom vaak met zinkoxide gecombineerd om het smeltpunt te verlagen en de opaakheid toch te behouden. Ook dit geeft een minder mooi resultaat dan tinoxide. Ook zirkoonoxide kan worden gebruikt. Dat is echter bijna net zo duur als tinoxide en net zo lelijk als zirkoonsilicaat, en is dus niet interessant.

### 5.1.7 Fritten

Naast de eerder besproken grondstoffen zijn er een groot aantal glazuurgrondstoffen die oplosbaar zijn, zoals borax, en dus erg lastig in het gebruik. Ook zijn er een aantal grondstoffen die erg schadelijk zijn voor de gezondheid, zoals de diverse loodverbindingen, bariumcarbonaat e.d. Om deze stoffen toch op een veilige manier te kunnen gebruiken zijn er de zogenaamde fritten in de handel. Een fritte wordt gemaakt door een aantal grondstoffen samen te voegen en vervolgens te bakken. De roodgloeiende massa laat men vervolgens in een bak water vallen waardoor de massa in kleine korrels uiteen valt. Deze korrels worden gemalen en vormen de fritte. Zo'n fritte is eigenlijk dus al een eenvoudig soort glazuur. In een



van de bijlagen vindt je de gegevens van een aantal veelgebruikte en in Nederland verkrijgbare fritten.

Belangrijk is te onthouden dat fritten niet in water oplosbaar zijn, en meestal veel minder giftig zijn dan de stoffen waar ze uit zijn samengesteld. In de praktijk zie je dat fritten veel worden gebruikt in lage temperatuur glazuren, en dat steengoed glazuren meestal van natuurlijke grondstoffen worden gemaakt.

## 5.2 Berekeningen / Seger formule

### 5.2.1 Een stukje scheikundige basistheorie

Om aan glazuren te kunnen rekenen hoef je niet veel van scheikunde te weten, maar wel iets.

#### **Moleculen, atomen en elementen**

Wanneer we een hoeveelheid van een bepaalde stof, bijvoorbeeld een druppel water, halveren, en vervolgens die halve druppel ook weer halveren, en steeds blijven doorgaan, dan komen we uiteindelijk op een punt dat je dat hele kleine beetje water niet meer door midden kunt delen. De kleinste hoeveelheid van een bepaalde stof, die nog de eigenschappen van die stof heeft, noemen we een 'molecule'. Wanneer je een molecule water nog verder splitst, is wat er over blijft geen water meer. Je kunt die ene molecule alleen nog verder splitsen in twee verschillende soorten 'atomen'.

Bijna alle stoffen kan men door verhitting of op een andere manier splitsen in een aantal andere stoffen. Stoffen die niet verder gesplitst kunnen worden in andere stoffen heten 'elementen'. Elementen zijn opgebouwd uit atomen, de kleinste deelbare deeltjes van deze stoffen. Er bestaan in totaal 92 verschillende elementen.

Om terug te komen bij onze druppel water: een molecule water bestaat uit twee atomen waterstof, en één atoom zuurstof. Elk element heeft in de scheikunde een symbool. Voor waterstof is dit H (Hydro nog wat), en voor zuurstof is dat O van (Oxygen). De scheikundige formule voor water is vervolgens  $H_2O$ . Het cijfer 2 geeft aan dat het element H twee maal voorkomt.

Onthoud:

- Elke stof bestaat uit moleculen
- Elke molecule bestaat uit een aantal atomen
- De atomen worden in de formule aangegeven met symbolen

#### **Moleculair gewicht of molgewicht**

Onder het molgewicht van een stof verstaan we het aantal malen dat een molecuul van die stof zwaarder is dan een atoom waterstof. Onder het atoomgewicht van een stof verstaan we het aantal malen dat een atoom van die stof zwaarder is dan een atoom waterstof. Het

atoomgewicht van waterstof is dus per definitie één. (Als uitgangspunt is waterstof gebruikt omdat dat het lichtste atoom is dat er bestaat.)

Bij glazuurgrondstoffen wordt altijd het molgewicht van die stof opgegeven. Ook in de tabellen achter in dit boek vind je de molgewichten van een aantal grondstoffen terug. Er is ook een tabel met de atoomgewichten van een aantal voor glazuren van belang zijnde elementen.

Bij de uitleg van het maken van glazuursamenstellingen zal duidelijk worden wat het nut van het atoomgewicht en molgewicht is. Maar als voorbeeld alvast een tipje van de sluiters:

- Het atoomgewicht van waterstof (H) is 1.
- Het atoomgewicht van zuurstof (O) is 16.
- De formule van water is H<sub>2</sub>O.
- Het molgewicht van water is dus  $(2 * 1) + (1 * 16) = 18$
- Een kg water bevat dus  $2/18 * 1000 = 111,1$  gram waterstof en  $16/18 * 1000 = 888,9$  gram zuurstof

Zo kun je molgewicht en atoomgewicht dus gebruiken om van een chemische formule naar hanteerbare gewichten en gewichtsverhoudingen te rekenen, en omgekeerd.

## Smeltpunt versus smelttraject

Sommige stoffen hebben een smeltpunt en andere hebben een smelttraject. Zuiver ijs smelt bijvoorbeeld bij 0 °C. Als je een blok ijs verwarmt tot 1 °C dan zal uiteindelijk het hele blok smelten.

Maar als je klei of glazuur verhit dan gaat vanaf een bepaalde temperatuur een steeds groter gedeelte van het glazuur smelten. Bij gelijkblijvende temperatuur binnen het smelttraject zal het glazuur nooit helemaal smelten. Dat gebeurt pas als de boventemperatuur van het smelttraject wordt overschreden.

Wanneer je twee stoffen mengt dan zou je verwachten dat het smeltpunt van dat mengsel ergens tussen de smeltpunten van die twee stoffen in ligt. Dat hoeft niet altijd zo te zijn. Het smeltpunt van het mengsel kan lager zijn dan het laagste smeltpunt van de twee stoffen. Dus stel je hebt een stof A met een smeltpunt van 800 °C en een stof B met een smeltpunt van 1000 °C, dan kan het zo zijn dat die twee stoffen gemengd een smeltpunt van bijvoorbeeld 650 °C hebben.

### 5.2.2 Formule en recept

We kunnen een glazuur op twee verschillende manieren beschrijven.

- De glazuurformule (Seger formule) noemt de in het glazuur voorkomende oxides. Uit de glazuurformule kun je, als je wat ervaring hebt, veel afleiden omtrent de eigenschappen van het glazuur en ook een voorspelling doen over de benodigde bak (smelt) temperatuur. Ook kun je aan de hand van de formules glazuren onderling vergelijken.

- Het glazuurrecept noemt de grondstoffen die onderling gemengd moeten worden, waarbij de hoeveelheden worden uitgedrukt in grammen of in procenten. Wanneer die in procenten wordt uitgedrukt, mag je dat ook interpreteren als: zoveel gram als nodig is om uiteindelijk 100 gram glazuur te krijgen. Het recept heb je nodig om het glazuur in de praktijk te maken.

Deze beide manieren om glazuren te beschrijven kunnen elkaar niet vervangen, maar vullen elkaar aan om samen een totaalbeschrijving van het glazuur te geven.

De Duitse professor Hermann Seger heeft een methode ontwikkeld voor het noteren van glazuurformules. We noemen die manier van noteren en berekenen ook wel de ‘Seger formule’. De Seger formule werkt met drie kolommen.

- In de linker kolom noteert je de vloeimiddelen of smeltmiddelen. Dit heet ook wel de RO + R<sub>2</sub>O groep, in verband met de samenstelling van de oxides die in deze groep terecht komen. Afspraak is dat de totale hoeveelheid in de linker kolom altijd 1 moet zijn.  
In deze groep vind je bijvoorbeeld lithiumoxide (Li<sub>2</sub>O), natriumoxide (Na<sub>2</sub>O), kaliumoxide (K<sub>2</sub>O), calciumoxide (CaO), magnesiumoxide (MgO), bariumoxide (BaO), zink (ZnO), en lood (PbO).
- In de middelste kolom staan de stabilisatoren. Dit heet ook wel de R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> groep.  
In deze groep vind je aluminiumoxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en booroxide (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).
- In de rechter kolom staan de glazuurmakers. Dit heet ook wel de RO<sub>2</sub> groep. Vaak is dit alleen siliciumdioxide (SiO<sub>2</sub>) en soms ook titaanoxide (TiO<sub>2</sub>).

Kleurende oxides, zoals bijvoorbeeld kobaltoxide, worden meestal niet in de formule opgenomen omdat ze de eigenschappen van het glazuur (afgezien van de kleur dan) niet of nauwelijks beïnvloeden. In plaats daarvan wordt meestal aangegeven hoeveel procent van de kleurende oxides aan het recept moeten worden toegevoegd.

De recepten zijn meestal als volgt samengesteld:

Algemene stelregel is dat je ongeveer 10 maal zoveel SiO<sub>2</sub> in je formule moet hebben als Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### *Lage temperatuur*

1 R <sub>2</sub> O + RO	0,05 tot 0,30 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0 tot 3,0 SiO <sub>2</sub>
-------------------------	--	------------------------------

R<sub>2</sub>O zijn de alkaliën Na<sub>2</sub>O en K<sub>2</sub>O. RO is meestal alleen PbO (loodoxide), of veel lood en een beetje CaO. Soms zit in de R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> groep ook nog B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (boortrioxide).

#### *Midden temperatuur*

1 R <sub>2</sub> O + RO	0,8 tot 1,0 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0 tot 3,0 SiO <sub>2</sub>
-------------------------	--	------------------------------

Of

1 R <sub>2</sub> O + RO	0,4 tot 0,6 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,2 tot 0,5 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0 tot 4,5 SiO <sub>2</sub>
-------------------------	---	------------------------------

Opmerking: alhoewel boor niet in de kolom met smeltmiddelen staat, werkt het wel als een sterk smeltmiddel.

RO is hier meestal aardalkalieoxide en zinkoxide, gecombineerd met weinig loodoxide of alkaliën.

*Hoge temperatuur*

1 R <sub>2</sub> O + RO	0,4 tot 0,8 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0 tot 8,5 SiO <sub>2</sub>
-------------------------	--	------------------------------

of

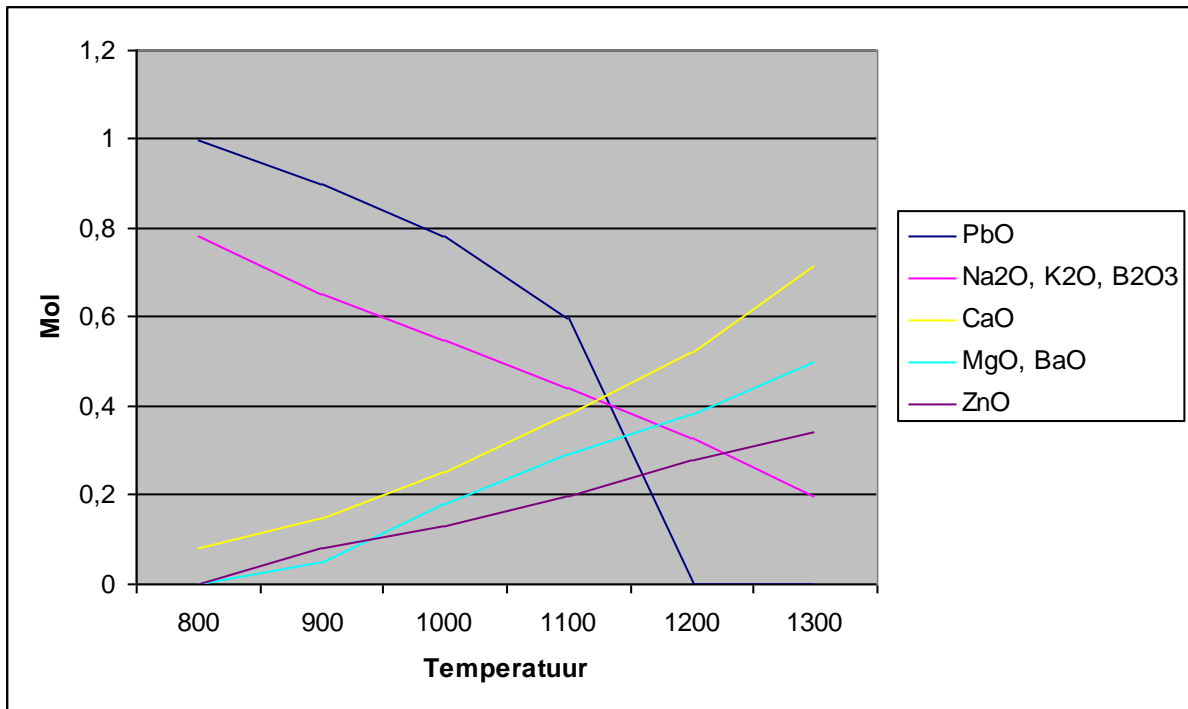
1 R <sub>2</sub> O + RO	0,8 tot 1,6 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,2 tot 0,8 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,0 tot 14,0 SiO <sub>2</sub>
-------------------------	---	-------------------------------

R<sub>2</sub>O + RO bestaat hier uit weinig alkaliën met aardalkalioxiden en zinkoxide.

Hieronder zie je een overzicht van de oxides die normaalgesproken in de Seger formule kunnen voorkomen. De oxides die vaak voorkomen zijn vet afgedrukt.

<b>Li<sub>2</sub>O</b>	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>
<b>Na<sub>2</sub>O</b> alkali	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>ZrO<sub>2</sub></b>
BeO	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>SnO<sub>2</sub></b>
<b>MgO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	MnO <sub>2</sub>
<b>CaO</b> aardalkali	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
SrO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>BaO</b>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
<b>FeO</b>		
<b>CoO</b>		
<b>CuO</b>		
NiO zware metalen		
<b>MnO</b>		
<b>ZnO</b>		
<b>PbO</b>		

In de volgende grafiek zie je voor een aantal oxiden uit de R<sub>2</sub>O + RO groep aangegeven in welke hoeveelheden (in mol) deze ongeveer in een glazuur voor kunnen komen. Dit kun je als een richtlijn nemen bij het samenstellen van je eigen glazuren.



### Het berekenen van een recept uit de Seger formule

Stel dat we in een boekje de Seger formule voor een glazuur hebben gevonden. Het recept staat er echter niet bij, dus dat zullen we zelf moeten berekenen.

De Seger formule ziet er als volgt uit:

0,20 K <sub>2</sub> O	0,25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,86 SiO <sub>2</sub>
0,50 PbO		
0,15 CaO		
0,15 ZnO		

We hebben de volgende grondstoffen tot onze beschikking, om het glazuur mee te maken:

Naam	Samenstelling	Molgewicht
Loodmonosilicaat fritte (fritte 10.01)	1,0 PbO . 1,0 SiO <sub>2</sub>	283
Krijt (Calciumcarbonaat)	CaCO <sub>3</sub>	100
Kaliveldspaat	K <sub>2</sub> O . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 6 SiO <sub>2</sub>	556
Kaolien	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 2,2 SiO <sub>2</sub>	270
Zinkoxide	ZnO	81
Kwarts	SiO <sub>2</sub>	60

We gaan eerst de K<sub>2</sub>O berekenen, die moet uit de kaliveldspaat komen.

1 mol kaliveldspaat geeft, zoals je in de samenstelling kunt zien, ook 1 mol K<sub>2</sub>O. We moeten dus 0,20 mol kaliveldspaat toevoegen. 0,20 mol kaliveldspaat weegt  $0,20 \cdot 556 = 111,2$ .

(Merk op dat ik achter die 111,2 geen eenheid zet. Je zult straks zien dat de eenheid niet relevant is, het gaat uiteindelijk om de verhoudingen tussen de verschillende grondstoffen.) Die 0,20 mol kaliveldspaat geeft niet alleen 0,20 mol  $K_2O$ , maar ook 0,20 mol  $Al_2O_3$  en  $6 * 0,20 = 1,20$  mol  $SiO_2$ . Die hoeven we dus niet meer uit een andere stof te halen.

Omdat we op deze manier het risico lopen dat we het overzicht kwijt raken, is het handig om e.e.a. in een tabel op te nemen. Dit kun je op verschillende manieren noteren. Ik vind de methode zoals die in het boek van Wolf Matthes wordt gebruikt wel handig.

Oxide	Grondstof	Berekening	$K_2O$	PbO	CaO	ZnO	$Al_2O_3$	$SiO_2$
$K_2O$	Kaliveldp	$0,20 * 556 = 111,2$	0,20				0,20	1,20
PbO	Fritte 10.01	$0,50 * 283 = 141,5$		0,50				0,50
CaO	Krijt	$0,15 * 100 = 15,0$			0,15			
ZnO	Zinkoxide	$0,15 * 81 = 12,2$				0,15		
$Al_2O_3$	Kaolien	$0,25 - 0,20 = 0,05$ nog toe te voegen: $0,05 * 270 = 13,5$					0,05	0,11
$SiO_2$	Kwarts	$1,86 - 1,20 - 0,50 - 0,11 = 0,05$ nog toe te voegen: $0,05 * 60 = 3,0$						0,05
		Totaal (ter controle)	0,20	0,50	0,15	0,15	0,25	1,86

Nadat we de  $K_2O$  hebben toegevoegd gaan we de PbO toevoegen. Die moet uit de fritte 10.01 komen. 1 mol fritte 10.01 geeft 1 mol PbO en 1 mol  $SiO_2$ . We moeten dus 0,5 mol fritte toevoegen. Dat weegt  $0,5 * 283 = 141,5$ . Hiermee voeren we ook 0,50 mol  $SiO_2$  in (zie de samenstelling van de fritte), ook dat noteren we nauwkeurig in de tabel.

Vervolgens gaan we de 0,15 mol CaO toevoegen. Dat komt uit de krijt. 1 mol krijt geeft 1 mol CaO, dus we moeten  $0,15 * 100 = 15,0$  krijt toevoegen.

Op dezelfde manier voeg je ook de 0,15 mol ZnO toe.

Lastiger is het met de Aluminiumoxide en Siliciumoxide. We hebben dat al toegevoegd, maar nog niet genoeg.  $Al_2O_3$  was 0,25 mol nodig. We hadden met de kaliveldspaat al 0,20 mol ingevoerd, dus we komen nog 0,05 mol te kort. Dat gaan we invoeren met kaolien. Één mol kaolien geeft ook één mol  $Al_2O_3$ , dus we voeren in  $0,05 * 270 = 13,5$  kaolien. Merk op dat we hiermee tevens  $2,2 * 0,05 = 0,11$  mol  $SiO_2$  invoeren, zie de samenstelling van kaolien.

Met de andere stoffen hebben we ook een hoeveelheid  $SiO_2$  ingevoerd, maar nog niet voldoende. We hadden in totaal 1,86 mol  $SiO_2$  nodig, en we hebben pas  $1,20 + 0,50 + 0,11$  mol toegevoegd. Dat betekent dat we nog wat zuivere kwarts toe moeten voegen.  $0,05 * 60$  is 3,0 kwarts.

Opmerking: stel dat we eerst de kwarts hadden toegevoegd, en daarna pas de kaolien. Dan hadden we aan kwarts toegevoegd: benodigde kwarts is  $1,86 - 1,20 - 0,50 = 0,16$  mol  $SiO_2$ . We hadden dan dus toegevoegd  $0,16 * 60 = 9,6$  kwarts. Dan hadden we dus alle benodigde  $SiO_2$  in ons recept ingevoerd, maar nog niet alle  $Al_2O_3$ . Als we dan kaolien zouden gebruiken om  $Al_2O_3$  toe te voegen, zouden we daarmee ook nog extra  $SiO_2$  invoeren, waardoor we te

veel SiO<sub>2</sub> zouden krijgen. **Het is dus van belang in welke volgorde je de toe te voegen stoffen berekent.** Probeer dit voor je gaat rekenen steeds goed in te schatten, want anders bestaat de kans dat je halverwege opnieuw moet beginnen.

We hebben nu het volgende recept. Wanneer we de hoeveelheden bij elkaar op tellen kom je op 296,4. Als eenheid mag je daarachter denken wat je wilt: grammen, kilo's, wat je wilt. Als je dus 296,4 gram glazuur wilt maken heb je 111,2 gram kaliveldspaat nodig, 141,5 gram fritte, enz. Het is echter gebruikelijk om de hoeveelheden in een recept te vermelden in procenten. Als je dat abstract vindt kun je ook zeggen: het is gebruikelijk om een recept voor 100 gram glazuur op te geven. Om dit te bereiken moet je alle hoeveelheden delen door 296,4 en dan vermenigvuldigen met 100.

Grondstof	Hoeveelheid	Percentage
Kaliveldp	111,2	37,52
Fritte 10.01	141,5	47,74
Krijt	15,0	5,06
Zinkoxide	12,2	4,11
Kaolien	13,5	4,55
Kwarts	3,0	1,01
Totaal	296,4	100

Opmerking: als je een recept berekent uit de Seger formule is het bijna altijd mogelijk om dat met verschillende grondstoffen te doen. In plaats van loodmonosilicaat fritte 10.01 had je bijvoorbeeld ook loodbisilicaat fritte 10.05 kunnen gebruiken. Deze heeft als samenstelling 1,00 PbO . 0,05 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 1,94 SiO<sub>2</sub>, en een molgewicht van 343. Uiteraard had je dan een heel ander recept gekregen.

### Het berekenen van de Seger formule uit een recept

In de praktijk komt het vaak voor dat je een recept hebt, waarin grondstoffen worden genoemd die niet beschikbaar zijn. Je wilt die grondstof dan vervangen door een andere grondstof die wel beschikbaar is. Je moet dan twee dingen doen: eerst bereken je uit het gegeven recept de Seger formule, en vervolgens uit de Seger formule een nieuw recept met grondstoffen die wel beschikbaar zijn.

Voorbeeld: in het boek 'Zelf pottenbakken' van Bakker en van Veen wordt het volgende recept gegeven:

Eenvoudig transparant loodglazuur voor SK 04a (1020 °C)

Menie	49,5
Kaliveldspaat	30,5
Kwarts	13,1
Krijt	6,8

De samenstelling van menie is  $Pb_3O_4$ , het molgewicht is 682. 1 mol  $Pb_3O_4$  geeft 3 mol PbO in het recept. De eigenschappen van de andere grondstoffen kun je bij het vorige voorbeeld terugvinden. Menie is een gevaarlijke stof die niet meer gebruikt en verkocht mag worden, dus die willen we vervangen door fritte 10.01, loodmonosilicaat.

- 49,5 gram menie geeft  $49,5 / 682 = 0,0726$  mol  $Pb_3O_4$ , wat weer  $3 * 0,0726 = 0,218$  mol PbO
- 30,5 gram kaliveldspaat geeft  $30,5 / 556 = 0,0549$  mol kaliveldspaat. Dat geeft 0,0549  $K_2O$ , 0,0549  $Al_2O_3$  en  $0,0549 * 6 = 0,329$   $SiO_2$
- 13,1 gram kwarts geeft  $13,1 / 60 = 0,218$  mol  $SiO_2$
- 6,8 gram krijt geeft  $6,8 / 100 = 0,068$  mol  $CaCO_3$

We gaan dit in het gebruikelijke tabelletje zetten:

0,218 PbO	0,0549 $Al_2O_3$	0,547 $SiO_2$ (0,329 + 0,218)
0,0549 $K_2O$		
0,068 $CaCO_3$		
Totaal: 0,3409		

Vervolgens moeten we zorgen dat de linker kolom in opgeteld 1 wordt. Het totaal van de linker kolom is nu 0,3409. Om te bereiken dat het totaal 1 wordt moeten we alle getallen in de Seger formule dus door dat getal delen. De formule ziet er dan als volgt uit:

0,64 PbO	0,16 $Al_2O_3$	1,60 $SiO_2$
0,16 $K_2O$		
0,20 $CaCO_3$		

Nu gaan we uit de verkregen Seger formule een nieuw recept berekenen, zonder menie maar met loodmonosilicaat fritte 10.01.

We maken weer een tabelletje zoals we dat eerder ook hebben gedaan voor het berekenen van een recept.

Oxide	Grondstof	Berekening	$K_2O$	PbO	CaO	$Al_2O_3$	$SiO_2$
PbO	Fritte 10.01	$0,64 * 283 = 181,12$		0,64			0,64
$K_2O$	Kaliveldp	$0,16 * 556 = 88,96$	0,16			0,16	0,96
$SiO_2$	Kwarts	1,6 – 0,64 – 0,96 nog toe te voegen: 0					
CaO	Krijt	$0,20 * 100 = 20$			0,20		
		Totaal (ter controle)	0,16	0,64	0,20	0,16	1,60

Wat opvalt is dat we niet alleen de menie door fritte hebben vervangen, maar omdat in de fritte ook  $SiO_2$  zit, hoeven we geen kwarts meer toe te voegen.

We gaan het verkregen recept nu weer even in een tabelletje zetten



Grondstof	Hoeveelheid	Percentages
Kaliveldp	88,96	30,68
Fritte 10.01	181,12	62,46
Krijt	20	6,90
Totaal	290	100,04

We zien dat het totaal van de hoeveelheden 290 is. Om dit om te rekenen naar procenten moeten we alles delen door 290 en dan vermenigvuldigen met 100. Om rekenfouten te achterhalen is het goed om steeds te controleren of het totaal van de percentages inderdaad 100 is, als dat niet het geval is heb je iets fout gedaan. Wanneer het verschil zoals in dit geval erg klein is, is dat terug te leiden op afrondingsverschillen die je kunt verwaarlozen.

Opmerking: Dit recept is qua Seger formule identiek aan het oorspronkelijke recept met menie. Toch is het na zo'n omreken operatie altijd zinvol om eerst weer glazuurproeven te doen, om te zien of het glazuur inderdaad aan de verwachtingen voldoet. Op de eerste plaats kun je fouten hebben gemaakt met het omrekenen.

Maar ook is het zo dat een glazuur door het samenstellen uit andere grondstoffen, zonder dat de Seger formule verandert, toch een wezenlijk ander glazuur kan worden. Zo bevatte de menie die vroeger werd gebruikt altijd verontreinigingen met andere oxides. Die verontreinigingen bevat de fritte niet of nauwelijks. Ook veldspaat is een natuurlijke stof die qua samenstelling altijd een beetje afwijkt van hetgeen in het boekje staat, er zitten altijd andere stoffen bij die je in de Seger formule dus niet terugvindt.

## 6 Benodigde uitrusting

Voor het glazuren heb je het een en ander aan uitrusting nodig. Daarbij maakt het wel uit wat je precies wilt gaan doen.

### Weegschaal

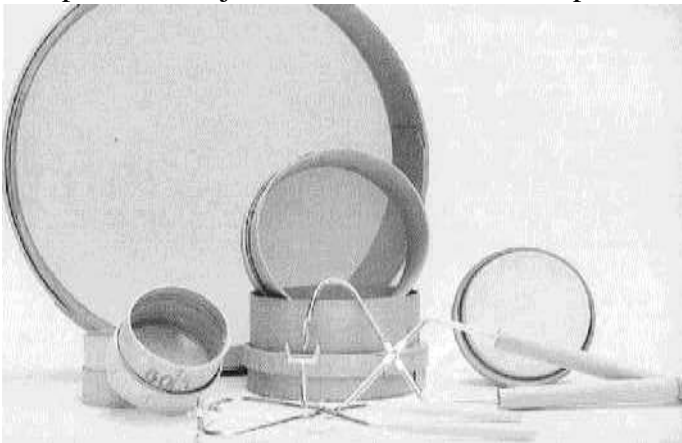
Je hebt in ieder geval een huishoudweegschaal nodig die nauwkeurig is tot op één of twee gram. Deze gebruik je voor het afwegen van de grondstoffen.

Daarnaast kan het handig zijn om een balans te hebben die tot op 0,05 of 0,01 gram nauwkeurig meet. Zo'n balans heb je zeker nodig voor het doen van proeven. Je werkt dan vaak met hele kleine hoeveelheden glazuur. Stel dat je 50 gram glazuur maakt voor een proef, waar je 0,1 % kobaltoxide aan toe wilt voegen. Dat is 0,05 gram.

Wanneer je geen balans hebt, en je moet een kleine hoeveelheid van een bepaalde grondstof afwegen, dan kun je een trucje toepassen: weeg bijvoorbeeld 10 of twintig afgestreken theelepels van de grondstof op je huishoudweegschaal, en je weet hoeveel één theelepel weegt. Houd er wel rekening mee dat je dit voor elke grondstof apart moet bepalen, een theelepel loodmonosilicaat fritte is bijvoorbeeld heel wat zwaarder dan een theelepel kaolien.

### Zeven

Nadat je het glazuur hebt aangemaakt, moet je het zeven. Zeker wanneer je het glazuur wilt spuiten moet je het zeven, anders zit de spuit in no time verstopt. Maar ook om een homogeen



Samengesteld glazuur te krijgen moet het gezeefd worden. Wanneer je kobalt bijvoorbeeld niet zeefd, dan krijg je blauwe spikkels in het glazuur. Volgens sommige boeken heb je een heel arsenaal aan zeven nodig. Ik gebruik twee zeven nummer 80. Het nummer is een aanduiding voor de fijnheid. Glazuren die door zeef 80 zijn gegaan kun je zonder problemen spuiten. Voor 'productie' heb ik een grote zeef, en voor de proefjes een klein zeefje van 10 cm diameter.

**Figuur 1** Zeven en glazuurtangen

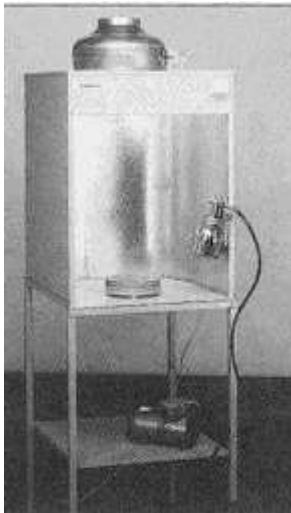
### Glazuurtang

Wanneer je objecten wilt dompelen, is het handig om een glazuurtang te hebben. Deze tangen hebben spitse punten, zodat het oppervlak waar tijdens het dompelen geen glazuur kan komen heel klein is.

### Maatbekers

Voor het afmeten van het toe te voegen water. Handig is een litermaat en een kleinere maatbeker.

## Spuituitrusting



**Figuur 2**Spuitcabine

Wanneer je glazuur wilt spuiten heb je een spuituitrusting nodig. Deze omvat een spuitcabine met goede afzuiging, een compressor, een spuitpistool, een draaitafeltje en last but not least, een stofmasker. Dit is alles bij elkaar een forse aanschaf. Als spuitpistool kun je gewoon een goedkoop exemplaar bij een bouwmarkt kopen. Het heeft voor glazuurspuiten geen zin om een duur pistool met allerlei instelmogelijkheden aan te schaffen.

Als compressor moet je een olievrij exemplaar nemen, met een capaciteit van ongeveer 200 liter (aangezogen) per minuut. Het plezierigste werkt een exemplaar met een drukvat.

Een spuitcabine kun je vrij eenvoudig zelf maken. Ik heb een cabine gebouwd van watervast multiplex en een afzuigventilator gekocht bij de bouwmarkt. Let wel op dat je een ventilator neemt met voldoende capaciteit. De semi-professionele spuitcabines hebben een afzuiging van  $700 \text{ m}^3/\text{uur}$ .

Ook al werk je in een spuitcabine, toch doe je er goed aan om tijdens het glazuurspuiten een stofmasker te dragen. Je hebt een masker nodig dat bedoeld is voor 'schadelijk fijn stof'. Een masker met uitademventiel is iets duurder, maar veel prettiger dan een masker zonder zo'n ventiel.

# 7 Bereiden en aanbrengen

## Bereiden

Het bereiden van glazuren is vrij eenvoudig. Wel is het belangrijk dat je nauwkeurig en systematisch werkt. Ook dien je er bij het bereiden van glazuren voor te zorgen dat je geen stof maakt. Zekerheidshalve kun je een stofmasker op zetten.

Je weegt de verschillende grondstoffen af, voegt ze samen, en vervolgens voeg je er water aan toe. De hoeveelheid water hangt een beetje van de samenstelling van het glazuur af. Het glazuur moet ongeveer ‘melkdik’ zijn. Je kunt uitgaan van ongeveer 0,6 tot 0,8 liter per kilo glazuurgrondstoffen.

Na het toevoegen van het water moet je het mengsel één of twee keer zeven door een zeef met een mesh van 80. Het zeven is nodig om een goede menging en verdeling van de verschillende grondstoffen te krijgen. Als je het glazuur gaat spuiten is het ook nodig om te zorgen dat de spuit niet verstopt raakt.

## Aanbrengen

Voor dat je het glazuur gaat aanbrengen moet je altijd zorgen dat de biscuit gebakken potten schoon zijn, met name stof en vetvrij. Als dat niet het geval is kan het glazuur gaan optrekken. Bij aardewerk is het gebruikelijk om de hele pot, dus ook de onderkant, te glazuren. Bij steengoed laat men de onderkant, of in ieder geval de standring die tijdens het bakken op de ovenplaat komt te staan, vrij van glazuur. Dit is belangrijk, want anders bakt de pot vast aan de ovenplaat, en krijg je hem er niet meer uit zonder de pot en de ovenplaat te beschadigen.

### Aanbrengen met een kwast

Dit is de eenvoudigste methode om glazuur op een pot aan te brengen. Je kunt hier in principe een gewone verfkwast voor gebruiken, als hij het glazuur maar goed opneemt. Waarschijnlijk moet je meerdere lagen glazuur aanbrengen, om uiteindelijk een voldoende dikke laag glazuur te krijgen. Breng pas een nieuwe laag aan als de vorige laag voldoende is opgedroogd, anders blijft de eerste laag niet zitten. Tijdens het aanbrengen van het glazuur moet je regelmatig in de pot met glazuur roeren om te zorgen dat de zwaardere deeltjes niet naar de bodem zakken, en het glazuur homogeen van samenstelling blijft. Bij het aanbrengen van de glazuurlagen kun je het beste afwisselend horizontaal en verticaal strijken, dan wordt het uiteindelijke resultaat het meest gelijkmatig.

Wanneer je het glazuur met de kwast aanbrengt heb je natuurlijk ook de mogelijkheid om verschillende kleuren glazuur naast elkaar op dezelfde pot te gebruiken.

Een voordeel van glazuur aanbrengen met de kwast aanbrengen is dat je maar heel weinig glazuur nodig hebt.

## Dompelen

Ook dompelen is een heel eenvoudige manier om glazuur aan te brengen. Een nadeel van dompelen is dat je, zeker bij wat grotere potten, veel glazuur nodig hebt. Bij dompelen doe je het glazuur in een emmer of bak. Vervolgens dompel je de pot er in onder. Wanneer je bijvoorbeeld een flesvorm dompelt, dan moet je eerst de fles vol glazuur schudden, en dan direct weer leeg schenken om de binnenkant te glazuren. Vervolgens kun je de fles, met de opening naar beneden, onderdompelen. Schalen, kopjes, e.d. kun je het beste in één keer helemaal onderdompelen. Als je ze dan weer uit het glazuur haalt moet je met een draaiende beweging het glazuur er vanaf en er uit laten lopen. De te dompelen objecten kun je het beste vasthouden met een glazuurtang.

## **Overgieten**

Wanneer je grotere objecten hebt, dan kun je die ook overgieten. Pak een grote bak, bijvoorbeeld een plastic afwasbak, en leg daar twee dunne latjes overheen. Zet de pot op de latjes. Vervolgens kun je met een schenkbeker het glazuur over het object gieten. Het vereist oefening om op deze manier een mooie egale laag glazuur aan te brengen.

## **Sputen**

Voor het spuiten van glazuur heb je een spuituitrusting nodig, zie onder ‘benodigde uitrusting’. Het te spuiten object moet je op een draaitafeltje in de spuitcabine zetten. Vervolgens spuit je het glazuur op het object, terwijl je het draaitafeltje langzaam laat draaien en het spuitpistool verticaal op en neer beweegt. Wanneer het tafeltje één keer rond is gedraaid, dan moet het gedeelte van het object dat al gespoten is zover opgedroogd zijn dat het er niet meer nat / glimmend uit ziet. Anders moet je even wachten tot het weer droog is. Ga op deze manier net zolang door totdat je op het hele object een voldoende dikke laag glazuur hebt. Eventueel kun je op een paar plaatsen even met de nagel van je duim in het glazuur drukken om te kijken hoe dik de laag glazuur is. Die moet, afhankelijk van het soort glazuur, ongeveer twee à drie millimeter dik zijn. Na een paar keer proberen krijg je hier wel gevoel voor.

Uiteraard moet je het glazuur voor het spuiten eerst zeven, door een 80 mesh zeef of fijner. Anders raakt de spuit verstopt.

Het voordeel van spuiten is dat je weinig glazuur nodig hebt. Met bijvoorbeeld 0,1 liter glazuur kun je al een proefobject bespuiten. Het nadeel is dat een behoorlijk deel van het glazuur naast je object terecht komt. Eventueel kun je dat glazuur wel weer hergebruiken.

# 8 Soorten glazuren

## 8.1 Indelingsvormen

Glazuren kunnen naar verschillende criteria in groepen verdeeld worden, bijvoorbeeld de belangrijkste grondstof, het belangrijkste smeltmiddel, de kleur, temperatuur, of het product waar het voor bedoeld is.

De belangrijkste indeling is die naar stooktemperatuur. Zo onderscheiden we glazuren voor aardewerk, steengoed en porselein.

Een andere belangrijke indeling is die naar het belangrijkste smeltmiddel. Aan de hand daarvan onderscheiden we lood glazuren, lood / boor glazuren, alkalische glazuren, alkali / boor glazuren. Ze kunnen ook worden ingedeeld in lood glazuren, loodhoudende glazuren en loodvrije glazuren. Deze smeltmiddelen beïnvloeden het karakter, de gebruikseigenschappen en de kleur van het glazuur vaak sterk.

Nog weer een andere indeling is gebaseerd op de belangrijkste grondstoffen waarvan het glazuur is gemaakt. Zo kennen we kleiglazuren, veldspaatglazuren, asglazuren en kalk of dolomietglazuren.

Ook een mogelijke indeling is naar kleur. Een aantal glazuren naar deze indeling: Seladonglazuren, temmokuglazuren, kobaltblauwe glazuren, napels gele glazuren. Bepaalde kleuren zijn vaak alleen bij bepaalde stooktemperaturen en met een bepaalde ovenatmosfeer (oxiderend of reducerend) te realiseren.

En zo zijn er nog meer indelingen te noemen.

## 8.2 Naar temperatuur en samenstelling

Hieronder vind je voor een aantal glazuren de ‘grensformules’. Dit zijn indicaties van de van de minimum en maximumwaarden van de verschillende elementen in de Seger formule voor die glazuursoorten.

### 8.2.1 Alkali – boor glazuren 1000 – 1180 °C

Door  $B_2O_3$  als smeltmiddel te gebruiken kun je zowel mechanisch als chemisch bestendige loodvrije glazuren maken. Om de chemische bestendigheid te verhogen moet je ook  $CaO$ ,  $MgO$  en relatief veel  $Al_2O_3$  gebruiken. Ook het  $SiO_2$  gehalte kan, door het gebruik van  $B_2O_3$ , relatief hoog zijn. Deze glazuren hebben een glad, glanzend oppervlak.

0,00 – 0,70 $Na_2O$	0,15 – 0,60 $Al_2O_3$	1,50 – 4,50 $SiO_2$
0,00 – 0,60 $K_2O$	0,30 – 1,60 $B_2O_3$	

0,00 – 0,30 Li <sub>2</sub> O		
0,10 – 0,50 CaO		
0,00 – 0,10 MgO		
0,00 – 0,10 ZnO		
0,00 – 0,10 BaO		

### 8.2.2 Loodhoudende glazuren voor majolica 1000 – 1100 °C

Deze glazuren zijn niet geschikt voor vaatwerk, omdat ze mogelijk lood kunnen afgeven wanneer ze bijvoorbeeld met thee of zure stoffen in aanraking komen. Door het toevoegen van CaO wordt de verbinding met de scherf beter.

Aan deze glazuren moet 3 tot 10 % tinoxide worden toegevoegd om ze dekkend te maken, afhankelijk van de gebruikte grondstoffen en de kleur van de scherf.

0,10 – 0,50 Na <sub>2</sub> O	0,05 – 0,20 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,00 – 3,50 SiO <sub>2</sub>
0,10 – 0,50 K <sub>2</sub> O		
0,00 – 0,20 CaO		
0,00 – 0,10 BaO		
0,50 – 0,90 PbO		

### 8.2.3 Loodvrije steengoed glazuren 1200 – 1280 °C

Deze glazuren worden voornamelijk gemaakt met verschillende veldspaten als grondstof. Om te zorgen dat ze glad worden, en niet craqueleren (haarscheuren geven) kan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> worden toegevoegd, waardoor ook het SiO<sub>2</sub> gehalte weer kan worden verhoogd. CaO en MgO zorgen er voor dat de glazuren hard en krasvast worden. Deze glazuren kunnen uit eenvoudige grondstoffen worden samengesteld; naast veldspaat voornamelijk kaolien, kalk en kwarts. Om te zorgen dat ze glad uitsmelten kan het nodig zijn om de eindtemperatuur één of twee uur aan te houden (het zogenaamde pendelen).

0,05 – 0,30 K <sub>2</sub> O	0,60 – 1,20 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,50 – 4,50 SiO <sub>2</sub>
0,05 – 0,30 Na <sub>2</sub> O	0,00 – 0,30 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0,00 – 0,10 Li <sub>2</sub> O		
0,00 – 0,70 CaO		
0,00 – 0,30 MgO		
0,00 – 0,70 BaO		
0,00 – 0,25 ZnO		

# 9 Iets over het bakken

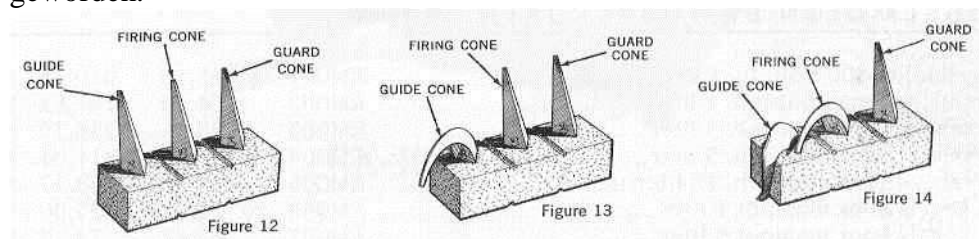
## 9.1 Algemeen

In dit boek gaan we er vanuit dat je je spullen twee keer bakt. De eerste keer heet biscuit bakken, en de tweede keer heet glazuur bakken. Tijdens het stoken van de oven komen er schadelijke dampen vrij, daarom moet je tijdens het bakken altijd zorgen voor een goede ventilatie.

Voordat je gaat bakken moeten de voorwerpen door en door droog zijn, dit geldt zowel voor biscuit bakken als voor glazuur bakken.

Het meten van de temperatuur doe je met een 'pyrometer'. Dat is een elektrische meter, met een 'thermokoppel' die door een gaatje in de ovenwand wordt gestoken.

Omdat zo'n pyrometer niet zo nauwkeurig is, zijn er veel pottenbakkers die tevens een drietal Segerkegels voor het kijkgat in de oven zetten. Deze Segerkegels buigen bij een bepaalde temperatuur om. De kegels zijn genummerd. Het nummer is een indicatie voor de temperatuur waarbij ze omvallen (zie bijlage 'Segerkegels' voor de gehanteerde nummers en bijbehorende temperaturen). De eerste kegel is 20 °C lager dan de gewenste stooktemperatuur. Als deze 'omvalt', dan weet je dat de eindtemperatuur bijna is bereikt. De tweede kegel is de eindtemperatuur. Als deze omvalt moet je de temperatuur niet meer verder verhogen. De derde kegel is 20 °C hoger dan de eindtemperatuur. Als deze omvalt is de oven te heet geworden.



Het gebruik van Segerkegels heeft nog een voordeel t.o.v. de pyrometer. De pyrometer geeft de temperatuur op een bepaald moment weer. De temperatuur waarbij een glazuur 'gaar' is hangt echter niet alleen van de temperatuur af, maar ook van de snelheid waarmee die temperatuur is bereikt. Wanneer je bijvoorbeeld opstookt met 200 °C per uur, dan is het glazuur bij een hogere temperatuur gaar dan wanneer je opstookt met 50 °C per uur. Voor het omvallen van de Segerkegels geldt hetzelfde. De Segerkegel geeft dus eerder een indicatie voor het gaar zijn van het glazuur dan voor de temperatuur.

Segerkegels gebruik je over het algemeen alleen bij het glazuurbakken. Het biscuitbakken luistert niet zo nauw.

Een kegel die je al een keer hebt gebruikt, en die niet is omgevallen, kun je niet nog een keer gebruiken.



## 9.2 Biscuit bakken

Tijdens het biscuit bakken kun je de spullen in de oven in en op elkaar zetten. Wel moet je er rekening mee houden dat alles krimpt tijdens het bakken. Daarom moet je geen dingen klem in elkaar zetten.

Bij het biscuit bakken moet je, zeker tot 600 °C langzaam opstoken, met zo'n 100 a 150 °C per uur. Biscuit bakken doe je op ongeveer 950 tot 1000 °C. Tijdens het opstoken moet je tot 600 °C de dampgaten van de oven open laten. Dit is om er voor te zorgen dat de vrijkomende waterdamp kan ontsnappen.

Het is niet nodig om de eindtemperatuur aan te houden. Zodra de eindtemperatuur is bereikt kan de oven uit. Zodra de temperatuur onder de 100 °C is gezakt kun je de oven open maken.

## 9.3 Glazuur bakken

De temperatuur die je bij het glazuurbakken hanteert hangt af van het soort keramiek wat je maakt. We onderscheiden:

- aardewerk, keramiek met een poreuze scherf, stooktemperatuur 800 – 1150 °C
- steengoed, keramiek met een niet-poreuze scherf, stooktemperatuur 1150 – 1300 °C
- porselein, keramiek met een niet-poreuze, enigszins doorschijnende scherf, stooktemperatuur 1300 – 1500 °C

Bij glazuur bakken is het vullen van de oven een nauwkeurig werkje. De potten mogen elkaar en de wanden van de oven niet raken. Anders bakt alles aan elkaar vast.

Bij aardewerk is het gebruikelijk om de potten op triangelletjes te zetten. Deze triangelletjes zijn keramische of metalen driepootjes met spitse punten. Deze zorgen er voor dat de pot niet vastbakt aan de ovenplaat. Indien het triangelletje na het stoken vast zit aan de pot, kun je het er meestal wel voorzichtig vanaf tikken. Eventuele scherpe punten aan de bodem van de pot, ontstaan door het triangelletje, kun je er voorzichtig vanaf slijpen.

Bij steengoedtemperaturen kun je geen triangelletjes gebruiken. Daarom moet bij steengoed de bodem van de pot, of in ieder geval de standring, vrij van glazuur blijven. Dat kan ook, want steengoed is in tegenstelling tot aardewerk, niet poreus.

Bij glazuurbakken maak je onderscheid tussen een oxiderende ovenatmosfeer en een reducerende atmosfeer. Een oxiderende atmosfeer wil zeggen dat er zuurstof in de ovenatmosfeer aanwezig is. Een reducerende atmosfeer wil zeggen dat er weinig of geen zuurstof in de ovenatmosfeer aanwezig is. Zie voor de invloed van het reduceren ook onder 'kleurende grondstoffen'. In een elektrische oven kun je alleen maar oxiderend stoken. Je kunt theoretisch wel reduceren door brandbare materialen in de oven te gooien, maar dat is erg slecht voor de oven. In de praktijk komt het er op neer dat je voor reducerend stoken een gas- of houtoven nodig hebt.

# 10 Fouten, problemen, en oplossingen

## Onjuist smelttraject

Als het smelttraject te hoog ligt, dan kun je dit verlagen door:

- Verminderen van het  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gehalte
- Verhoging van het  $\text{B}_2\text{O}_3$  gehalte
- Vermindering van het  $\text{SiO}_2$  gehalte (maar zorg dat dit bij voorkeur niet onder 1,5 in de Seger formule komt)
- Wijziging van de verhoudingen van de RO componenten, zodat er meer sterke smeltmiddelen in het glazuur komen. De smeltmiddelen in de RO groep in volgorde van afnemende werking:  $\text{PbO}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MgO}$

Als het smelttraject te laag ligt dan geldt uiteraard precies het tegenovergestelde.

## Haarscheuren of afspringen

Beide problemen hebben te maken met spanning tussen de scherf en het glazuur. Bij het afkoelen krimpen zowel de scherf als het glazuur. Als de scherf harder krimpt dan het glazuur, dan wordt het glazuur als het ware 'te groot' en kan het glazuur van de scherf afspringen. Als het glazuur echter harder krimpt dan de scherf, dan wordt het glazuur 'te klein', en ontstaan er barstjes. Soms ontstaan de haarscheurtjes pas na enige tijd. Dit komt omdat de scherf (met name bij aardewerk) poreus is en vocht opneemt. Daardoor ontstaan kleine volumeveranderingen van de scherf.

Haarscheuren kun je bestrijden door of het glazuur aan te passen aan de klei (of andersom natuurlijk). Dit kun je doen door meer kwarts aan de klei of aan het glazuur toe te voegen! De vrije kristallijne kwarts in de scherf heeft namelijk een hoge uitzettingscoëfficiënt, en de gebonden kwarts in het glazuur een lage. Dit betekent dat toevoegen van kwarts bij haarscheur altijd de spanning tussen glazuur en scherf vermindert. Als je last hebt van afspringend glazuur moet je het tegenovergestelde doen: minder kwarts in scherf en / of glazuur. Als je meer kwarts in je glazuur opneemt dan zal het smelttraject hoger komen te liggen. Dit kun je corrigeren door tevens meer  $\text{B}_2\text{O}_3$  toe te voegen.

Haarscheur kan daarnaast ook veroorzaakt worden door een te geringe elasticiteit van het glazuur. Dit kun je verhogen door (meer)  $\text{CaO}$  aan het glazuur toe te voegen. Ook is het zo dat een dunne glazuurlaag elastischer is dan een dikke.

Ook kan haarscheur tegen worden gegaan door het biscuit op een wat hogere temperatuur te bakken. Hierdoor wordt de scherf minder poreus.

In craquelé glazuren wordt het ontstaan van haarscheuren juist gewenst. Het ontstaan van haarscheuren kun je bevorderen door veel  $\text{Na}_2\text{O}$  aan het glazuur toe te voegen.  $\text{Na}_2\text{O}$  heeft van alle glazuurgrondstoffen de hoogste uitzettingscoëfficiënt.

## **Aflopen**

Oorzaken hiervoor kunnen zijn:

- Het smelttraject van het glazuur ligt te laag
- Oven te hoog gestookt
- Glazuur te dik aangebracht

## **Speldenprikken**

Tijdens het opstoken ontstaan er in de scherf en het glazuur allerlei dampen en gassen, die uit het glazuur moeten trekken. Dit veroorzaakt gaatjes of poriën in de glazuurlaag. Door op een voldoende hoge temperatuur te stoken, of de eindtemperatuur wat langer aan te houden trekken deze gaatjes weer dicht. Objecten met speldenprikken kun je gewoon nog een keer bakken.

## **Blaasjes**

Dit komt door het ‘koken’ van het glazuur. Blaasjes kun je voorkomen door het glazuur niet te dik aan te brengen, en niet te snel op te stoken.

## **Optrekken**

Optrekken van een glazuur kan veroorzaakt worden door een hoog gehalte aan ZnO of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Verhoging van het gehalte B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kan optrekken tegengaan.

Vaak wordt optrekken echter niet veroorzaakt door de samenstelling van het glazuur, maar door andere problemen. Het kan zijn dat het glazuur te dik was aangemaakt (onvoldoende water toegevoegd), dat er vette plekken op het biscuit waren (bijvoorbeeld van vette vingers), of dat het biscuit stoffig was.

## **Mat en ruw**

Dit betekent dat de oven niet heet genoeg is geweest, of dat het smelttraject van het glazuur te hoog ligt (zie ‘onjuist smelttraject’).

## **Wel gesmolten maar ruw**

Als het glazuur duidelijk wel gesmolten is, maar op plaatsen toch ruw aanvoelt, dan is het waarschijnlijk te dun aangebracht.

## **Gebroken voorwerpen**

Als het glazuur bij de breukrand is afgerond, dan is de breuk waarschijnlijk ontstaan bij het opstoken. De oorzaak is dan te snel opstoken.

Indien het glazuur op de breukrand scherp is, dan is de breuk waarschijnlijk ontstaan bij het (te snel) afkoelen. Maak de oven niet te snel open (pas nadat de temperatuur tot onder de 100 °C is gedaald).

Grote voorwerpen breken eerder dan kleine voorwerpen. Daarom moet je bij grote voorwerpen wat meer de tijd nemen voor het opstoken, en de oven niet te snel openen.

# 11 Recepten

## 11.1 Aardewerk glazuren

Opmerking: het gebruik van loodhoudende glazuren voor serviesgoed raad ik af.

Eenvoudig glazuur op loodbasis, transparant, 1040 °C

62,5 Fritte 10.01 (loodmonosilicaat fritte)  
30,5 kaliveldspaat  
7 krijt

Loodvrij, alkalisch, 1000 – 1040 °C

55 kwarts  
28 lithiumcarbonaat  
15 kaolien  
2 bentoniet

Loodvrij, alkalisch, 1000 – 1040 °C

39 colemaniet  
34 nepheline seyeniet  
17 bariumsulfaat  
10 kwarts

Eenvoudig glazuur, loodhoudend, 940 – 960 °C

89 loodmonosilicaat fritte  
11 kwarts

Dekkend wit, loodhoudend, geschikt voor majolica decoraties, 1040 – 1060 °C

73 loodmonosilicaat fritte  
10 kwarts  
7 kaolien  
10 tinoxide

## 11.2 Steengoed glazuren

Helder transparant glazuur, 1250 °C

42 kaliveldspaat  
20 ball clay  
15 krijt  
23 kwarts

Mat, wit, 1250 °C

40 kaliveldspaat  
15 kaolien  
20 ball clay  
14 krijt

Mat, wit, 1250 °C

62 kaliveldspaat  
20 dolomiet  
18 kaolien

Zwart/bruin, satijn glans, 1250 °C

56 Cornish stone  
14 krijt  
6 kaolien  
4 ball clay  
20 kwarts  
9 ijzeroxide

Groen, gespikkeld, 1250 °C

53 kaliveldspaat  
21 bariumcarbonaat  
10 kaolien  
6 kwarts  
10 krijt  
1,5 kopercarbonaat

Opmerkingen:

- Gebruik in plaats van Bariumcarbonaat liever een barium fritte.
- Het gebruik van bariumhoudende glazuren voor serviesgoed raad ik af (ook bij het gebruik van een bariumfritte).

# 12 Bijlagen

## 12.1 Fritten

Calciumboraat fritte 32.21, MG 125,36		
44,6 CaO	55,4 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	

Loodmonosilicaat fritte 10.01, MG 284		
1,00 PbO		1,03 SiO <sub>2</sub>

Loodbisilicaat fritte 10.05, MG 343		
1,00 PbO	0,05 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,94 SiO <sub>2</sub>

Alkaliboorsilicaat fritte 14.51, MG 373		
1,00 Na <sub>2</sub> O	2,00 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,83 SiO <sub>2</sub>

Alkali fritte 15,10, MG 200		
0,10 CaO 0,06 K <sub>2</sub> O 0,62 Na <sub>2</sub> O 0,22 ZnO	0,06 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,10 SiO <sub>2</sub>

Zink fritte 32.22, MG 186,45		
0,15 Na <sub>2</sub> O 0,10 CaO 0,10 K <sub>2</sub> O 0,68 ZnO	0,31 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,45 SiO <sub>2</sub>

Barium zink fritte, MG 194		
Deze fritte dient ter vervanging van het gevaarlijke bariumcarbonaat		
0,50 BaO 0,50 ZnO	0,11 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,44 SiO <sub>2</sub>

Aardalkaliboor fritte, MG 246		
0,45 Na <sub>2</sub> O 0,45 K <sub>2</sub> O 0,1 CaO	0,2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,6 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,8 SiO <sub>2</sub>

Natrium loodboor fritte 15.11, MG 288		
0,5 Na <sub>2</sub> O 0,5 PbO	1 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,5 SiO <sub>2</sub>

Natrium silicaat fritte 31.10, MG 259		
0,64 Na <sub>2</sub> O 0,06 K <sub>2</sub> O 0,29 CaO	0,09 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,09 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,03 SiO <sub>2</sub>



## 12.2 Belangrijke elementen

In onderstaande tabel zie je de voor glazuren belangrijke elementen. Bij sommige staat de Latijnse naam er bij, dat maakt het misschien iets gemakkelijker om de daarvan afgeleide afkortingen te onthouden.

<b>Symbol</b>	<b>Naam</b>	<b>Atoomgew</b>	<b>Latijnse naam</b>
H	Waterstof	1	Hydrogenium
Li	Lithium	7	
B	Boor	11	
C	Koolstof	12	Carbonium
N	Stikstof	14	Nitrogenium
O	Zuurstof	16	Oxygenium
F	Fluor	19	
Na	Natrium	23	
Mg	Magnesium	24	
Al	Aluminium	27	
Si	Silicium	28	
P	Fosfor	31	Phosphorus
S	Zwavel	32	Sulfur
Cl	Chloor	35	
K	Kalium	39	
Ca	Calcium	40	
Ti	Titaan	48	
V	Vanadium	51	
Cr	Chroom	52	
Mn	Mangaan	55	
Fe	Ijzer	56	Ferrum
Co	Kobalt	59	
Ni	Nikkel	59	
Cu	Koper	64	Cuprum
Zn	Zink	65	
As	Arsenicum	75	
Sr	Strontium	88	
Zr	Zirkoon	91	
Mo	Molybdeen	96	
Ag	Zilver	108	
Cd	Cadmium	112	
Sn	Tin	119	Stannum
Sb	Antimoon	122	Stibium
Ba	Barium	137	
Au	Goud	197	
Hg	Kwik	201	
Pb	Lood	207	Plumbum

## 12.3 Segerkegels

Kegel	°C	150 °C per uur	Kegel	°C	150 °C per uur
022	600	595	02a	1060	1085
021	650	640	01a	1080	1105
020	670	660	1a	1100	1125
019	690	685	2a	1120	1150
018	710	705	3a	1140	1170
017	730	730	4a	1160	1195
016	750	755	5a	1180	1215
015a	790	780	6a	1200	1240
014a	815	805	7	1230	1260
013a	835	835	8	1250	1280
012a	855	860	9	1280	1300
011a	880	900	10	1300	1320
010a	900	620	11	1320	1360
09a	920	935	12	1350	1360
08a	940	955	13	1380	1380
07a	960	970	14	1410	1400
06a	980	990	15	1435	1425
05a	1000	1000	16	1460	1445
04a	1020	1025	17	1480	1480
03a	1040	1055	18	1500	1500

Toelichting: onder °C staat de ‘normaal temperatuur’ waarbij de kegel uiteindelijk valt. In de andere kolom staat de temperatuur waarbij de kegel valt bij een temperatuurstijging van 150 °C per uur. Deze temperatuur is voor de meeste kegels aanzienlijk hoger dan de normaaltemperatuur.

NB: voor sommige kegels, b.v. 022 en 021 is de valtemperatuur bij een stijging van 150 °C per uur juist lager.

## 12.4 Basis grondstoffen

MG = molgewicht

Opl = oplosbaarheid in water

Formule = De samenstelling van de grondstof

Geeft = De oxides die de grondstof uiteindelijk in het glazuur inbrengt, uitgaand van oxiderend stoken

\* = in geringe mate oplosbaar in water

Naam	MG	Opl	Formule	Geeft	Opmerkingen
Aluminiumhydraat	78	N	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$0,5 \text{ Al}_2\text{O}_3$	
Aluminiumoxide (korund)	102	N	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	
Antimoonpentoxide	324	N	$\text{Sb}_2\text{O}_5$	$\text{Sb}_2\text{O}_5$	
Antimoontrioxide	292	N	$\text{Sb}_2\text{O}_3$	$\text{Sb}_2\text{O}_5$	
Ball clay	259	N	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	
Bariumcarbonaat	197	N	$\text{BaCO}_3$	$\text{BaO}$	
Bariumsulfaat	233	N	$\text{BaSO}_4$	$\text{BaO} \cdot \text{SO}_3$	
Beendermeel (calciumfosfaat)	310	N	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$	
Borax	382	J	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$	
Borocalciet	303	N	$\text{CaO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$	
Calciumboraat – 2 hydraat	162	N	$\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$	
Calciumboraat – 6 hydraat	234	N	$\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$	
Calciumcarbonaat (krijt / kalk / marmer / whiting)	100	N	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaO}$	
Chroomoxide	152	N	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	
Kobaltcarbonaat	119	N	$\text{CoCO}_3$	$\text{CoO}$	
Kobaltoxide	241	N	$\text{Co}_3\text{O}_4$	$3\text{CoO}$	

Naam	MG	Opl	Formule	Geeft	Opmerkingen
Colemaniet	322	N	$2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3$	$2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3$	
Dolomiet	184	N	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	$\text{CaO} \cdot \text{MgO}$	
Ilmeniet (ijzer titanaat)	152	N	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$	Wordt gebruikt om op het vochtige glazuur kristallen te 'zaaien'. De grove maling kan worden gebruikt om bruine spikkels in glazuren te verkrijgen.
Kaliveldspaat	558	N	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	
Kaliumcarbonaat	138	J	$\text{K}_2\text{CO}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	
Kalkveldspaat (anorthosit)	278	N	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	
Kaolien (China clay)	259	N	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	
Kobaltoxide	241	N	$\text{Co}_3\text{O}_4$	3 CoO	
Koperoxide	80	N	$\text{CuO}$	$\text{CuO}$	
Kopercarbonaat	221	N	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	2CuO	
Kwarts	60	N	$\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2$	
Lithiumcarbonaat	74	N*	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Li}_2\text{O}$	
Lithiumoxide	30	N	$\text{Li}_2\text{O}$	$\text{Li}_2\text{O}$	
Loodoxide (loodglit)	223	N	$\text{PbO}$	$\text{PbO}$	
Magnesiet	84	N	$\text{MgCO}_3$	$\text{MgO}$	
Mangaancarbonaat	115	N	$\text{MnCO}_3$	$\text{MnO}$	
Mangaandioxide (bruinsteen)	87	N	$\text{MnO}_2$	$\text{MnO}$	
Menie	682	N	$\text{Pb}_3\text{O}_4$	3PbO	
Natronveldspaat	527	N	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	
Natriumcarbonaat (soda)	286	J	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	
Nepheline seyenite	441	N	$0,25 \text{K}_2\text{O} \cdot 0,75 \text{Na}_2\text{O} \cdot 1 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,5 \text{SiO}_2$		Veldspaat van kalium, natrium en silicium
Nikkeloxide	166	N	$\text{Ni}_2\text{O}_3$	2NiO	
Nikkelcarbonaat	376	N	$\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	3NiO	
Oker					Klei met ijzeroxide en mangaan. Wordt gebruikt om

Naam	MG	Opl	Formule	Geeft	Opmerkingen
					glazuren te kleuren en voor decoraties.
Petaliet (lithiumveldspaat)	612	N	$\text{Li}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$	$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$	
Rutiel	80	N	$\text{TiO}_2$	$\text{TiO}_2$	Een onzuivere vorm van titaandioxide.
Siliciumcarbide	40	N	$\text{SiC}$	$\text{SiO}_2$	Kan worden gebruikt om reductie-effecten in een oxiderende atmosfeer te krijgen. B.v. 0,5 % SiC in alkalisch glazuur met koper geeft koperrood.
Spodumeen	372	N	$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	
Steatiet (talk, speksteenpoeder)	378	N	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$	
Tinoxide	151	N	$\text{SnO}_2$	$\text{SnO}_2$	
Titaandioxide	80	N	$\text{TiO}_2$	$\text{TiO}_2$	
Wollastoniet	116	N	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	
IJzeroxide (rood)	160	N	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	
IJzeroxide (zwart)	72	N	$\text{FeO}$	$0,5 \text{Fe}_2\text{O}_3$	
Zinkwit (zinkoxide)	81	N	$\text{ZnO}$	$\text{ZnO}$	
Zirkoonoxide	123	N	$\text{ZrO}_2$	$\text{ZrO}_2$	
Zirkoonsilicaat	183	N	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_4$	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_4$	Vervanging van tinoxide als opaakmaker, maar is veel goedkoper. Geeft echter een veel minder mooie vorm van opaakheid dan tinoxide.

## 12.5 Literatuur

- Wolf E Matthes, Keramische Glasuren und ihre Farben, ISBN 3-8043-0541-5
- Bernard Leach, Het pottenbakkersboek, ISBN 90-213-0735-9
- H. Bakker en H. van Veen, Zelf pottenbakken, ISBN 90-216-0211-3
- Bernd Pfannkuche, Handbuch der Keramikbrennöfen. ISBN 3-936489-04-1.
- Werner Lehnhäuser, Keramische Glasuren und ihre Farben

## 12.6 Leveranciers

- Keramikos  
Oudeweg 153  
2031 CC Haarlem  
Tel. 023-5424416  
<http://www.keramikos.nl>
- Silex  
De Meerheuvel 5  
5221 EA 's Hertogenbosch  
Tel. 073-6312528  
<http://www.silex.nl>
- Artie  
Holleweg 16  
6049 GM – Herten  
Telefoon: 06-26580220  
E-mail: [info@argile.nl](mailto:info@argile.nl)  
<http://www.artie.nl> of <http://www.argile.nl>
- Robbelien  
Reubenberg 12  
6071 PS Swalmen  
Tel. 0475-501992  
<http://www.robbelien.nl>

# 13 Index

- Aansprakelijkheid, 6
- Aardalkaliboor
  - fritte, 39
- Aardalkalioxiden, 12
- Aardewerk, 11, 30, 33, 37
- Aflopen, 35
- Afspringen, 34
- albiet, 9
- Alkali
  - fritte, 39
- Alkali - boor glazuren, 30
- Alkaliboorsilicaat, 39
- Alkalische kleuren, 11
- Aluminium, 8, 41
  - hydraat, 43
  - oxide, 8, 9, 43
- Aluminiumhydroxide, 9
- Anorthosit, 44
- Antimoon, 7, 41
  - oxide, 16
  - pentoxide, 43
  - trioxide, 43
- Arseen, 7
- Arsenicum, 41
- Atomen, 17
- Atoomgewicht, 17
- Bakken, 32
  - biscuit, 33
  - glazuur, 33
- Bakker, 46
- Balans, 26
- Ball clay, 43
- Barium, 41
  - carbonaat, 7, 13, 43
  - oxide, 13
  - sulfaat, 13, 43
- Barium zink fritte, 39
- Beendermeel, 43
- Bezinken, 9
- biscuit. *Zie*
- Blaasjes, 35
- Boor, 8, 11, 34, 41
- Boorsluier, 12
- Borax, 12, 16, 43
- Borocalciet, 43
- Breuk, 36
- Bruinsteen, 44
- Cadmium, 7, 41
- Calcium, 8, 41
  - boraat, 12, 13, 43
  - carbonaat, 43
  - fosfaat, 43
  - oxide, 13, 34
- Calciumboraat, 39
- Calicineren, 16
- Chemische bestendigheid, 9, 11, 12, 13, 14, 16
- China clay, 44, *Zie* Kaolien
- Chloor, 41
- Chroom, 7, 41
  - oxide, 15, 43
- Colemaniet, 12, 13, 44
- Compressor, 27
- Craqueleren, 34
- Dolomiet, 13, 44
- Dompelen, 29
- Elementen, 17
- emische bestendigheid, 10
- Farbkörper, 16
- Fluor, 41
- Fosfor, 41
- fritte, 7
- Fritte, 16, 39
- Fritten
  - alkali, 11
  - gezondheid, 7
  - Gladheid, 11
  - Glans, 11, 12
  - Glasvormer, 11, 12
  - Glasvormers, 8
  - Glaze stains, 16
  - glazuurbakken', 5
  - Glazuurtang, 26
  - Goud, 41
  - Haarscheuren, 34
  - Hardheid, 10
  - Ijzer, 41
  - Ijzer
    - oxide, 15, 45
    - titanaat, 44
  - Ilmeniet, 44
  - Kalium, 8, 41
    - carbonaat, 44
    - oxide, 10



Kalk, 43  
 Kaolien, 9, 44  
 Klei, 9  
 Kleuren, 12  
 Kobalt, 7, 41  
     carbonaat, 43  
     oxide, 15, 43, 44  
 Koolstof, 41  
 Koper, 7, 41  
     carbonaat, 44  
     oxide, 11, 15, 44  
 Korund, 43  
 krijt, 43  
 Krijt, 13, *Zie Calciumoxide*  
 Kristalglazuren, 11, 13  
 Kwarts, 9, 34, 44  
 Kwast, 28  
 Kwik, 41  
 Leach  
     Benard, 46  
 litharge, 10  
 Lithium, 8, 41  
     carbonaat, 11, 44  
     oxide, 11, 44  
     veldspaat, 45  
 Lood, 7, 8, 11, 41  
     bisilicaat, 39  
     bisilicaat fritte, 10  
     glid, 44  
     menie, 10  
     monosilicaat, 39  
     monosilicaat fritte, 10  
     monoxide, 10  
     oplosbaarheid, 9, 14  
     oxide, 7, 10, 44  
     serviesgoed, 10  
     sulfide, 10  
     vergiftiging, 10  
 Magnesia, 44  
 Magnesium, 8, 41  
     carbonaat, 13  
     oxide, 12  
 Majolica, 31  
 Mangaan, 41  
     carbonaat, 44  
     dioxide, 44  
     oxide, 11, 15  
 Marmer, 43  
 Matte glazuren, 11, 12  
 Matthes  
     Wolf, 46  
 Menie, 44, *Zie loodmenie*  
 Metaaloxiden, 14  
 Moleculen, 17  
 Molgewicht, 17  
 Molybdeen, 41  
     oxide, 15  
 Natrium, 8, 41  
     carbonaat, 44  
     oxide, 10  
 Natrium loodboor fritte, 40  
 Natrium silicaat fritte, 40  
 Nephelien-seyeniet, 9, 11  
 Nepheline seyenite, 44  
 Nikkel, 7, 41  
     carbonaat, 44  
     oxide, 16, 44  
 Oker, 44  
 Opaakmakers, 16  
 Oplosbaar, 8  
 Oplosbare grondstoffen, 16  
 Opmerkingen, 2  
 Optrekken, 13, 35  
 Orthoklaas, 9  
 Ovenatmosfeer, 14  
 Overgieten, 29  
 Oxideren, 14, 33  
 Petaliet, 11, 45  
 Pfannkuche, 46  
 poreusheid, 5  
 Porselein, 30, 33  
 Pyrometer, 32  
 rauw glazuren, 5  
 Reduceren, 14, 33  
 Rutiel, 45  
 Schadelijke stoffen, 16  
 Seger  
     formule, 19, 22, 23  
     kegel, 32  
     kegels, 42  
 Seger formule, 14, 17  
 Seger, Hermann, 5, 19  
 Seleen, 7  
 Serviesgoed, 10  
 Silicium, 41  
     carbide, 45  
     dioxide, 8, 9  
     oxide, 7, 8  
 Smeltmiddel, 11, 12, 14, 30  
 Smeltmiddelen, 8, 11

Smeltpunt, 18  
Smelttemperatuur, 9, 10, 11, 12  
Smelttraject, 18  
    onjuist, 34  
Spanning, 34  
Speksteen, 45  
Speldenprikken, 35  
Spodumeen, 11, 45  
Spuut, 27  
spuitcabine, 7  
Spuutcabine, 27  
spuiten, 7  
Spuiten, 29  
Stabilisatoren, 8  
Steatiet, 45  
Steengoed, 11, 30, 31, 33, 38  
Stikstof, 41  
stofmasker, 7  
Stofmasker, 27  
Strontium, 41  
Suggesties, 2  
Talk, 13, 45  
Tin, 41  
    oxide, 16, 31, 45  
Titaan, 41  
    dioxide, 45  
Titanium, 16  
Vanadium, 7, 41  
Veen, van, 46  
Veiligheid, 7  
Veldpsaat  
    natron, 44  
Veldspaat, 9  
    kali, 44  
    Kali, 11  
    kalie, 9  
    kalk, 44  
    lithium, 11, 45  
    natrium, 9, 11  
Viscositeit, 9, 10, 12  
Vloeimiddel, 10  
Waterstof, 41  
Weegschaal, 26  
Whiting, 43  
Wollastoniet, 13, 45  
Zeef, 26  
Zilver, 41  
Zink, 7, 8, 41  
    fritte, 39  
    oxide, 14, 16, 45  
    zinkwit, 45  
Zirkoon, 41  
    oxide, 16, 45  
    silicaat, 16, 45  
Zuren, 8  
Zuurstof, 41  
Zwavel, 41