



# Das traditionelle Lehmformverfahren zum Herstellen von Läuteglocken

## INHALT

1. Einleitung	S.1
2. Verfahren mit verlorenen Formen	S.1
3. Das traditionelle Lehmformverfahren	S. 2-3
4. Einflüsse des Formstoffes auf die Metallurgie	S. 4
5. Schlussbemerkung	S. 4

## 1 Einleitung

Kirchenglocken werden in Deutschland etwa seit dem 12. Jahrhundert bis in die heutige Zeit ausschließlich im traditionellen Lehmformverfahren hergestellt. Dieses Herstellungsverfahren hat sich in vielerlei Hinsicht hervorragend bewährt. Die Gussoberfläche dieser Glocken ist im Allgemeinen tadellos, das Klangverhalten genügt höchsten Ansprüchen und die durchschnittliche Lebensdauer lässt bei angemessener Beanspruchung keine Wünsche offen. Bei erhaltenen mittelalterlichen Glocken bis zu den Glocken, die heute gegossen werden, ist dies zu erkennen. Obwohl die Glockengießer durch alle Zeiten immer versucht haben, ihr persönliches Gieß- und Formverfahren zu optimieren, und die Qualität ihrer Produkte zu steigern, hat sich an den Grundsätzen des traditionellen Lehmformverfahrens über Jahrhunderte nichts geändert. Da es sich bei den im traditionellen Lehmformverfahren hergestellten Formen um „verlorene Formen“, also um Formen handelt, die nach jedem Abguss zerstört werden, ist jede Glocke ein Unikat.

## 2 Verfahren mit verlorenen Formen

Bezeichnend für alle diesem Bereich zuzuordnenden Verfahren ist die nur einmalige Verwendbarkeit der erstellten Gießform. Der verfestigte Formstoff nimmt einen entscheidenden Einfluss auf die Gussstückqualität, z.B. auf die Maßhaltigkeit, die Oberflächengüte und die Gefügeausbildung. Die Hauptanforderungen an einen Formstoff sind:

- gute Verarbeitbarkeit,
- ausreichende Festigkeit und Maßhaltigkeit nach der Formgebung sowie beim Abgießen und beim Erstarren,
- gute Zerfallseigenschaften nach dem Abguss,
- möglichst hohe Abbildegenauigkeit,
- gute Feuerbeständigkeit,
- ausreichende Gasdurchlässigkeit,
- vernachlässigbare nachteilige Wechselwirkung zwischen Formstoff und Schmelze,
- gleichmäßige Ableitung der Wärme nach dem Guss über den Formstoff und das Hinterfüllmaterial, um örtliche Spannungen in der Glocke zu vermeiden,
- möglichst problemlose Wiederverwendbarkeit (Recycling) des Formstoffes.

### 3 Das traditionelle Lehmformverfahren

Die Lehmformerei ist Schablonenformerei. Sie wird auch freie Formerei genannt, weil ohne umhüllenden Kasten gearbeitet wird. Angewendet wird sie für große, umfangreiche Gussstücke, die sich weder im Herd noch im Kasten vorteilhafter formen lassen, z.B. **Glocken**. Die Formen solcher großer Gussstücke müssen dem hohen Druck des flüssigen Metalls standhalten können. Dazu eignet sich der in der Natur vorkommende **Lehm (Bilder 1 bis 3)** besser als synthetische Formsande. Er kann stärker getrocknet werden, wird dadurch härter, fester und gasdurchlässiger als synthetischer Formsand.



**Bild 1** Naturformstoff „Lehm“ aus der Lehmgrube (Bild 4)



**Bild 2** Lehm gemischt mit recyceltem Lehm (siehe Bild 3)



**Bild 3** Lehm, der nach dem Abguss als Formstoff wieder verwendet wird

Naturformsand, dazu gehört auch der zum Formen von Glocken verwendete **Lehm**, besteht aus einem Gemenge aus Quarz ( $\text{SiO}_2$ ) und Ton, einem wasserhaltigen Aluminiumsilikat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Hinzu kommen noch geringe Beimengungen anderer Mineralien, die den Formsand färben.



**Bild 4** Grube, aus der der Lehm (Bild 1) entnommen wurde

Die Quarzkörner sind von einer dünnen Tonschicht umgeben, die begierig Wasser aufnimmt. Der Ton quillt auf, wird klebrig und bindet die Quarzkörner aneinander. Folglich ist der Ton das Bindemittel des Naturformsandes. Die Verunreinigungen des Tons mit staubförmigen Körnteilchen anderer Mineralien führen zu sogenannten Schlammstoffen.

Die Einteilung der natürlichen Formsande, dazu gehört auch der im traditionellen Lehmformverfahren verwendete **Lehm**, erfolgt nach dem Gehalt an Schlammstoffen und der Größe der Quarzkörner:

<u>Tongehalt</u>	<u>Sandklasse</u>
< 8 %	mager
> 8 % bis 14 %	mittelfett
> 14 % bis 20 %	fett
> 20 %	extrem fett, <b>Lehm</b> ( $\text{SiO}_2 > 60\%$ )
Grobkörniger Sand:	mindestens 50 % der Körner über 0,02 mm Ø
Feinkörniger Sand:	weniger als 50 % der Körner über 0,1 mm Ø

Diese Naturformsande sind auch heute noch die besten Formstoffe, um gratarme, fein konturierte, glatte Gussstücke aus Kupfergusswerkstoffen mit hoher Oberflächenqualität herzustellen. Naturformstoffe lassen sich ohne weiteres aufbereiten und wiederverwenden.



An die Stelle eines Formkastens tritt beim traditionellen Lehmformverfahren Mauerwerk, an die Stelle des Modells die drehbare Schablone.

Der Kern wird aus Ziegel- oder Lehmsteinen hohl aufgemauert. Die Fertigstellung des Kernes erfolgt durch Auftragen mehrerer Lehmschichten mittels Schablonieren (Bild 5). Diese und jede weitere Schicht muss durch Befeuern des Hohlraumes getrocknet werden (Bild 7).

Auf diesen Kern trägt man Lehmschichten bis zur Stärke des Abgusses, Falsche Glocke genannt, auf, schabloniert (Bild 6) und trocknet sie. Dieses Modell wird mit den gewünschten Verzierungen und Schriften versehen.



**Bild 5** Links mit Lehmsteinen aufgemauerter Kern, rechts Fertigstellen des Kernes durch Schablonieren



**Bild 6** Schablonieren der Falschen Glocke



**Bild 7** Trocknen der Glockenform durch Befeuern des Hohlraumes

Auf die getrocknete Falsche Glocke werden nunmehr Lehmschichten für den Mantel aufgebracht. Der getrocknete Mantel wird schließlich vorsichtig abgehoben, die Falsche Glocke vom Kern entfernt, der Mantel wieder auf den Kern gesetzt, in der Grube mit Erde eingedämmt und gießfertig gemacht. Der durch das Entfernen der Falschen Glocke erzeugte Hohlraum wird mit Glockenbronze ausgegossen.

Für den im traditionellen Lehmformverfahren verwendeten Formstoff Lehm gibt es keine einheitlichen Regeln oder Rezepte. Glockengießereien haben basierend auf ihrer langen Tradition große empirische Erfahrung in der optimalen Aufbereitung des Formstoffes für das traditionelle Lehmformverfahren. Die typische Zusammensetzung des Formstoffes für das traditionelle Lehmformverfahren besteht aus einem Gemenge von magerem Lehm, fettem Lehm, altem gemahlenem Formlehm, Wasser, Ziegelmehl, Pferdemist, Stroh, Spreu, Gerstengrannen, Tierhaar und sonstigen Zutaten aus der Natur (Bild 2).

Buchstaben und Bilder werden aus Wachs erstellt und auf die Falsche Glocke aufgesetzt. Dieses Wachs wird während des weiteren Formprozesses ausgebrannt. Im Lehmformverfahren kann die gesamte Form über längere Zeit so erhitzt werden, dass keine Wachsrückstände in der fertigen Form verbleiben. Somit können sehr komplizierte Strukturen im Lehmformverfahren, auch mit Hinterschnitten, im Mantel abgebildet werden (Bild 8).



**Bild 8** Aufsetzen des Mantels, Fertigstellen der Glockenform. Links unten Falsche Glocke

Beim traditionellen Lehmformverfahren besteht die Glockenform aus dem oben beschriebenen Formstoff Lehm, sie ist selbsttragend und wird nicht durch weitere Hilfsmittel gestützt. Für den Guss und die anschließende Abkühlung und Erstarrung der Glockenbronze wird die Form komplett in der Grube mit Erde abgedeckt. Hierdurch wird eine gleichmäßige, sehr langsame Erstarrung des Metalls und Abkühlung der Glocke erreicht.

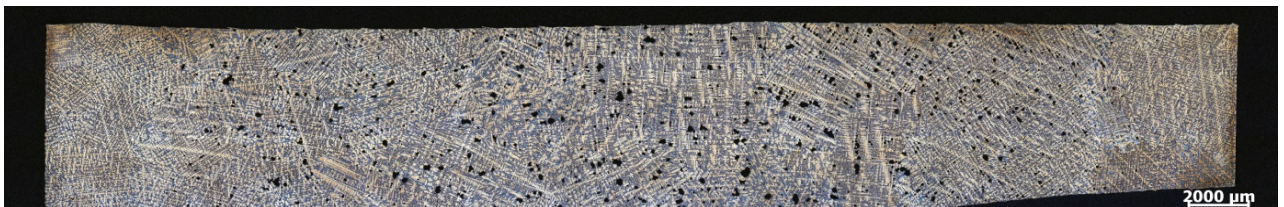




## 4 Einflüsse des Formstoffes auf die Metallurgie

Der Naturformstoff Lehm hat einen hohen Schlammstoffanteil, der vorwiegend aus Ton (Aluminiumsilikat,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) besteht und viel Wasser bindet. Dieses Wasser wird auch während der Trocknung der Form nicht vollständig entfernt. Während des Gießprozesses, wenn Metall in die Form strömt, wird das im Aluminiumsilikat gebundene Wasser frei. Die dafür erforderliche erhebliche Wärmemenge wird der Schmelze unmittelbar an der Formwand entzogen. Die Schmelze erstarrt schalenartig. Die dabei entstehenden Gase werden über den Formstoff so abgeleitet, dass sie nicht in die Schmelze gelangen.

Bei der Glockenbronze handelt es sich um eine endogen schalenartig erstarrende Schmelze, folglich schreitet die Erstarrung von den Formwänden zur Wandmitte der Glocke fort (Bild 9). Die Wärme der Schmelze wird also von der Wandmitte über die immer stärker werdende Randschale in den Formstoff abgeleitet.



**Bild 9** Anschlagbereich einer Glocke, Vertikalschliff. Sichtbar wird das physikalisch bedingte Volumendefizit in der Wandmitte.

Mit dem traditionellen Lehmformverfahren lassen sich Glocken hinsichtlich Klang und Erscheinungsbild optimal herstellen, ohne dass wesentliche Nacharbeit erforderlich ist.

## 5 Schlussbemerkung

Die gemeinsam vom Verband Deutscher Glockengießereien, dem Verein Deutscher Gießereifachleute VDG e.V. und dem Beratungsausschuss für das Deutsche Glockenwesen erstellte **Richtlinie zur Verbesserung der Lebensdauer von Glocken** basiert auf Untersuchungen an mit dem traditionellen Lehmformverfahren hergestellten Glocken. Das Projekt **Bestimmung von Einflussgrößen auf die Lebensdauer von Glocken** wurde vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit, LBF, Darmstadt, in den Jahren 1998/99 durchgeführt. Ziel des Projektes war vornehmlich die Bestimmung der die Lebensdauer von Glocken maßgeblich bestimmenden Einflussgrößen und die Übertragung der Ergebnisse auf denkmalrelevante Glocken. Es handelt sich um ein mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft gefördertes Forschungsvorhaben.

### Ergänzende Literatur:

1. Das ABC des Metallarbeiters, Folge 9 „Der Former“ von Dr.-Ing. A. Link  
Herausgeber: Dipl.-Ing. Th. Ricken  
CARL HANSER VERLAG München 1953
2. Die Betriebspraxis der Eisen-, Stahl- und Metallgießerei, Heft 21.  
Die Schablonenformerei in Sand und Lehm von A. Geißel  
Herausgegeben von Ingenieur Hubert Hermanns  
Verlag von Wilhelm Knapp in Halle (Saale)

**Bildmaterial:** Bilder 1 bis 3: **Institut für Gießereitechnik IfG – Düsseldorf;**  
Bilder 4 bis 9: **Verband Deutscher Glockengießereien – Düsseldorf**

Von dem BDG-Fachausschuss „Kupfergusswerkstoffe“ erstellte Richtlinie