
ZUSAMMENFASSUNG

Technologie der mittelalterlichen Glockengießerei

Um die alten Technologien kennenzulernen, können wir im Grunde genommen zwei Grundquellen verwenden: das Studium alter Anleitungen und Rezepturen sowie das Studium der eigentlichen Produkte. Die alte technologische Literatur hat für uns vor allem jenen Vorteil, daß sie im Grunde genommen dasselbe Prinzip verfolgt: die Bestimmung von Herstellungsmitteln und —verfahren. Sie ist konkret in ihren Angaben und ist bemüht, auch die wechselseitigen Zusammenhänge im Rahmen des ganzen Prozesses in ihrer eigentlichen Grundlage festzuhalten. Sie hält Erkenntnisse und Gepflogenheiten der zeitgenössischen Praxis, bzw. auch ältere Erfahrungen fest. Ihr Beitrag für unsere Erkenntnisse ist in der Summe bedeutsam, in einzelnen Fällen ist er jedoch von unterschiedlichem Wert.

Die Möglichkeiten, die diese Literatur für die Erkenntnis des mittelalterlichen Glockengießens bietet, sind in qualitativer und quantitativer Hinsicht nicht solcher Natur, wie sich voraussetzen ließe und wie es unsere Bedürfnissen entsprechen würde. Hinsichtlich des hier sonst umfangreich geäußerten Interesses für die Metallgießerei sowie auch der Verbreitung, Spezifik und Ansprüchigkeit des Glockengießens würde man gewiß ein häufigeres und vor allem detaillierteres Interesse für dieses Gebiet erwarten. Die Ursachen dieses unbefriedigenden Zustandes beruhen unzweifelhaft in der Haltung der Glockengießer selbst. Vor allem mangelte es ihrerseits an notwendiger Bereitschaft zur Veröffentlichung ihrer Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Produktion. Im Gegenteil, es überwog hier eher das natürliche Bestreben, Produktionsgeheimnisse im Rahmen der Werkstatt zu erhalten. Das war besonders von jener Zeit (12.—13. Jh.) begreiflich, in der die mittelalterliche Glockengießerei umwälzende Veränderungen durchmachte. Andererseits ist jedoch in Betracht zu ziehen, daß es im Bereich der damals antretenden Glockengießergenerationen auch an ausreichenden Fähigkeiten für so eine Aufgabe mangelte. Außerhalb des eigentlichen Bereiches der Glockengießermeister mangelte es seitens der in Betracht kommenden Literaten nicht nur an ausreichendem Interesse für diese Art literarischer Arbeit, sondern auch an den notwendigen Möglichkeiten, in die neue Technologie einzudringen.

Trotz dieser im Grunde genommen ungünstigen Lage blieben wir hinsichtlich der technologischen Literatur nicht so ganz ohne Quellen. Manche ihre breiter konzipierten Werke bieten uns nämlich eine gewisse, wenn auch in mancher Hinsicht begrenzte Möglichkeit, in die mittelalterliche Glockenproduktion einzudringen. Das gilt in erster Linie von Theophilus' Werk *De diversis artibus* aus dem Beginn des 12. Jahrhunderts, in dessen Kapitel über das Glockengießen ein älteres Produktionsverfahren festgehalten ist. Die Prinzipien einer neuen (vom 12./13. Jh. an), anspruchsvolleren Technologie findet man von Vanoccio Biringuccio in einer Reihe von Kapiteln seines umfangreichen Buches *Pirotechnia* näher beschrieben. Die

Schrift selbst stammt zwar erst aus der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts, die Ausführungen über die Glocken sind jedoch eine Zusammenfassung der Erkenntnisse und Erfahrungen der gotischen Glockengießerei.

Auch die Möglichkeit, aus direktem Studium der eigentlichen Produkte des mittelalterlichen Glockengießens Erkenntnisse zu gewinnen, ist beschränkt. Man kann hier Informationen über die Konstruktionsprinzipien der Glocken, über das Material, über die Oberflächenbehandlung und Dekoration der Glocke finden. Man erfährt jedoch nichts über den eigentlichen Produktionsprozeß und über die verwendeten Anlagen. Andererseits ist die Reichweite der Ausnützung dieser Quellen durch die kleine Anzahl der erhalten gebliebenen mittelalterliche Glocken und den Zustand ihrer Bearbeitung limitiert.

Zuletzt kann eine weitere Quelle eventueller Erkenntnisse, die durch Analogie aus der späteren Theorie und Praxis gewonnen wurden, nicht ganz außer acht gelassen werden. Hier muß jedoch mit großer Vorsicht vorgegangen werden, um unannehbare Anachronismen zu vermeiden. Im Prinzip ist hier eher nur eine Konkretisierung unserer ungewissen Vorstellungen zu erwarten, die auf Grund nicht immer klarer oder genügendermaßen umfangreicher mittelalterlicher Ausführungen entstanden sind, bzw. auch das Ausfüllen von Lücken in Verfahren allgemeineren Charakters.

Die Rekonstruktion der Technologie der mittelalterlichen Glockengießerei stellt eine schwierige Aufgabe dar, wie dies übrigens bei den meisten Versuchen von ähnlicher Orientierung der Fall ist. Das Bedürfnis, technisch und zeitgetreu Grundlage, Bedeutung und Zusammenhang der einzelnen Erscheinungen im Rahmen des ganzen komplizierten Prozesses zu erfassen, ist hier in gewissem Maße durch die beschränkten Möglichkeiten der Erkenntnis unterbunden. Eine in ihren Details vollständige und allseitige Belehrung ist also nicht zu erwarten. Unser Ziel kann lediglich das Bestreben sein, auf Grund der bestehenden Möglichkeiten die allmähliche Entstehung der mittelalterlichen Glocke näher zu bringen, die Entwicklung der technologischen Problematik sowie die Methoden ihrer Lösung zu zeigen.

(Konstruktion)

Der Weg der Glocke von ihrer internen, funktionsmäßig in jeder Hinsicht überaus beschränkten Aufgabe zu einer entfalteten Sendung ist gleichzeitig ihr Weg von einer primitiven Einrichtung zu einem vollkommenen Klanggerät. Die ursprüngliche bescheidene Aufgabe der Glocke gab ihr eine einfache Form. Es ging bei weitem nicht um Glocken im wahren Sinne des Wortes, eher um Schallen, kleine Produkte verschiedenartiger Form und nicht besonders guter Klangeigenschaften. Diese Situation dauert ungefähr bis ins 8. Jahrhundert hinein. Eine grundlegende Wendung beginnt praktisch in jenem Augenblick, da der Glocke eine breitere, sozusagen öffentliche Funktion zugeschrieben wird. Nun wird gefordert, daß die Glocke weit und dabei gut hörbar ist. Die Erfüllung dieser Anforderung setzte den Bau größerer Glocken voraus, wodurch ein markanter Fortschritt in der Glockenkonstruktion und danach in der weiteren Glockenerzeugung ermöglicht wurde. Ähnliche Bedeutung hatte die Lösung von Aufgaben, die aus der funktionellen Differenzierung der Glocken und aus dem Bau kompletter Glockenkollektionen hervorgingen.

Das Hauptproblem der damaligen Glockengießerei war die Qualität des Klangeffekts der Glocke. Die Bestrebungen der Glockengießer um ihre Verbesserung waren in der ersten Etappe nicht besonders erfolgreich. Den Meistern ist es vorläufig nicht gelungen, die wirkliche Ursache der Mängel zu finden. Abhilfe suchten sie in mehr oder minder unwesentlichen Veränderungen. Erst im Laufe der Zeit kamen sie zu einem Schluß prinzipieller Natur und Bedeutung: Um eine Verbesserung der Klangeigenschaften der Glocke zu erreichen, ist es notwendig, den bisherigen Typ konstruktionsmäßig vollständig zu überarbeiten. Intensives Suchen und

Experimentieren in dieser Richtung ist auf den Glocken des 12. Jahrhunderts deutlich sichtbar. Es verändert sich vor allem die Grundkonstruktion des Profils, und zwar so, daß die Dimensionen des oberen Durchmessers nun bedeutend kleiner (um die Hälfte und mehr) sind, als der Wert des unteren Durchmessers beträgt. Weiter kommt es zur Herausbildung der Haube, d. h. zu deren Formierung als selbständiger, funktionsmäßig differenzierter und konstruktionsmäßig deutlich getrennter oberer Glockenverschluß. Dieses Verfahren kommt mancherorts sehr zeitig vor, es geht den anderen Veränderungen voraus und kommt so schon bei Glocken zum Vorschein, die sich sonst noch voll an die Prinzipien des Bienenkorbtyps halten. Endlich beginnen Andeutungen der Differenzierung der Profilrippenstärke: Während sie sich im Bereich des Schlagkranzes noch vergrößert, sinkt sie maßgebend in Richtung nach oben (an den Flanken) und oben (Hals) wächst sie manchmal wieder an. Der Gesamtumbau des Glockenkörpers konzentriert sich nun auf drei Lagen: ein breiter und starker Kranz, lange und schwächere Flanken, ein relativ schmaler, sichtbarer von der Haube getrennter Hals. Seine Konzentration auf diese Bereiche ist eine logische Folge der erwähnten Bestrebungen um eine deutliche Verbesserung der Klangqualität der Glocke und gleichzeitig auch ein Ausdruck der Erkenntnis der Grundstruktur des Glockenklanges und seiner eigentlichen Quellen. Die ersten auf diesem Wege erreichten positiven Ergebnisse fanden ihre Kodifizierung in der Hutform, die sich jedoch lediglich als Übergangstyp erwies. Die Entwicklung ging nun schnell vor sich und erreichte in verhältnismäßig kurzer Zeit (praktisch während der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts) ihren Höhenpunkt. Um 1200 produzierten schon manche Glockengießwerkstätten Glocken eines hochentwickelten gotischen Typs, sogar in seiner vollkommensten Klangvariante.

Eine natürliche Herausbildung des gotischen Typs der Glocke und gleichzeitig unerläßliche Bedingung ihrer Realisierung war nun exakte Konstruktionsarbeit. Das Grundelement, auf das sich die ganze Konstruktion der Glocke stützte, war der sogenannte Schlag. Den notwendigen Schlag hatte der Glockengießer im Vorhinein in der sog. Glockenordnung. Sie entstand auf Grund mathematischer Berechnungen sowie praktischer Experimente und Empirie; in ihrer konkreten Form war sie ein Werk des Glockengießers, ein Ergebnis seiner theoretischen Kenntnisse und praktischen Erfahrungen. Manchmal hatte der Glockengießer seinen Bedürfnissen entsprechend sogar einige solche Ordnungen. Neben dem Schlag stand hier ein System von Angaben, die die Anwendung des Schlags für die Konstruktionsarbeit ermöglichten. Es waren Werte, die in Schlägen die Dimensionen der einzelnen Teile des Profils limitierten, deren gegenseitiges Verhältnis und gegenseitigen Verlauf. Über dieses System gilt im Prinzip dasselbe, was im Falle der Glockenordnung gesagt wurde, das heißt, daß die entsprechenden Werte im Vorhinein gegeben (durchgerechnet, überprüft) worden waren, daß sie durch ihren Charakter und durch die Funktion ihrer Anwendung in großem Maße für den Glockengießer spezifisch (und in dieser Hinsicht auch sein Werk) waren und daß der Glockengießer gleichzeitig einige solche Systeme verwendete. Allgemein gesehen zeigen sich hier sowohl entwicklungsmäßige, als auch territoriale Unterschiede. Die Entwicklung geht hier natürlich nicht in einer aufsteigenden Linie vor sich, wo die neue Etappe (das neue System) die vorhergehende überwindet, sondern in Wendungen und Rückschlägen. Es kommen hier verschiedene Systemtypen vor, die in den einzelnen Zeitabschnitten mehr oder weniger bevorzugt werden.

Die Konstruktion der Glocke, d. h. die Verfertigung der Profilzeichnung als Unterlage für die Herstellung der entsprechenden Schablonen, wurde in der Regel auf einem Quadratgitter durchgeführt, das mit Hilfe des entsprechenden Schlags und der Angabe über die Größe des Durchmessers entworfen wurde. Die mittelalterliche Vorgangsweise bei der Konstruktionszeichnung hatte ungefähr denselben Verlauf, wie wir ihn aus der neuzeitlichen Glockengießerei kennen. Große Aufmerksamkeit (eine Anzahl von Konstruktionshilfspunkten, exakte Bestimmung der Profillinie

mit Hilfe von Kreislinien verschiedener Durchmesser) wurde dem unteren Teil des Profils gewidmet. Das ist an sich natürlich, es entspricht der Ansprüchigkeit dieser Etappe. Die Konzentriertheit des mittelalterlichen Augenmerks auf die Durcharbeitung dieser Passage ist insofern deutlicher, daß sie in krasserem Gegensatz zur Ausführung des Oberteils des Profils steht, das bedeutend weniger durchgearbeitet ist, als dies später der Fall gewesen war. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Werkstätten beruhen nicht nur in der Verschiedenheit der angewendeten Werte oder in der Anzahl und Dislokation der Konstruktionshilfspunkte, sondern auch (obzwar schon in weit geringerem Maße) in der Konzeption der Durchführung der Konstruktionszeichnung selbst. Alle mittelalterlichen Glockengießer waren sich dann in diesem Zusammenhang dessen wohl bewußt, daß die Qualität der Konstruktion nicht nur von dem Niveau der Ausgangswerte der entsprechenden Ordnungen und Systeme, sondern auch von dem Niveau ihrer Realisierung abhängig ist.

(F o r m e n)

Das Mittelalter kannte alle Grundarten des Glockenformens sowie manche spezielle Verfahren und wandte sie im Verlauf der Zeit auch an. Die Breite ihrer Anwendung war nicht nur entwicklungsmäßig gebunden, sondern auch von den Traditionen der einzelnen Werkstätten, bzw. Gebiete und vor allem von den Möglichkeiten ihrer funktionellen Anwendung abhängig. Im Prinzip ging es um zwei Systeme. Das eine davon arbeitete mit fester Schablone und beweglichem Kern, der sich entweder in waagrechter oder in senkrechter Lage drehen konnte, das andere dann mit stabilem Kern und beweglicher Schablone. Das erste System (vor allem das mit dem Kern in waagrechter Lage), ursprungsmäßig älter und vom Standpunkt des Mittelalters als Ganzes aus auch verbreiteter, entsprach gut dem Formen kleinerer Glocken. Für diesen Zweck wurde es geläufig auch am Ende des Mittelalters angewandt und es überdauerte bis in die moderne Zeit. Für das Formen größerer und vor allem großer Glocken war es nicht mehr geeignet und wurde durch die senkrechte Variante des ersten Typs ersetzt, vor allem jedoch durch das zweite System (stabiler Kern mit beweglicher Schablone). Dieses setzte sich in der Glockengießerpraxis im Verlauf des 15. Jahrhunderts voll durch. Zur Einführung der Schablone kam es ungefähr am Ende des 12. und in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts, d. h. in einer Zeit, in der sich die gotische Form der Glocke herausbildet. Dieser Glockentyp hatte vollkommen neue, reichere Klangeigenschaften. Sie waren an ein bestimmtes, weit komplizierteres Profil gebunden, das genau eingehalten werden mußte. Die Realisierung so eines Profils mußte der Arbeit der Schablone anvertraut werden.

Bei dem Bau von Formstühlen und anderer Einrichtungen, bei der Herstellung des Kerns, der falschen Glocke und des Mantels sowie beim Ausbrennen der Form werden verschiedene Verfahren angewandt. Die Unterschiede zwischen ihnen beruhen lediglich in Details und sind Ausdruck unterschiedlicher Ansichten, Vorstellungen und Erfahrungen, wie zu ihnen die einzelnen Glockengießer im Verlauf ihrer Praxis gelangten. Von prinzipiellem Charakter sind die Differenzen zwischen der alten, von Theophilus repräsentierten Praxis und den Verfahren der entwickelten Glockengießertechnik der Gotik.

Große Aufmerksamkeit wurde dem Formmaterial gewidmet. Für das beste Mittel wurde damals Lehm gehalten. Biringuccios Feststellung, daß dem in großem Maße nur deswegen so sei, weil es bisher nicht gelungen wäre, ein geeigneteres Material zu finden, ist mehr als eine ergänzende Bemerkung. Darin sind alle Schwierigkeiten angedeutet, die die Verwendung des Lehmes zum Formen mit sich brachte und deren sich die Zeitgenossen wohl bewußt waren. Die an den Lehm gestellten Anforderungen waren nicht gering: Er sollte stabil und getreu alle wesentlichen Formen und feinen Details des abgegossenen Körpers festhalten, sich beim Trocknen und Ausbrennen seine Kohäsion behalten und geschmolzenes Metall empfangen können.

Es war gewiß nicht einfach, einen solchen Lehm zu finden, der weder fett noch mager, weder zu weich noch hart, von feiner Körnung und ohne Steinchen wäre, leicht trocknete und sich beim Trocknen und Ausbrennen seine Kohäsion behielt, und es gehörte in konkreten, örtlichen Bedingungen eher zu den außergewöhnlichen als zu den regelmäßigen Erscheinungen. In solchen Fällen löste man die ganze Angelegenheit, indem man geeignete Mischungen von passendem Gebrauchsstand herstellte. Es ging jedoch nicht nur darum, mageren Lehm durch die Hinzufügung von fettem und umgekehrt zu verbessern, sondern ihn durch weitere Zutaten noch dermaßen zu bereichern, damit er die gewünschten Eigenschaften annehme. In der Herstellung von Formmischungen erreichte das Mittelalter eine beträchtliche Variabilität.

In diesem Zusammenhang seien Sandformen erwähnt. Das Mittelalter kannte sie und gebrauchte sie zum Abgießen kleinerer Gegenstände. In der Glockengießerei wurden sie beim Gießen kleiner Glöckchen und Zimbeln verwendet. Was das Material anlangt, kamen hier die verschiedensten Sandsorten und daraus zusammengestellte Mischungen in Betracht. Die leichte Erschwinglichkeit dieses Stoffes bot seine Ausnützung bei der Herstellung von Formen an, die Praxis zeigte jedoch schon damals, daß es ein schwieriger Weg ist, der übrigens nicht immer zuverlässige Ergebnisse garantierte.

Einen wichtigen Platz bei der Oberflächenbehandlung der einzelnen Teile der Form nahmen Isolationsüberzüge ein, die ihr späteres Abtrennen garantieren sollten. Dabei wurde im Grunde genommen zweierlei Verfahren angewandt: Entweder wurde mit einer Schlichte aus Asche (verschiedenen Ursprungs), bzw. aus ihren Mischungen (eine Menge von Rezepturen) überzogen.

Beim Formen der Krone wurden in der mittelalterlichen Glockengießerei zwei verschiedene Verfahren angewandt. Das erste davon war zwar billiger, aber wegen großen Arbeitsaufwandes und der Ungewißheit über ein Gelingen verursachte den Glockengießern Schwierigkeiten. Als Material wurde Lehm benützt, und daraus formte man in getrennten Formen die einzelnen Teile der Krone, die zuletzt zu einem Ganzen zusammengesetzt wurden. Beim anderen Verfahren wurde mit Wachs, bzw. mit einer Mischung aus Wachs und Harz gearbeitet. Auf einer geeigneten Unterlage, die ähnlich wie die Glockenhaube gewölbt war, wurde aus Wachs die Krone geschaffen. Das Modell wurde mit einer Lehmschicht bedeckt, in die passende Öffnungen für den Einguß und die Windpfeife gemacht wurden, und ausgebrannt.

Bei der Verfertigung von Inschriften und Verzierungen gab es im Grunde genommen zwei Verfahren. Das ältere, das überwiegend mit der vorgotischen Epoche verknüpft ist, bildete Buchstaben und Verzierungen so, daß ihre Formen und Konturen in die Masse der sog. falschen Glocke (Hemd) geschnitzt, graviert oder gepreßt wurden. Das Endbild war in Betracht zur Oberfläche der Glocke konkav. Eine Variante dieses Verfahrens, das ebenfalls in dieser Periode — allerdings weit seltener — verwendet wurde, war ein ähnliches Bilden von Buchstaben und Verzierungen, diesmal jedoch in die Innenwände des Formenmantels (häufigste Quelle der Spiegelbildausführung der Inschriften). Das Endbild war konvex, es hatte also dasselbe plastische Aussehen, das für das jüngere Schaffen charakteristisch ist. Bei dem zweiten Verfahren, das schon in der älteren Zeit bekannt war aber sich erst in der Gotik voll entfaltet, werden aus Wachs (bzw. aus einer Mischung von Wachs und Harz) hergestellte Buchstaben und Verzierungen auf die Wände des Hemdes gelegt, so daß sie auf der fertigen Glocke eine plastische Form haben. Dabei wird das ältere, manuelle Modellieren etwa von der Mitte des 14. Jahrhunderts an immer öfter durch die Anwendung von (Holz-) Formen ersetzt, und zwar sowohl für Bildreliefe, als auch für das Bilden der Buchstaben.

Text und Verzierung bearbeitete der Glockengießer nach Vorlagen. Ebenso wie des eigentlichen Form ein Konstruktionsentwurf vorherging, so hatten Text und Verzierung auch ihren gezeichneten Entwurf. Auf seiner Grundlage wurde dann nach

den angeführten Verfahren ihr eigentliches Modell geschaffen. Diese Arbeit verrichtete der Glockengießer selbst. Andererseits müssen wir eben bei dieser Tätigkeit die Zusammenarbeit des Glockengießers mit anderen Professionen wie Maler, Bildhauer, Handwerker (Entwürfe der Texte und Verzierungen, Herstellung der Formen u. ä.) voraussetzen. Der Glockengießer verwendete gewöhnlich einen bestimmten Typ der Inschrift und Verzierung, den er höchstens den konkreten Anforderungen der einzelnen Glocken anpaßte (die Variabilität ist hier häufiger bei der Verzierung). Dieser Typ wiederholt sich auf seinen Werken mit so einer Regelmäßigkeit, daß er für ihn zu einem charakteristischen Merkmal wird.

(M e t a l l)

Zum Gießen wurde während des ganzen Mittelalters das sog. Glockenmetall verwendet. Das Verhältnis von Kupfer und Zinn bewegte sich in verschiedenen Zeiten in der Spanne 73—80 : 27—20. Ausgangspunkt aller Erwägungen in dieser Richtung waren die Grundeigenschaften der zukünftigen Glocke, deren Größe und klangliche Eigenschaften. Aus denselben Ursachen wurden der Legierung mit Absicht verschiedene Begleitstoffe beigemischt. In dieser Rolle treten Blei, Antimon und Wismut (Silber jedoch nicht) auf. Verhältnismäßig früh, etwa vom Ende des 12. Jahrhunderts an, hatten die Glockengießer die Möglichkeit, sich schon fertiges Glockenmetall zu verschaffen, am ehesten in der Form von Masseln. Demgegenüber war es vollkommen geläufig, daß zum Ausgangspunkt altes Glockenmetall, bzw. auch Kanonenmetall oder andere, durchwegs kleinere Gußprodukte wurden.

Der Umfang der Vorbereitung des Materials war von seiner Zusammensetzung und von seinem Charakter abhängig. Die eigentliche Vorbereitung verlief in drei Phasen. Die erste betraf die Festlegung der zum Gießen erforderlichen Metallmenge. Die schon bei der Glockenkonstruktion gewonnenen Werte konnten in Zweifelsfällen präzisiert werden. Das Mittelalter kannte und gebrauchte schon seit ältesten Zeiten ein verhältnismäßig genaues Verfahren, nach dem das Gewicht des erforderlichen Metalls nach dem Gewicht des für die Herstellung Modells verwendeten Wachses (bzw. Leimes) berechnet wurde. In die Berechnung der erforderlichen Metallmenge bezog der Glockengießer auch den entsprechenden Abbrand ein. Seine Höhe schätzte er nicht nur nach dem Kupfer- und Zinngehalt der Mischung ab, sondern auch danach, ob er mit einem neuen Metall oder mit alten Legierungen arbeitete. Zu den Endwerten setzte er immer eine bestimmte Menge hinzu (Reserve). In der zweiten Phase konzentrierte sich der Glockengießer auf die Beurteilung des Gesamtcharakters des ihm zur Verfügung stehenden Materials. Es ging im Prinzip um die Feststellung der Qualität des Materials, dessen Tauglichkeit für den gegebenen Zweck, bzw. seiner Mängel und der Möglichkeiten einer Abhilfe. Die dritte Phase bildete die Bearbeitung, bzw. die weitere Zubereitung des Materials. Die Reinigung von Metallen schlechterer Qualität überließ der Glockengießer entweder spezialisierten fremden Hütten, oder er führte sie in ähnlichen eigenen Hütten durch. Eine weitere Vorbereitung des Materials unternahm er nur dann, wenn es die Heterogenität des Materials (sowohl die Qualität als auch die Form betreffend) erforderte und wenn es für die Beschleunigung und Erleichterung der eigentlichen Schmelze notwendig war.

(G u ß)

Diese Etappe umfaßt drei Hauptbereiche der Tätigkeit: die Schmelze, den eigentlichen Guß und die Endbearbeitung des Gußstückes. Die erste Voraussetzung einer erfolgreichen Schmelze war der Bau eines guten Schmelzofens. Im allgemeinen galt hier, daß der Ofenbau dem Charakter und der Menge des Metalls angemessen sein muß und daß der Ofen so zu bauen ist, daß es möglich sei, das Metall so schnell wie möglich zum Schmelzen zu bringen und es dann in einem für den Guß

optimalen Zustand zu erhalten. Während des ganzen Mittelalters werden zum Schmelzen fast ausschließlich Einrichtungen verwendet, die auf dem Prinzip von Schachtföfen gebaut sind. Erst im Verlauf des 15. Jahrhunderts beginnt man in die Glockengießereiprexis Flammöfen einzuführen. Allen Öfen des ersten Typs ist gemeinsam, daß sie mit Hilfe von Bälgen arbeiten. Sonst kamen jedoch in der Ausführung dieser Öfen verschiedene Formen zur Geltung. Geläufig wird das schon von Theophilus beschriebene Verfahren mit dem im Ofen eingemauerten Gefäß angewandt, ein Verfahren, das das Mittelalter aus früheren Zeiten übernommen und das sich bis in die Neuzeit hinein erhalten hatte. Es war eher für Güsse kleinerer Ausmaße geeignet und wurde häufig bei glockengießerischen Arbeiten außerhalb der einheimischen Hütte angewandt. Wandernde Glockengießer eigneten sich im Bestreben, den Umfang der notwendigen Ausstattung so viel wie möglich zu beschränken, den Bau von Schmelzeinrichtungen in Körben an. Man verwendete auch einfache Maueröfen. Der Bau von großen Maueröfen war hauptsächlich erst eine Angelenheit des 14. und 15. Jahrhunderts. Sie wurden vor allem in einheimischen Hütten errichtet, bei der Arbeit im Terrain dagegen, die von kleineren Varianten beherrscht war, allgemeinen nur selten und eher dort, wo es sich um einen umfangreicheren Auftrag in einem von der eigenen Werkstatt entfernten Ort handelte.

Den Kern des Problems der optimalen Konstruktion von Flammöfen sahen die mittelalterlichen Meister im Formen des Arbeitsraumes und in seinem Verhältnis zum Verbrennungsraum. Es überwog ein kreisförmiger Arbeitsraum. Eine Reihe von Glockengießern gab ovalen Formen (mit verschiedener Lage ihrer Längsachse zum Verbrennungsraum) den Vorrang. Große Aufmerksamkeit wurde auch dem Formen des Raumes in vertikaler Richtung gewidmet. Alle Bestrebungen konzentrierten sich auch hier auf die entsprechende Orientierung der Flammen durch entsprechende Wölbung des Raumes. Ähnlicherweise gestalteten sich auch die Konstruktionsvorhaben der Meister im Zusammenhang mit dem Verbrennungsraum. Auch hier konzentrierte sich das Hauptaugenmerk auf ein Formen in vertikaler Richtung (durch entsprechendes Formen der Wölbung und der Brücke und durch die richtige Festlegung ihres gegenseitigen Verhältnisses). Bei dem eigentlichen Bau des Ofens wurde großer Nachdruck im allgemeinen darauf gelegt, daß der Bau fest war, das heißt, daß er der Hitze des Feureus und dem Druck der Metallmenge widerstehen konnte.

Die Technologie des Schmelzens bleibt praktisch während des ganzen Mittelalters ohne markantere Veränderungen in der Entwicklung. Die Arbeit der Glockengießer unterscheidet sich lediglich danach, ob sie zum Schmelzen Flammöfen oder auf dem Prinzip von Schachtföfen gebaute Einrichtungen verwenden. Große Bedeutung legten die Glockengießer auf die richtige Lagerung des Einsatzes und die Vorbereitung einer genügenden Menge Brennstoff. Beim eigentlichen Verlauf des Schmelzens konzentrierten sie ihre Aufmerksamkeit einerseits auf das Feuer, andererseits auf das Metall. Es wurde von ihnen verlangt, daß sie dem Kampf des Feuers mit der harten Materie nicht freien Lauf ließen, sondern daß sie zu seinem wirklichen Dirigenten werden. Sie sollten ständig das Einwirken des Feuers auf das Metall verfolgen und nach der Entwicklung der Situation und der entstandenen Bedürfnisse seine Intensität regeln, bzw. bei Flammöfen die Flammen in die gewünschte Richtung regulieren. Ebenso wurden sie an die Notwendigkeit erinnert, ständig den Zustand des Metalls, seine Veränderungen und sein Verhalten zu verfolgen. Sie sollten sich jedoch nicht mit einer bloßen visuellen Untersuchung zufrieden geben, sondern mechanisch den Grad des Zerschmelzens des Metalls feststellen. Am Ende der Schmelze ging es vor allem um die Durchführung folgender Arbeiten: a) die letzten Proben und Herrichtungen der richtigen Zusammensetzung des Glockenmetalls, b) die endgültige Reinigung, c) das Erreichen einer optimalen Temperatur des geschmolzenen Metalls.

Beim Gießen konzentrierte sich hier die Aufmerksamkeit auf zwei wesentliche Aufgaben. Die eine betraf die Erhaltung der Reinheit des in die Form fließenden

Metalls. Dazu wurden einige Mitarbeiter bestimmt, deren Aufgabe es war, durch passende Sperren in der Rinne oder im Bad selbst eine ähnliche Gefahr zu verhindern. Die andere, bedeutsamere Aufgabe, die vom Glockengießer selbst beaufsichtigt wurde, beruhte in der Regulierung der Stärke des in die Form fließenden Metallstromes. Die Glockengießer wurden zu allmählichem Gießen gemahnt, damit sich das Metall in der Form gut setzen konnte und damit genügend Zeit zur Entlüftung war. Gleichzeitig waren sich jedoch die Meister auch dessen bewußt, daß der Strom entsprechend stark sein mußte, damit das in die Form kommende Metall von genügendem Gewicht und so auch von ausreichendem Druck war. Im Zusammenhang mit diesem Prozeß werden die Glockengießer oft eindringlich gewarnt, das Gießen zu unterbrechen.

Große Bedeutung wurde auch der Festlegung des geeignetsten Augenblickes für die Beseitigung der Form und die Freilegung des Gußstückes beigemessen. Ein Teil der mittelalterlichen Glockengießer war der Ansicht, daß die zur Freilegung des Gußstückes hinielenden Arbeiten gleich nach der Beendigung des Gießens aufgenommen werden sollten. Sie unterschieden sich untereinander lediglich in der Reihenfolge der Arbeiten und in der Begründung ihres Vorgehens. Allmählich setzte sich jedoch eine gänzlich entgegengesetzte Überzeugung durch. Dem Gußstück solle genügend Zeit zur natürlichen Abkühlung gelassen werden. Das biete der Legierung die Möglichkeit, richtig zu „reifen“. Diese Ansicht überwog gegen Ende des Mittelalters und in einer Hinsicht wurde sie besonders exakt durchgearbeitet: Es wurde eine bestimmte Zeitnorm festgelegt, zumindest im Sinne einer Minimalgrenze, die eingehalten werden mußte (Zeitdauer nach dem Glockengewicht).

Die letzte Etappe der Arbeiten entfaltete sich in drei Grundstufen: a) die Festlegung der Qualität des Abgusses, d. h. aller etwaiger Mängel sowohl an der Oberfläche als auch der Klangeigenschaften, b) die Erwägung über das Vorgehen bei ihrer Beseitigung, c) die Durchführung verschiedener Bearbeitungen. Der Umfang der Endbearbeitungen war abhängig vom Charakter der Mängel und von den Möglichkeiten ihrer Beseitigung. Die Oberflächenbehandlung beruhte auf folgendem Vorgang der Reinigung: Grobe Unebenheiten wurde abgemeißelt oder abgefeilt, die ganze Oberfläche wurde mit einer Drahtbürste gereinigt. Darüber, wie tief diese Oberflächenbehandlung in die Oberrinde eingegriffen hat (in welchem Maße sich die damaligen Glockengießer der Bedeutung dieser Gußrinde für die Klangeigenschaften der Glocke bewußt waren), wissen wir wegen mangelnder Berichte nichts Wesentliches. Unklar ist auch die Frage, wie die Korrektur der Klangeigenschaften der Glocke durchgeführt wurde. Eine ähnliche „Nachstimmung“ (mit Hilfe eines Meißels oder Schleifsteines) ist zwar seit dem älteren Mittelalter bei der Herstellung von Zimbeln bekannt und es wurde auch häufig praktiziert, im Zusammenhang mit Glocken wird es jedoch nirgends ausdrücklich erwähnt.

(Herz)

Im Falle des Herzens waren sich die mittelalterlichen Glockengießer der Grundanforderungen wohl bewußt, daß nämlich das Herz der Glocke entsprechen sollte, was Gewicht, Form, Länge und Art der Einhängung betraf. Das wichtigste Problem war für sie das entsprechende Gewicht des Herzens. Die Proportionalität des Gewichtes des Herzens und der Glocke wurde rahmenmäßig in Werten um 3—3,5 (bei Glocken aus sprödem Glockenmetall etwa bis 2,5 %) ausgedrückt. In der Praxis gingen jedoch die Glockengießerwerkstätten (zumindest im späten Mittelalter) vielerorts aus im vorhinein festgesetzten (d. h. von ihnen festgestellten und überprüften) Angaben für jede Glocke des entsprechenden Gewichtes aus. Eben aus diesen Angaben ist sichtbar, daß sie sich schon damals der Grundlage des gegebenen Problems bewußt waren, nämlich der Relativität der Bewegung der Proportionalität: mit dem steigenden Gewicht der Glocke verändert sich nicht nur das absolute Gewicht des Herzens

(es wächst), sondern auch der Anteil des Gewichts des Herzens an dem Gewicht der Glocke (er sinkt).

Beim Formen des Herzens wird prinzipiell eine entsprechende Massenverteilung unter Berücksichtigung seiner notwendigen Länge, der Schaftstärke und der Größe sowie der Form des Schlagteiles betont. Die Grundkonstruktion geht hier schon seit altersher aus der Form eines Kegels aus, die Form des eigentlichen Schlagteiles wird birnenförmig gewählt. Eine markantere Konzentration der Masse im Schlagteil des Herzens (bei manchen unterschiedlichen Formen) war offensichtlich durch das Prinzip limitiert, daß die maximale Breite dieses Teiles in der Beziehung zur Breite des Schlagteiles des Glockenkranzes (des Schlags) festgelegt werden soll.

Im Falle der Länge des Herzens wurden die in Betracht kommenden Beziehungen konstruktionsmäßig durchwegs so geregelt, daß die Länge des eigentlichen Herzens durch die innere Höhe der Glocke bestimmt wurde, und die genaue Funktionslänge wurde erst durch das Einhängen bei der Verbindung des Herzens mit der Glocke erzielt. Das Problem der richtigen Einhängung löste das Mittelalter durch ein Riemensystem. Die Herzen waren aus Eisen geschmiedet, das eher weich, jedoch zäh war, wobei darauf geachtet wurde, daß der eigentliche Schlagteil des Herzens regelmäßig und glatt bearbeitet war.

(Einhängung der Glocke)

Das Mittelalter war sich der zur Sicherung einer festen Lagerung der Glocke notwendigen Grundsätze und der Konstruktionsprinzipien, die ihre Beweglichkeit erleichterten, wohl bewußt. Prägnant wurden sie von Biringuccio ausgedrückt: Je stärker die Biegung der Querstange, je schwerer das Haupt, je länger der Schwanz und je näher dem Ende das Seil befestigt ist, desto beweglicher ist die Glocke, und desto leichter ist sie zu läuten. Sie waren insoweit geläufig, daß sie im Grunde genommen jeder erfahrene Handwerker (Zimmermann, Schmied) realisieren konnte. Das galt natürlich im Falle kleinerer und mittlerer Glocken. Die Einhängung mächtiger Glocken dagegen war ein großes Problem. Manche wählten deshalb schon damals den leichteren Weg: Sie hängten die Glocke fest ein und das eigentliche Läuten vollführten sie lediglich durch die Bewegung des Herzens.

Die Befestigung der Glocke am Joch ging im Mittelalter auf zweierlei Weise vor sich, und zwar je nach dem Charakter der Konstruktion der Krone. In den Fällen, wo die Krone einen mächtigen mittleren Bogen hatte, der die übrigen Henkel überragte, war es notwendig, diesen Bogen ins Joch insoweit einzutiefen, daß die übrigen Henkel zur unteren Fläche des Jochs anhafteten. Dabei ging es nicht um bloße Lagerung des Bogens, aber gleichzeitig um seine feste Verbindung mit dem Joch. Der starke Bogen war hier eben deshalb, um den überwiegenden Teil der Belastung zu tragen. Die Bearbeitung wurde gewöhnlich nach dem schon von Theophilus beschriebenen Verfahren durchgeführt. Bei Glocken ohne so bearbeitete Krone spannten sich an das einfache Joch nur einzelne Henkel durch ein System von Eisenbändern.

Die Lagerung des Joches in den Glockenstuhl wurde im allgemeinen so gelöst, daß in seine Enden genügend starke, runde Eisenstücke gesteckt wurden, deren herausragender Teil im Metallager des hölzernen Stuhles ruhte. Neben diesem Grundverfahren kam eine ganze Reihe weiterer Varianten zur Geltung. Allen ist das Bestreben gemeinsam, so eine Lagerung der Glocke zu erreichen, die es maximal erleichtern würde, die Glocke in Schwung zu bringen, und in Pendelbewegung zu erhalten. Im gegebenen Falle sah man die Lösung vor allem darin, daß die Längsachse des Jochs so hoch wie möglich über die Ebene der Lager des Glockenstuhles gehoben war. Große Aufmerksamkeit wurde ebenfalls der Konstruktion von Lagern gewidmet.

(Glockenreparaturen)

Geläufig wurden alle Veränderung und Reparaturen der Ergänzungs-, bzw. der Begleiteile der Glocke (Herz, Joch, Glockenstuhl) durchgeführt. Demgegenüber waren Reparaturen der beschädigten Stellen auf dem eigentlichen Glockenkörper (gesprungene Glocke, abgerissene Krone) eher außergewöhnliche Erscheinungen. Sie erforderten spezielle Kenntnisse und Erfahrungen, die am Ende des Mittelalters bei weitem nicht allen Glockengießern geläufig waren, wobei das Endergebnis aller anspruchsvollen und auch kostspieligen Bestrebungen sehr ungewiß blieb. Deswegen war es ganz natürlich, daß die Inhaber solche Glocken ausschieden und sie lieber umgießen ließen. Wenn es dennoch manchmal zu Versuchen kam, ähnliche Beschädigungen der Glocken zu reparieren, so geschah dies auf zweierlei Weise. Das erste Verfahren war mechanisch (Verbreiterung der Risse durch Feilen, Durchbohren von Öffnungen in der Haube u. ä.). Das zweite Verfahren wurde vom Bestreben geleitet, die Glocke vollwertig wiederherzustellen. Im Prinzip ging es hier um Löt- und vor allem Schweißtechnik. Beide waren im Mittelalter wohl bekannt und sie wurden auch angewandt, in älterer Zeit vor allem bei Reparaturen von Nutzgegenständen und Kunstwerken (Theophilus), im Ausklang auch bei Glocken.