Zeitschrift: Jahresbericht / Stiftung Ziegelei-Museum Meienberg Cham

Herausgeber: Stiftung Ziegelei-Museum Meienberg Cham

Band: 6 (1988)

Artikel: Tonröhren : zur Geschichte ihrer Herstellung und Verwendung vom handwerklichen bis zum industriellen Produkt

Autor: Suter Cutler, Elisabeth

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-844042

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Tonröhren

Zur Geschichte ihrer Herstellung und Verwendung vom handwerklichen bis zum industriellen Produkt

Dr. Elisabeth Suter Cutler

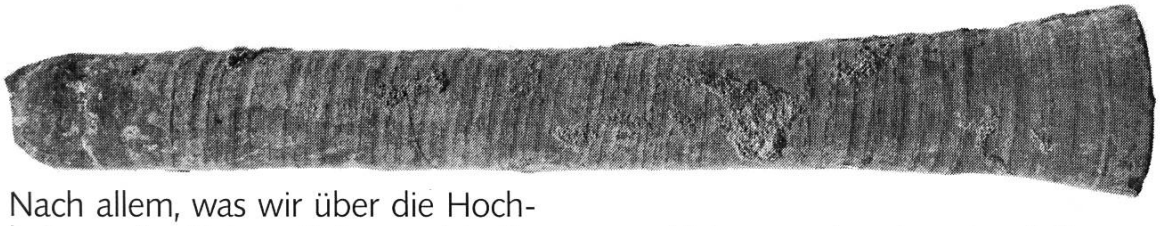

Abb. 1
Tonrohr, um 1483, von Steinheim a.d. Murr/ BRD; Länge: 58,5 cm (ZMM Reg.-Nr. 1272)

Nach allem, was wir über die Hochkulturen im Nahen Osten und Indien, wie auch über den griechischen und römischen Städtebau und Wasserverbrauch wissen, erstaunt es nicht, dass Tonrohre von bemerkenswerter Machart und Qualität schon vor Jahrtausenden hergestellt worden sind. Versuche, die Entwicklung des Tonrohrs und der Wasserleitungstechnik von den frühesten Funden im Zweistromland (Habuba Kabira) um 3500 vor Christus über Griechen und Römer bis ins Mittelalter darzustellen, liegen vor (1). Neben Ton wurde Kupfer und Blei, sowie römischer Beton (opus caementitium) für geschlossene Leitungssysteme verwendet, seit dem Mittelalter zudem Gusseisen.

Die Römer brachten die antike Rohrleitungstechnik nach Mitteleuropa. Das Vorkommen geeigneter harzhaltiger Hölzer, insbesondere Fichte und Föhre, führte hier aber gleichzeitig zur verbreiteten Verwendung von Leitungen aus ausgebohrten Baumstämmen, die entweder ineinandergesteckt oder mittels ins Stirnholz geschlagenen Eisenringen miteinander verbunden wurden (2).

Nach dem Zusammenbruch des römischen Reiches bauten hauptsächlich Klöster weiterhin Wasserleitungen, oft aus Holz, manchmal auch mit Tonröhren. Erwähnt seien ins 14. Jahrhundert datierte Tonrohrleitungen des Zisterzienserinnenklosters St. Johann in Alzey/Rheinland-Pfalz (3) und des Klosters Marienschloss in Rockenberg/ Hessen (4), sowie die Tonrohre (Abb. 1) einer um 1483 erbauten Leitung des Dominikanerinnenklosters Mariental in Steinheim a.d. Murr/ Baden-Württemberg (5).

Auch in der Stadt Zürich stiess man in der Umgebung eines ehemaligen Klosters (Prediger) auf Reste von Tonrohrleitungen. In den 90er Jahren des 18. Jahrhunderts entdeckte man mehrere, zirka 30 cm lange irdene Röhren, deren Stösse mit «Werg» (Hanf- oder Leinenfasern) als Abdichtung umwikkelt waren. Die Rohre waren in einem Bett von Hohlziegeln vermörtelt. Im Gegensatz zu den später auf dem gleichen Areal gefundenen Leitungen, die allesamt als römisch galten, hielt man diese für die ehemalige Klosterleitung, denn es war bekannt, dass die Predigermönche bei ihrer Niederlassung in Zürich um 1231 auch Brunnenrechte an einer Quelle oberhalb der Stadt (in einem Rebgelände oberhalb des späteren Hirschengrabens) erworben hatten (6).

Ob die 1833 im Kreuzgang des Predigerklosters gefundenen und heute im Landesmuseum aufbewahrten 54 cm langen Tonrohre tatsächlich römischen Ursprungs sind und, wie ehemals behauptet, mit einem römischen Bad im Zusammenhang stehen, ist sehr zweifelhaft. Heute stünden allenfalls moderne Datierungsmethoden wie Thermoluminiszenzanalyse, C 14 Datierung und Archäometrie für die Altersbestimmung zur Verfügung.

In Delsberg liessen die Kapuzinermönche 1626 eine Leitung aus Tonröhren für ihren Klosterneubau erstellen. Deren Schicksal zeigt aber mit aller Deutlichkeit, wie begrenzt die Verwendung gebrannter Tonrohre war. Schon 1645, also nur 19 Jahre nach ihrem Bau, wurde die offenbar schadhafte Leitung durch eine neue aus Holzröhren (Teuchel) ersetzt (7). Nach allen bisherigen Befunden spielten Tonröhren für die Wasserzu- und -ableitung im Gebiet der Schweiz weder bei den Römern noch in späterer Zeit eine grosse Rolle (8). Die im Vergleich zu den römischen wesentlich einfacheren Wasserversorgungssysteme mittelalterlicher und neuzeitlicher Städte bedienten sich in erster Linie der hölzernen Teuchel. Deren Vorherrschen schliesst allerdings die Verwendung einzelner Tonrohre innerhalb eines aus verschiedenen Materialien (Stein, Holz, Blei, Eisen und Ton) bestehenden Systems keineswegs aus (9). Während die langen Holzrohre – in Zürich lag das Normmass bei 5 Metern – für Leitungen über Land vom Quellgebiet zur Stadt auf jeden Fall bevorzugt wurden, eigneten sich die weit kürzeren Tonrohre im Verteilernetz innerhalb der Stadt Zürich und speziell für Mauerdurchbrüche oder für die Ableitung von Wasser aus Küchen, gegebenenfalls besser.

Eigenartigerweise lassen sich weder in den Bauamtsabrechnungen noch in den übrigen schriftlichen Quellen in Zürich vor dem 18. Jahrhundert irgendwelche Hinweise auf die Verwendung gebrannter Wasserleitungsröhren finden. Eine bescheidene Ausgabe (1 Pf. 8 Sch.) für «neüwe Salzröhrli» (wahrscheinlich salzglasierte Röhren) erscheint um 1783/84 in der Abrechnung über Unterhaltsarbeiten an der sogenannten Züblileitung, die im 16. Jahrhundert durch die Stadt übernommen wurde und zum Predigerkloster führte (10). Signaturen für Tonröhren kommen auch in der Legende zu einem Plan der Wasserfassungen am Üetliberg (Albisriederleitung) von 1772 vor (11). Offenbar wurden neben gemauerten Stollen und Holzrinnen im Bereich von Quellfassungen auch Tonrohre verwendet, nicht zuletzt deshalb, weil ihre längere Haltbarkeit an Orten, wo sie keinem grösseren Druck standzuhalten hatten, die Mehrausgabe wettmachte. Holzröhren mussten wegen Fäulnis relativ häufig ersetzt werden, unter Umständen schon nach 10 bis 20 Jahren.

Einem vermeintlich römischen Fund (Abb. 2) am Zürichberg aus dem Jahre 1842 verdanken wir Kenntnisse von der Konstruktion einer solchen Quellfassung mit Tonröhren (12). «... welche zur Läuterung des Wassers bei eingetretenem Regenwetter an der Quelle mit einer ebenso praktischen

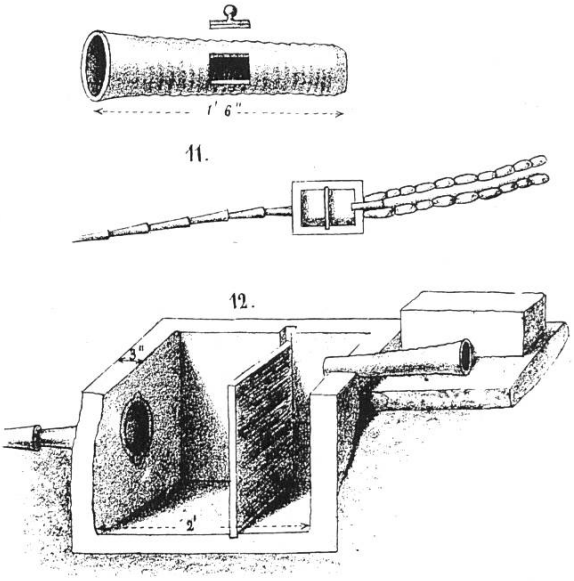

Abb. 2
Brunnenstube mit Tonrohrleitung, Keller, Heft 7/ Tafel 111 (Zentralbibliothek Zürich, 00 161 K)

als sorgfältig angelegten doppelten Wasserkammer versehen war und aus Röhren von der gewöhnlichen Art bestand, unter denen jedoch an einzelnen Stücken zum Behufe der Reinigung der Leitung viereckige, durch irdene Deckel verschliessbare Löcher angebracht waren.» Diese besonderen Stücke (Abb. 3) wurden denn auch als aufbewahrungswürdig betrachtet und kamen später über die Antiquarische

Abb. 3
Putzstück einer Tonrohrleitung (Schweiz. Landesmuseum Zürich, AG 389)

Gesellschaft ans Landesmuseum. Reinigungsöffnungen finden sich übrigens auch in Holzleitungen und erlaubten das Befreien des Strangs von Ablagerungen mittels Haselruten. Diese Technik ist ebenso wie die Läuterung des Wassers in unterteilten Brunnenstuben in den schiftlichen Quellen des 17. und 18. Jahrhunderts beschrieben, weshalb denn auch angenommen werden muss, dass es sich beim «Römerfund» ganz einfach um eine in Vergessenheit geratene Quellfassung aus neuerer Zeit handelte.

Wohl sind römische Tonrohre wie andere römische Ziegeleiprodukte ab und zu mit einem Legionsstempel versehen und können solchermassen einwandfrei datiert und einem Hersteller zugeordnet werden. Fehlen aber solche Hinweise auf dem Produkt selbst und sind sie auch nicht durch die Fundumstände archäologisch eruierbar, wird die Datierung schwierig. Allerdings sollte man meinen, dass das Alter der Röhren aufgrund der Machart zu erkennen sei, wie das etwa bei der Dachdekkung auch der Fall ist. Bis jetzt fehlen jedoch die nötigen grundlegenden Untersuchungen.

Von Hand geformte Röhren

Für die Herstellung von Hand geformter Rohre (Abb. 4) aus Lehm gibt es verschiedene Techniken. Die seit dem Altertum wohl häufigste ist das Drehen auf der Töpferscheibe. Obwohl die Fachliteratur des 19. Jahrhunderts die Herstellung auf der Scheibe für mehr als 30 cm lange Stücke als unmöglich betrachtet (13), sind durchaus römische wie mittelalterliche Rohre

Abb. 4
Römisches Tonrohr von Vindonissa, Länge: 55 cm (ZMM Reg.-Nr. 1016)

von einer Länge bis gegen 60 cm anzutreffen. Bisweilen finden sich Rohre, welche aus zwei, in der Mitte zusammengefügten und verstrichenen Elementen bestehen, zu erkennen am

Wulst um die Rohrmitte (14). Auf der Scheibe geformte Rohre zeigen innen und aussen die durch das Drehen und Hochziehen bewirkte spiralförmige Riefung. Das Profil des Rohres ist unregelmässig. In der Regel sind die Rohre konisch, am Zapfenende immer verjüngt und auf der gegenüberliegenden Seite geweitet, so dass sie ineinandergesteckt werden können. Je nach dem sind sie am weiten Ende innen im Sinne einer Muffe mit einem Absatz, am dünnen Ende mit einem Flansch (Anschlag) versehen, was ein besseres Vermörteln und Abdichten ermöglicht (Abb. 5). Rohre dieser Art sind unter antikem wie mittelalterlichem Fundgut zu finden.

Abb. 5
Auf der Scheibe gedrehtes Rohr mit Flansch (Schweiz. Landesmuseum Zürich, LM 18127)

Eine weitere, vermutlich neuzeitliche Herstellungstechnik, ebenmässigere Röhren mit Hilfe eines Holzkerns auf der Scheibe zu formen (Abb. 6), haben Hampe und Winter 1958 noch bei den Töpfern und Zieglern in Sizilien (15) beobachtet: «Der Töpfer bearbeitet auf der Scheibe einen Tonballen, indem er ihn zum Kegel hochzieht, dann mit der Faust aufbricht, dann nochmals hochzieht, als wolle er einen Krug machen. Dann steckt sein Gehilfe von oben ein nasses rundes Formholz in die Öffnung. Um dieses Formholz zieht der Töpfer von unten nach oben die Röhre in die Höhe. Nun wird das Formholz herausgenommen, die Röhre wird abgeschnitten. Wenn die Röhren angesteift sind, werden sie von Arbeiterinnen am feuchten, dickeren Ende mit einem Messer zur weiten Mündung gleich einer Muffe ausgeschnitten und auch von aussen dünnwandiger geschnitzt.»
Bei dieser Verarbeitungsart werden wohl aussen die spiraligen Riefen sichtbar bleiben, innen jedoch wird die Wand durch den benetzten Holzkern geglättet. Die lichte Weite entspricht dem verwendeten Rundholz

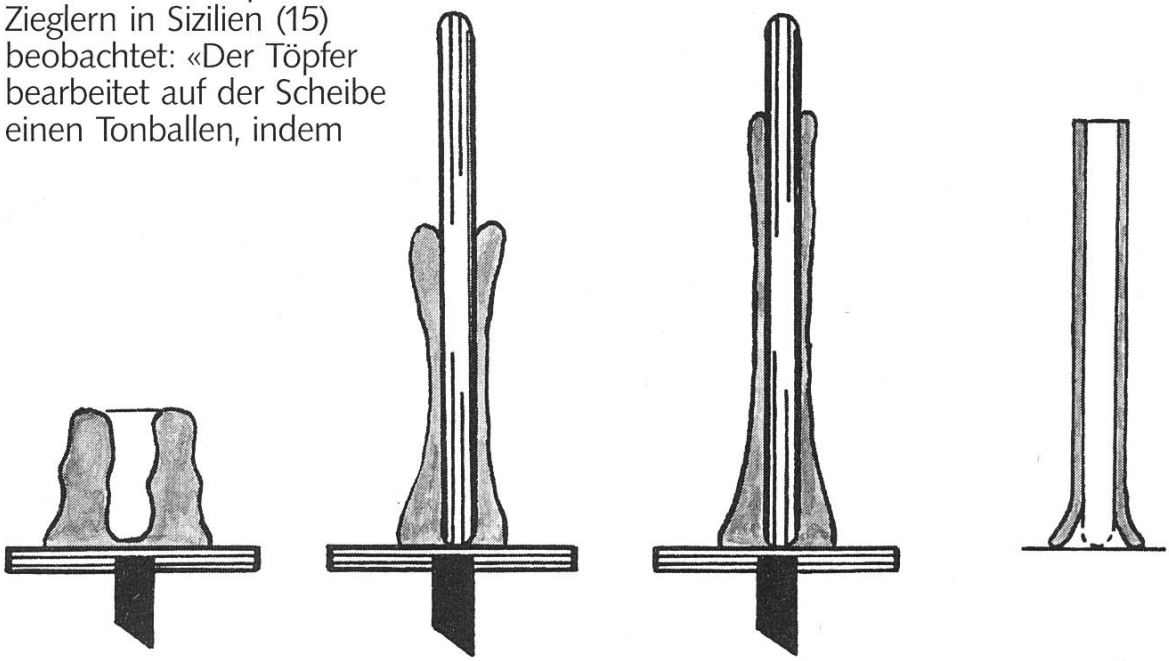

Abb. 6
Herstellung eines Tonrohrs mit Formholz auf der Scheibe, nach Hampe/Winter. Zeichnung: Lisa Brun/ZMM

und ist auf der ganzen Länge gleich. Das dickere Ende wird auch hier ausgeweitet, das dünnere zugespitzt. Ein Rohr dieser Machart (Abb. 7) wurde uns kürzlich von einem Brunnenmeister aus Bäriswil/BE gezeigt. Es stammt aus den Bauvorräten seines Vaters und wurde in ländlichen Brunnenwasserversorgungen als Reduktion (Leitungsverengung) verwendet (16).

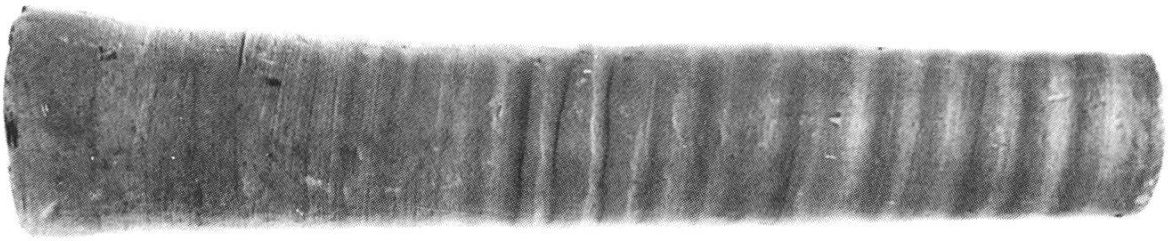

Abb. 7
Auf der Scheibe mit Formholz gedrehtes Rohr, neuzeitlich, aus Bäriswil/BE (ZMM Reg.-Nr. 2102)

Bis ins 19. Jahrhundert scheinen Tonröhren bei uns in der Regel von Hafnern hergestellt worden zu sein (17). Um Zieglerrohre aber handelt es sich vermutlich bei allen nicht auf der Scheibe geformten, sondern um einen Rundling gelegten und entlang der Längsnaht verstrichenen Röhren, wie sie vor allem aus dem 18. und 19. Jahrhundert bekannt sind. Bei dieser wohl billigeren und weniger zeitaufwendigen Methode wurde ein viereckiger oder trapezförmiger Lehmlappen im Rahmen gestrichen oder, nach Heusinger, mit einem Draht von einem Lehmblock abgeschnitten (Abb. 8), über das Formholz gelegt und die Fuge anschliessend verstrichen (Abb. 9), was meist innen, möglicherweise auch aussen, noch sichtbar ist. Sofern das Formholz an einem Ende eine Verbreiterung aufwies, konnte der Lappen muffenartig ausgeformt werden (18). Bei der abgebildeten Röhre (Abb. 10) ist ein Ende ausgeweitet, das andere leicht verengt.

Moderne Wasserversorgung und Kanalisation

Zürich litt in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts unter akutem Wassermangel, den man vor allem durch das Graben von Sodbrunnen wettzumachen versuchte. Dies beschwörte aber die Gefahr von Epidemien durch Cholera und Typhus herauf, denn der Untergrund der Stadt war wegen dem Fehlen eines umfassenden städtischen Kanalisationssystems an vielen Orten mit Abwässern aus Ehgräben und Senkgruben verunreinigt. Allerdings wurde dies erst um die Jahrhundertmitte allmählich erkannt. Vorerst bemühte man sich, die Versorgung der Bevölkerung mit Quellwasser an den öffentlichen Brunnen der Stadt zu verbessern, indem man anstelle von Holzteucheln Tonröhren zu verlegen begann. Dies verminderte die Transportverluste von Wasser in den Leitungen. Vermutlich handelte es sich bei den verwendeten Röhren noch um von Hand hergestellte Produkte lokaler Provenienz. Jedenfalls gab um eben diese Zeit (1828) die Hafnerei «Zum Weyer» von Hans Rudolf Bodmer in Zürich-Riesbach ihre Geschirrproduktion zugunsten der Röhrenherstellung auf (19).

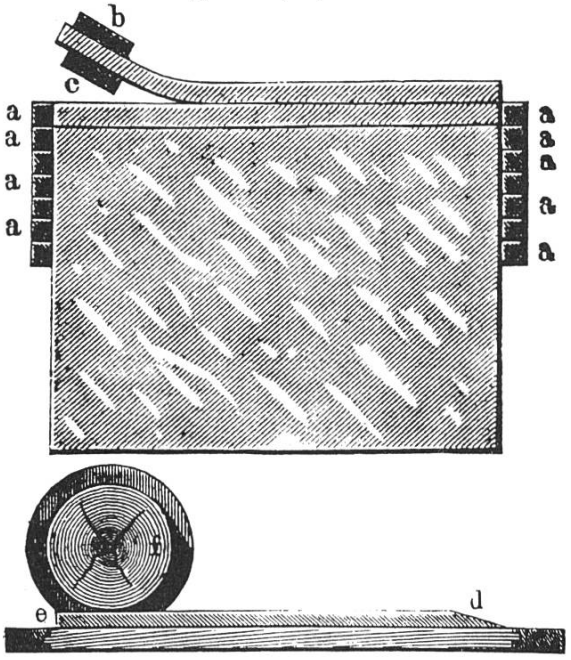

Abb. 8
Rationelle Methode zum Formen eines Tonrohrs (um 1860): mit einem vom Lehmblock geschnittenen Lehmlappen; Heusinger, Fig. 562 (Kantonsbibliothek Luzern)

Abb. 9
Eine Kante wird vor dem Aufrollen um den Holzkern schräg angeschnitten. Heusinger, Fig. 563

Abb. 10
Konisches Zieglerroh, über Holzkern geformt, ein Ende geweitet, von Aarwangen/BE; Länge: 60 cm (ZMM Reg.-Nr. 1565)

Stadtbauherr Nüscheler begründete 1837 den Entscheid, zukünftig vermehrt Ton- und Eisenröhren zu verlegen, mit dem Argument, dass die weitaus weniger haltbaren Teuchel wegen der Holzverknappung im Preis ständig stiegen, so dass «...ohnehin früher oder später im Betreff des Brunnenwesens eine sehr bedeutende Mehrausgabe bevorsteht, wenn einmal die an keine Zukunft denkende Holzverschwendung der Gegenwart so weit gediehen seyn wird, dass man nur um übermässige Preise hölzerne Teuchel ankaufen kann.» (20) In einem ersten Erfahrungsbericht über das neue Leitungsmaterial von 1838 wurde die Verwendung der Tonrohre nur mit Vorbehalt empfohlen, da sich auch in den innen glasierten Röhren Sintermaterial absetzen und den Durchlass verengen könne und weil man festgestellt habe, dass die Tonrohre trotz ihrer verbesserten (21) Qualität dem Wasserdruck nicht immer standzuhalten vermochten. Während die Tonrohre pro Längeneinheit doppelt so teuer zu stehen kamen wie die herkömmlichen Holzteuchel, wurde der Preis der weitaus solideren Eisenröhren auf das Achtfache der Holzteuchel veranschlagt. Solche Mehrausgaben waren für das knappe Stadtbudget des frühen 19. Jahrhunderts wohl vorerst zu hoch. Nur für gebogene Abschnitte wurden Eisenrohre verwendet; die Herstellung von tönernen Formstücken wie Bogen (Knierohr) und Abzweigungen mittels Gipsformen war offenbar zu aufwendig. Um die Jahrhundertmitte begann man dann, die Leitungen aus den privaten Grundstücken in die öffentlichen Strassen zu verlegen, wozu sich Tonrohre, wie man bald feststellte, nicht gut eigneten. Erschütterungen durch den Strassenverkehr oder Erdarbeiten, wie das Verlegen neuer Leitungen, verursachte in den Rohren und Verbindungen Risse, aus denen bei erhöhtem Druck das Wasser austreten konnte.

Im Zuge der Reformen von sanitären Einrichtungen und der Einführung einer zentralen Wasserversorgung schaffte deshalb die Stadtverwaltung auf den Vorschlag des Stadtingenieurs,

Abb. 11
Inserat aus der Neuen Zürcher Zeitung vom 13.4.1867

Ziegler'sche Thonwaarenfabrik in Schaffhausen

empfiehlt ihre mechanisch gepreßten, steinhart gebrannten und gut glasirten **Thonröhren** von 1½ bis 10 Zoll Lichtweite zu **Wasserleitungen**, für **Brunnen, Turbinen** ꝛc. und übernimmt deren Ausführung bis zu einem **Wasserdruck von 100 Fuß, accordweise mit Garantie.**

Zeugniß.

Mit Berufung auf ein im Jahr 1844 ausgestelltes, empfehlendes Zeugniß über eine auf meinem Gute im Jahr 1838 ausgeführte Brunnenleitung mit irdenen Teicheln aus der Ziegler'schen Thonwaarenfabrik in Schaffhausen, kann ich dasselbe auch heute in voller Ausdehnung bestätigen, indem sich diese Brunnenleitung nun nach bald 30jähriger Dauer in schwierigem Terrain bei sehr hohem Druck und bedeutendem Wasserquantum noch in bestem Zustande befindet.

Der beste Beweis meiner Zufriedenheit liegt darin, daß ich im Oktober 1862 abermals eine bedeutende Brunnenleitung aus irdenen Teicheln durch die Ziegler'sche Thonwaarenfabrik legen ließ und auch diese Arbeit ist musterhaft ausgeführt worden.

Reichenau bei Chur, 15. März 1867.

Oberst Ulrich von Planta, Reichenau.

Arnold Bürkli-Ziegler, eine Druckpumpe an, mit der nicht nur die Rohre, sondern auch die Verbindungen geprüft werden konnten. Bürkli stützte sich wohl auf seine Untersuchungsergebnisse, als er in seinem Bericht an den Stadtrat 1866 bemerkte (22): «Die Röhren aus gebranntem Thon widerstehen an sich mit vollständiger Sicherheit einem ziemlich bedeutenden Druck über 100 Fuss Wasserhöhe. Es ist daher schon oft vorgeschlagen worden, sie auch zu solchen Leitungen zu benutzen, in denen das Wasser im Druck steht. Die schwachen Punkte liegen jedoch hier in den zahlreichen Verbindungsstellen, sei es dass solche in Muffen oder in Verbindungsringen, welche über die Fugen geschoben werden, bestehen. Die Dichtung der Fugen geschieht mit Zement oder Kitt, welche in kurzer Zeit vollkommen hart werden. Da sowohl Muffen als Verbindungsringe dem Zersprengen nur sehr schwach widerstehen, verursacht die geringste Bewegung beim Legen oder im Boden, sowie jedes Anschwellen des Dichtungsmaterials ein Zerspringen der Verbindung und ein Leckwerden der Fugen. Bei freiem Lauf des Wassers hat dies keinen Nachtheil, da die entstehenden Risse nur sehr fein sind und kein Wasser entweichen lassen, verursacht dagegen bei höherem Drucke bedeutende Verluste.»

Bürkli befürwortete deshalb die Verwendung von Tonröhren nur für kleinere tiefliegende Abzugskanäle. Die Druckwasserleitungen der neuen Wasserversorgung wurden in Gusseisen ausgeführt, die Verwendung von Tonrohren hingegen auf die Abwasserleitungen aus den Häusern in die gemauerten Kanäle in den Strassen beschränkt. Gleich nach dem zustimmenden Beschluss zur Kloakenreform im Jahre 1867 inserierte die Ziegler'sche Thonwarenfabrik in Schaffhausen (Abb. 11) ihre «mechanisch gepressten (Abb. 12), steinhart gebrannten und gut glasierten Thonröhren», und auch der Teichelfabrikant Richner aus Aarau (Abb. 13) liess unter der Überschrift «Thon-Röhren.» wissen, dass er in Zürich ein Lager von «bestens glasierten und gebrannten Röhren zu Brunnenleitungen und Abtrittkanälen» unterhalte und grösste Aufträge «in wenigen Tagen und zu den billigsten Preisen» auszuführen imstande sei (23).

Abb. 12
Maschinell gepresste Tonröhren (85/111/94 cm lang) ZMM Reg.-Nr. 1786.1, 1804, 1805)

Abb. 13
Muffenrohr mit Stempelaufdruck von Ferdinand Richner, Teichelfabrikant Aarau 1866 (ZMM Reg.-Nr. 640)

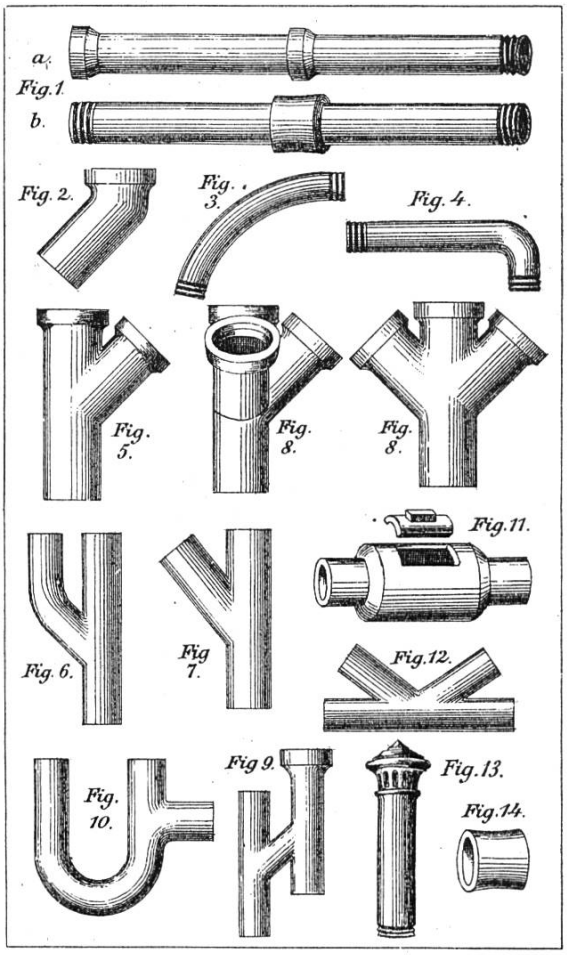

Abb. 14
Aus einem Prospekt der Firma Bodmer in Zürich-Wiedikon, um 1878 (Stadtarchiv Zürich, VII 174)

Die beiden Zürcher Röhrenfabrikanten in Riesbach und Wiedikon haben offenbar erst um 1872 Röhrenpressen angeschafft (24). Der in der Umgebung von Zürich verfügbare Ton eignete sich nicht für die Herstellung von Steinzeug, so dass hier weiterhin nur Tonröhren fabriziert, die in den Prospekten angebotenen Steinzeugprodukte aber eingeführt wurden. Die Firma Bodmer in Wiedikon pries in einem Prospekt von 1878 ihre Tonröhren (Abb. 14) als Alternative zu den Holzteucheln für kleinere, wohl ländliche Wasserversorgungen an (25): «Für Brunnenleitungen ohne Hydranten eignen sich die kleinen Röhren vor allen andern, da sie das Wasser reiner und frischer abgeben und keiner Verwesung ausgesetzt sind.» Schon Vitruv hatte in seiner «Baukunst» (8. Buch, 7. Kapitel) das Wasser aus Tonröhren als geschmacklich demjenigen aus Holz- und Bleileitungen weit überlegen gelobt!

Die grösseren Röhren, heisst es im gleichen Prospekt, fänden «... für Dolen und Ableitungen jeder Art mannigfache Verwendung und insbesondere auch für Abtrittleitungen, für welche sie das billigste und bewährteste Material seien ...» Diese Meinung teilten allerdings die Fachleute bald nicht mehr, jedenfalls im städtischen Bereich, wo das widerstandsfähigere, innen und aussen glasierte Steinzeugrohr das gewöhnliche Tonrohr schliesslich verdrängte.

Gepresste Röhren

Die ersten Versuche, Tonrohre auf eine einfache Art und in grosser Zahl mittels Formen zu pressen, dürften mindestens ins 18. Jahrhundert zurückgehen. In seiner Schrift «Schau-Platz der Wasser-Bau-Kunst» von 1724 schreibt der königlich-preussische Kommerzienrat, Mathematiker und Mechanikus Jacob Leupold (26): «Weil an vielen Orthen das Holtz zum höltzernen Wasser-Röhren nicht nur schwehrlich, sondern auch theuer anzuschaffen ist, und dennoch selbige bald verfaulen, so hat man eine Anstalt zu töhnern Röhren gemachet, weil solches eine Sache, die fast an allen Orthen von Töpffern kan gemachet werden, und dennoch in der Erde eine sehr lange Daure haben ...» Wie beim Zieglerrohr soll auch hier der Ton «... nach gehöriger Dicke der Röhre und deren Länge und Weise als ein flaches Brett zugerichtet, und alsdenn um den Kern wohl geschlagen ...» werden. Anschliessend wird er in einen aus zwei Hälften bestehenden Model gelegt und gepresst. Form und Kern bestehen aus gesottenem und geöltem Holz. Für die Form schlägt Leupold auch Messing vor, vermutlich weil sich dieses weniger schnell abnutzt. Auf solche Weise gepresste Rohre sollten fugenlos ineinander gepasst werden können, ein Vorteil gegenüber den von Hand geformten Muffen und Zapfen.

Leupold beschäftigt sich auch mit weiteren Problemen von Tonrohrleitungen, wie der Herstellung gebogener Rohrstücke sowie der sorgfältigen Verlegung der Rohre im Boden. Um ein nachträgliches Verschieben und Bewegen der starren für Risse und Brüche anfälligen Leitung zu verhindern, musste ein Fundament aus Ziegelsteinen gebaut werden, auf denen die Rohre sicher ruhen konnten.

Im nördlichen Alpenraum allerdings vermochten die Wälder noch für ein weiteres Jahrhundert den Bedarf an Holz für Leitungen zu decken, so dass hier wohl niemand auf die Idee verfallen wäre, auf diese komplizierte Art Tonröhren herzustellen. Zudem stand die Wasserbautechnik im 18. Jahrhundert nicht zuletzt im Dienste der reichen Fürstenhäuser, die sich nach dem Stil der Zeit in ihren Gärten Wasserspiele und Springbrunnen anlegen liessen; auch dies eine Erscheinung, die hierzulande kaum grosse Nachahmung fand.

Erst Anfang des 19. Jahrhunderts begann man sich nach maschinellen Methoden für die Herstellung von Tonröhren umzusehen. In Württemberg soll ein Ziegler 1822 beim Lehmabbau auf eine römische Ziegelei gestossen sein und dabei Tonrohre entdeckt haben, die ihn zur Nachahmung anregten. Um mit der grossen Nachfrage Schritt zu halten, entwickelte sein Sohn, Ernst Bihl, eine hydraulische Röhrenpresse und liess sie auch gleich patentieren (27).

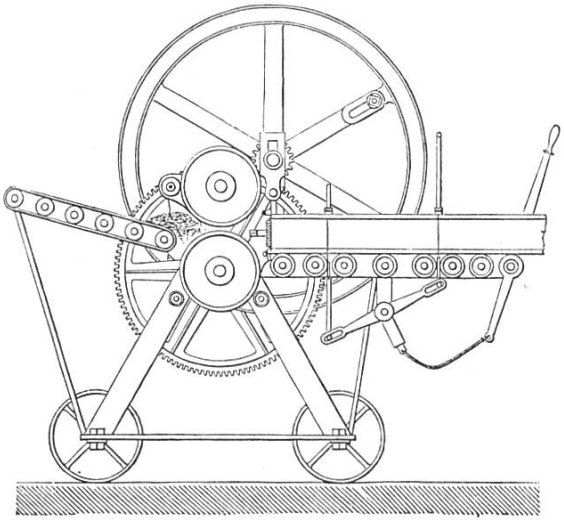

Abb. 15
Walzenpresse von Ainslie, Salvétat 1857, S. 325 (ZMM Bibliothek A 3)

Nach Heusinger allerdings soll in Deutschland erst um 1835 eine Röhrenpresse eingesetzt worden sein, und zwar in der Fabrik von Villeroy und Boch in Mettlach bei Trier (28).

Nebst einem 1837 in Schottland entwickelten Modell, baute in Frankreich um 1838 ein Fabrikant namens Reichenecker aus Ottwiller eine Presse mit einem Mundstück für Röhren (29).

Die ersten für das Pressen von Tonröhren entwickelten Maschinen konnten, sofern sie mit auswechselbaren Mundstücken versehen waren, sowohl zur Herstellung von Backsteinen wie auch für Röhren eingesetzt werden. Sie pressten den Lehm mit Kolben (Kolbenpresse), Walzen (Walzenpres-

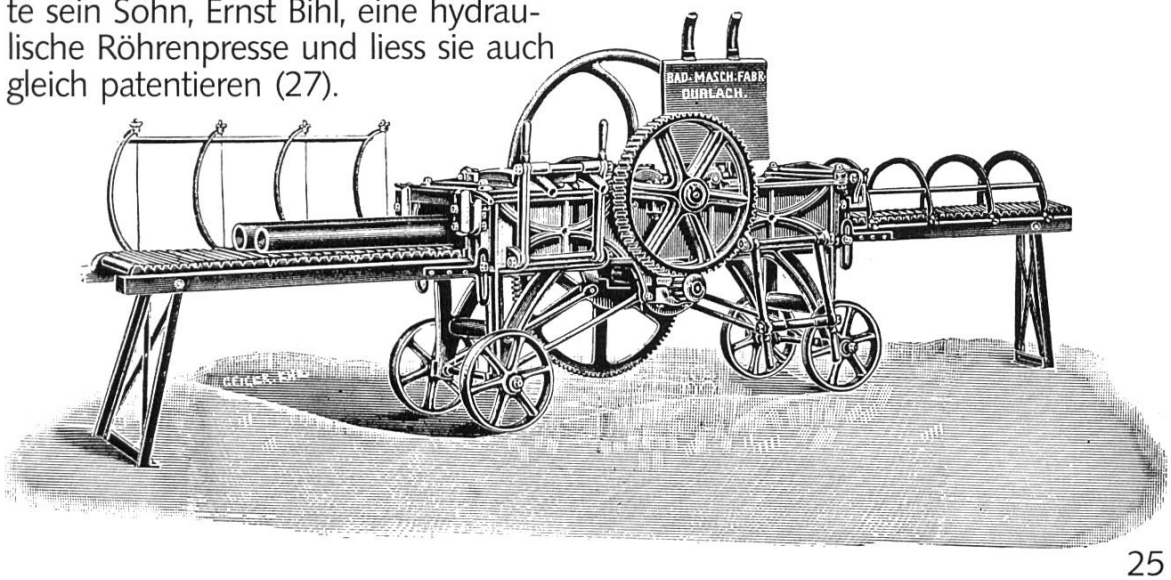

Abb.16
Kolbenpresse. Bock S. 135 (ZMM Bibliothek B 78)

se) oder Schrauben (Schneckenpresse) durch die Öffnung im Mundstück (Abb. 15/16). Mit einer Abschneidevorrichtung aus Draht wurde der waagrecht auf Rollen gleitende Strang in die passenden Backstein- beziehungsweise Rohrlängen zerschnitten.

Unter dem Titel «Vom dem Neuen das Neueste und Beste.» stellte A. H. Payne in seinem «Universum und Buch der Kunst» seiner deutschsprachigen Leserschaft um die Jahrhundertmitte die auf der Industrieausstellung in London 1851 prämierten Kolbenpressen vor, auf denen vom Back- und Formstein über den Dachziegel und ganze Architekturbauteile bis hin zur Drainage- und Muffenröhre (Abb. 17) alles zu machen war.

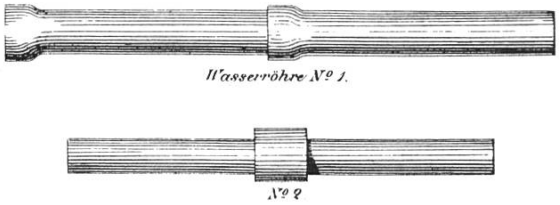

Abb. 17 Maschinell gepresste Wasserröhren, Payne, Tafel 11 (ZMM Bibliothek B 131)

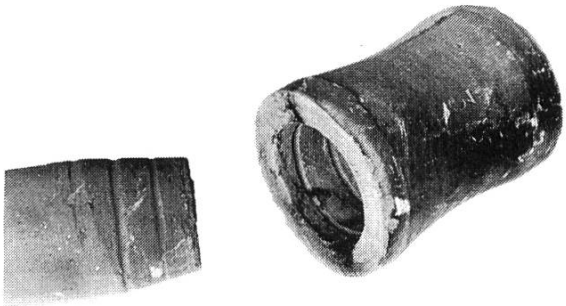

Abb. 18 Tonrohr mit losem Muffenstück, von Otelfingen/ZH (ZMM Reg.-Nr. 1809 – 1810)

Die von den Engländern Norton und Borie konstruierte Presse stellte offenbar bereits Wasserröhren mit Muffen her.
Oft konnten auf den Pressen nur die geraden Rohrstücke fabriziert werden. Als Verbindung dienten kürzere Rohre mit entsprechend grösserem Kaliber, welche über die Rohrenden passten (Abb. 18), oder aber angesetzte Muffen. Diese wurden entweder mit Hilfe einer auf der Töpferscheibe sitzenden Schablone geformt (Abb. 19/20), oder indem ein kurzes, weites, auf der Maschine gepresstes Rohrstück (Abb. 21) über das Rohrende gestülpt und angedreht wurde.

Heusinger schreibt, dass auch grosse Tonwarenfabriken auf diese Weise Muffenrohre herstellten, weil es billiger sei, als wenn die Muffen auf der Maschine selbst geformt würden (30).

Besonders kleinere Betriebe auf dem Land, die in erster Linie Drainröhren ohne Muffen und Zapfen herstellten, konnten so mit einer einfachen Drehscheibe Muffen für Röhren fabrizieren, ohne eine weitere Spezialpresse anschaffen zu müssen. Ein gutes Beispiel hiefür ist die Röhrenhütte in Bäriswil/BE, die ihre Produktion um 1950 einstellte. Sämtliche Muffenröhren in ihrem Lager haben handgedrehte Muffen, die auf einer ebenfalls noch erhaltenen hölzernen, speziell für diesen Zweck gebauten Töpferscheibe gedreht worden sind.

Ebenfalls aus Bäriswil stammt eine Anzahl von Abzweigungen (Abb. 22), welche auf einfache Art durch Ausschneiden einer Öffnung und Anfügen eines Rohrstumpfes mit Muffe schräg oder senkrecht zum aufge-

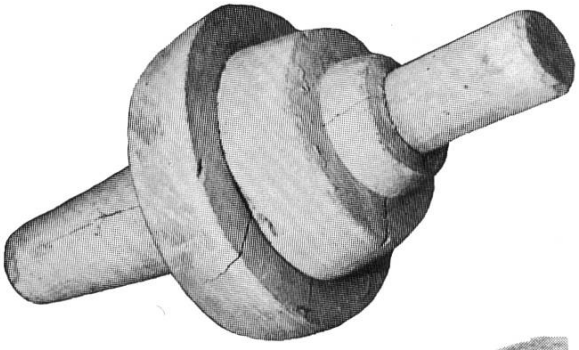

Abb. 19 Schablone aus gebranntem Ton für das Formen von Muffen auf der Scheibe, aus der Röhrenhütte Bäriswil/BE (ZMM Reg.-Nr. 2116)

Abb. 20 Auf der Scheibe geformte und angefügte Muffe, von Niederhasli/ZH (ZMM Reg.-Nr. 1805)

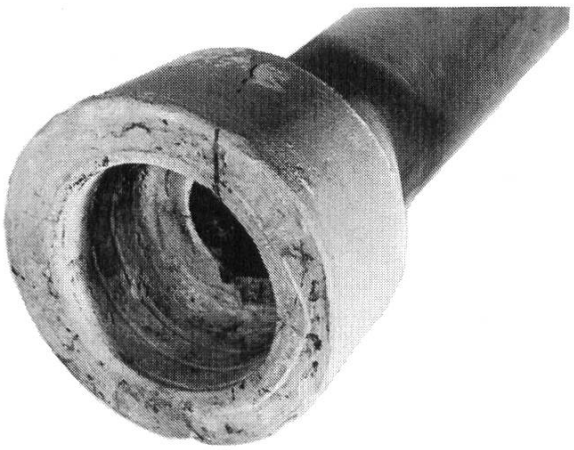

Abb. 21
Angesetzte Muffe aus einem kurzen maschinell gepressten Rohrstück, von Buchberg/SH (ZMM Reg.-Nr. 1804)

schnittenen Rohr hergestellt worden sind. Ein oft nur wenig verstrichener Lehmwulst verstärkt die Schwachstelle am Ansatz.

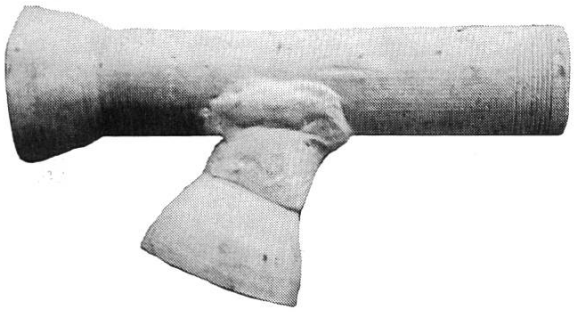

Abb. 22
Formstück (Abzweigung) aus zwei maschinell gepressten Einzelröhren von Hand zusammengesetzt, Röhrenhütte Bäriswil/BE (ZMM Reg.-Nr. 2141)

Die von Clayton entwickelte Muffenröhrenpresse arbeitete im Unterschied zu den waagrechten Kolbenpressen in vertikaler Richtung. Der senkrecht stehende Zylinder wurde mit einer Muffenform (Schablone), die sich beim Einfüllen des Lehms zuerst füllte, fest verschlossen, anschliessend die Halterung gelöst, so dass das Rohr durch das Mundstück hinausgepresst werden konnte. Unter dem Gewicht des austretenden Rohres bewegte sich gleichzeitig der unter Wasserdruck stehende Tisch bis zum Anschlag nach unten. Sobald er stehen blieb, wurde die Röhre oben beim Mundstück abgeschnitten und auf der Tischplatte ins Trockengestell getragen. Der Nachteil der Clayton'schen Presse bestand darin, dass sie während dem Absetzen des Rohres nicht pausenlos pressen konnte. Konkurrenz erwuchs ihr deshalb in der 1873 auf der Wiener Weltausstellung vorgestellten Maschine der Gebrüder Sachsenberg aus Rosslau an der Elbe. Heusinger preist diese Presse als die erste, welche eine eindeutige Verbesserung und Vorteile gegenüber den von Hand angesetzten Muffen bringe (31). Ausserdem erlaubte die Maschine, auf einfache Art gebogene Röhren (Abb. 23) herzustellen: «Gewöhnlich werden diese Rohre auf eine Meterlänge ausgepresst und es ist einem geschickten Arbeiter ganz leicht, durch Abbiegen des austretenden Rohres demselben auch jede beliebige Krümmung zu geben, so lange der Rohrdurchmesser nicht grösser als 200 mm wird.» (32) Bei grösseren Röhren musste beim Biegen eine nachteilige Verformung des Rohrquerschnittes in Kauf genommen werden. Immerhin handelte es sich hier um eine weitaus einfachere Methode, als es die herkömmliche Herstellung gebogener Rohrteile mit Gipsformen darstellte.

Nicht unerwähnt bleiben darf in diesem Zusammenhang die von Schlickeysen entwickelte Schneckenpresse (Abb. 24), welche die Ziegeltechnik einen grossen Schritt weiterbrachte. Sie verband die Tonaufbereitung (Tonschneider) mit dem Pressvorgang. So

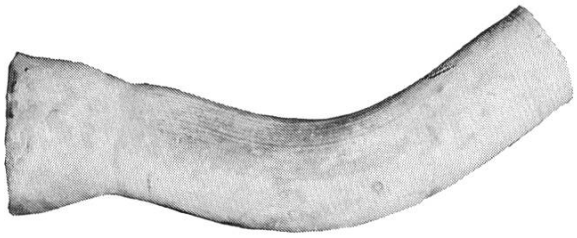

Abb. 23
Auf Drainröhrenpresse fabriziertes Bogenrohr mit angefügter Muffe, Röhrenhütte Bäriswil/BE (ZMM Reg.-Nr. 2134.2)

schreibt denn auch Heusinger (33): «Die ununterbrochen arbeitenden Röhrenpressen von C. Schlickeysen in Berlin sind im Wesentlichen senkrecht gestellte Thonschneider, aus welchen das Auspressen des Rohrstranges durch die Wirkung der Schraube erfolgt...» Das Ergebnis war ein sehr gleichmässiges, dichtes und blasenfreies Rohr und weniger Verlust beim Trocknen und Brennen.

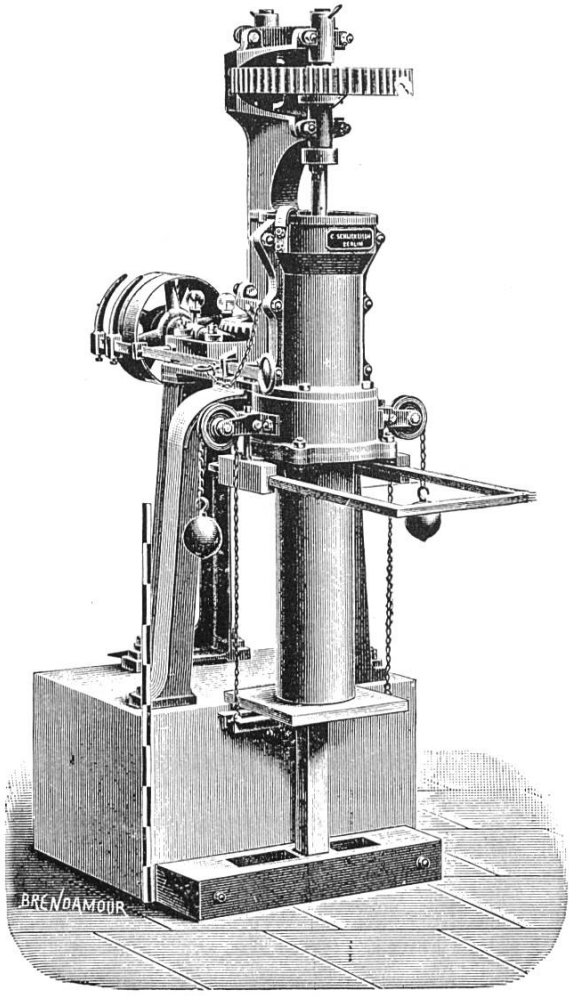

Abb. 24
Lotrecht wirkende Röhrenpresse von C. Schlickeysen, Berlin, Bock S. 138 (ZMM Bibliothek B 78)

Kleinere Pressen, gleich welcher Machart, konnten von Hand bedient werden, die grösseren wurden mit Pferden oder Dampfkraft betrieben. «Bevor ich Ihnen bestimmtes anempfehlen kann,» schrieb Schlickeysen auf der Rückseite eines Prospektes für seine Pressen 1872 an Bodmer in Zürich, «muss ich bitten mir gefälligst mitzutheilen wieviele und wie grosse Röhren Sie pressen wollen, und mit welcher Triebkraft? Ich baue dergleichen für Hand, Pferde und Dampfbetrieb.» (34)

Mit dem maschinellen Verarbeiten und Pressen des Tones hatte das Rohr noch lange nicht seine endgültige brennbare Form gefunden.

Die gepressten Rohre wurden reihenweise mit den Muffen nach oben zusammengestellt und mit feuchten Tüchern abgedeckt, damit sie gleichmässig antrocknen (anziehen) und etwas steifer werden konnten. Nach 24 Stunden kamen sie auf eine einfache Drehbank, wo Haftrillen (Abb. 25) an den Spitzenden und in den Muffen eingeritzt wurden. Anschliessend liess man die so behandelten Röhren nochmals 24 Stunden trocknen, dann wurden sie gewendet und auf die Muffen gestellt, so dass die Spitzenden, welche gestaucht waren, geglättet und abgerundet (gespitzt) werden konnten (35). Erst nach diesem «Verputzen» genannten Vorgang kamen die Röhren in die Trokkengestelle. In seiner Schrift über die Herstellung von Steinzeugröhren schreibt Schuen noch 1928 (36): «Bei Besichtigung der Steinzeugröhrenfabriken durch Werkzeugingenieure kommt immer eine grosse Verwunderung über die viele Handarbeit zum Ausdruck. Die Bestrebung, die Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, ist schon sehr alt, doch immer wieder wurde die Maschinenarbeit aufgegeben. Der Ton ist zu weich und unter der gefühllosen Maschinenbehandlung werden die Röhren aus der Form gebracht.»

Oft wurden die Röhren innen glasiert. Dazu mussten sie vor dem Brennen mit einer Glasur von beiden Enden her ausgegossen werden. Salzglasierte Röhren wurden durch Einwerfen von Kochsalz während dem Brennvorgang glasiert. In diesem Fall überzogen die entstehenden Glasurdämpfe die äusseren und inneren Rohrwände.

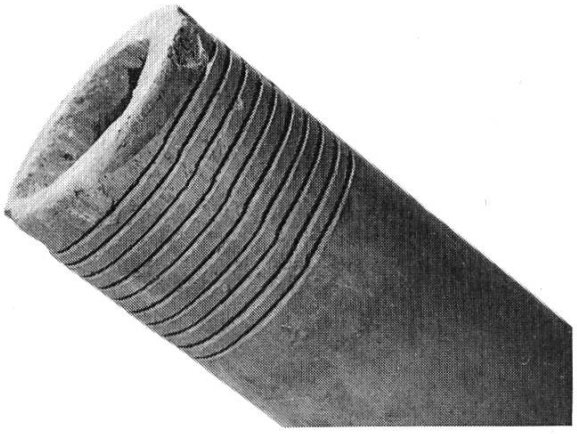

Abb. 25
Von Hand mit spitzem Werkzeug angebrachte Haftrillen, hergestellt von Ferdinand Richner, Teichelfabrikant, Aarau (ZMM Reg.-Nr. 640)

Um zu verhindern, dass sich die Rohre während dem Brennen verzogen, mussten sie im Ofen aufgestellt werden. Über einem Rost aus Backsteinen oder kurzen Rohrstücken (Muffenstücken) wurden die Muffenrohre abwechslungsweise mit Muffe oder Spitze aneinandergereiht. Heusinger empfiehlt für das Brennen von Röhren kleinere überwölbte Öfen. Das Brennen von Röhren zusammen mit andern Ziegelwaren in einem gewöhnlichen Kammerofen war schwierig. Meistens resultierte eine mindere Qualität, vor allem weil die Temperaturen in grossen Ziegelöfen nicht genügend gesteuert werden konnten. Ausserdem waren Röhren bruchanfälliger und aufgrund der aufwendigen Herstellung wesentlich kostbarer als die gewöhnliche Ziegelware (37). Dies erklärt wohl, warum nicht jede Ziegelei auch Röhren herzustellen begann, beziehungsweise weshalb sich manchenorts einzelne Betriebe auf Röhren spezialisierten. Im Falle von Zürich waren es zwei Hafnereien, die auf Röhrenproduktion umstellten.

Drainröhren

Die einfachen Drainrohre ohne Zapfen und Muffen, die mit sich berührenden Stirnseiten ohne Kitt oder Mörtel in den Boden verlegt zur Entwässerung von Grundstücken dienten, können als eigentliches Kind der industriellen Herstellung betrachtet werden, wurden sie doch erst fabriziert, seitdem es Röhrenpressen gab. Im Unterschied zu den Wasser- und Abwasserröhren sind Drainröhren stets unglasiert.

Herkömmliche Entwässerungsmethoden bestanden – nebst den offenen Abzugsgräben – etwa darin, dass in die Gräben Reisigbündel (Faschinendrains), Rasenziegel (Erddrains) oder Steine (Steindrains), Steinplatten, Mauersteine oder Dachziegel gelegt und zugeschüttet wurden. In England erschien 1755 eine erste Veröffentlichung über das Drainieren von Sumpfland, das dort schon früher als auf dem Kontinent gefördert wurde (38). Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann man sich auch in der Schweiz für die Drainage mit den neuen Tonröhren zu interessieren. Als Beispiel sei die im Kanton Luzern im Jahre 1855 gegründete Gesellschaft zur Einführung der Drainage erwähnt (39). Sie erwarb mit einem staatlichen Zustupf eine Drainröhrenpresse und verpflichtete sich zur Abgabe billiger Röhren an Bauern. Von 1855 bis 1859 setzte sie mehr als 640 000 Drainröhren ab. Der allergrösste Teil davon stammte aus dem Kanton Luzern selbst, insbesondere aus den Ziegeleien in St. Urban, Kriens und Ettiswil; weniger als vier Prozent der verwendeten Drainröhren kamen aus den angrenzenden Kantonen Bern und Aargau (40).

Da die Kosten trotz Subventionen hoch waren, vermochten nur Grossbauern solche Entwässerungen zu bezahlen. Ab 1860 wurden keine Meliorationen mehr ausgeführt, bis um die Jahrhundertwende erneutes Interesse an der Gewinnung von Ackerland aufflackerte (41).

Besonders gross war die Nachfrage nach Drainröhren während des 2. Weltkrieges, was zu einem Ausbau der Produktionskapazitäten und einem entsprechenden Zusammenbruch des Marktes nach Beendigung des Krieges führte, als die Notwendigkeit, zusätzliches Ackerland zu gewinnen, plötzlich erlosch (42).

Bei der Fabrikation von Drainröhren kam es vor allem darauf an, Rohre herzustellen, die sich auch beim Brennen nicht krümmten und deren Schnittflächen so aufeinander passten, dass sie in gerader Linie und fugenlos verlegt werden konnten. Da hauptsächlich Rohre grösseren Kalibers

nach dem Pressen durch das Abtragen etwas aus der Form gerieten oder leicht zusammensackten, wurden sie nach dem Antrocknen nochmals gerundet und auf saubere, senkrechte Schnittkanten geprüft. Dazu wurden Rundhölzer (Abb. 26) verwendet, mit denen die Rohre auf einem Tisch hin- und hergerollt wurden. Eventuell mussten auch die Stossflächen nochmals zurechtgeschnitten werden. Kleinere Röhren (bis 5 cm Durchmesser [Abb. 27]) wurden liegend getrocknet, die grösseren stehend. Um ein gleichmässiges Trocknen zu erreichen, wurden die Rohre nach einiger Zeit umgedreht, so dass sie auf das trockenere obere Ende zu stehen kamen (43).

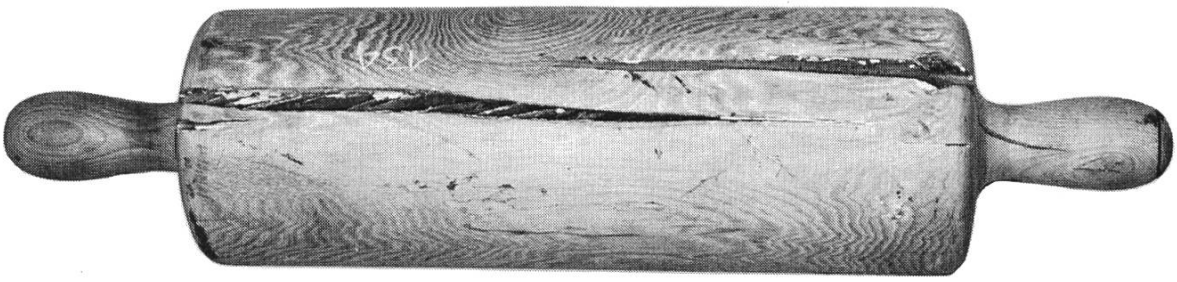

Abb. 26
Trölholz zum Runden der angetrockneten Drainröhren, Ziegelei Brandenberg, Zug (ZMM Reg.-Nr. 134)

Abb. 27
Drainröhren wurden mit einer Länge von 30 cm (selten 50) und einer lichten Weite zwischen 3 und 20 cm hergestellt, von Dietwil/AG (ZMM Reg.-Nr. 1337.1)

Zum Brennen wurden die Rohre ebenfalls auf ein Ende gesetzt, die kleineren in die grösseren hineingestellt.

Das Steinzeugrohr

Neben Tonröhren wurden in Europa seit dem Mittelalter auch die höher gebrannten, versinterten und deshalb härteren Steinzeugrohre hergestellt. Dank den höheren technischen Anforderungen, die man im 19. Jahrhundert an die Leitungssysteme zu stellen begann, verdrängte Steinzeug das gewöhnliche Tonrohr gänzlich, mit Ausnahme der Drainröhren in der landwirtschaftlichen Bodenentwässerung. Auch bei den von der Ziegler'schen Fabrik in Schaffhausen angebotenen «steinhart» gebrannten Röhren dürfte es sich um Steinzeug gehandelt haben (44). Die «Verordnung betreffend die Abfallröhren in den Abtritten» vom 20. Februar 1867 nennt unter den zugelassenen undurchdringbaren Materialien Steingut (45) und gewöhnlichen gebrannten Ton mit wasserdichter Glasur; Steinzeug wird nicht erwähnt. In der nächsten Ausgabe derselben Verordnung vom 27. April 1898 wird wohl nach den Erfahrungen durch die Typhusepidemie von 1884 Gusseisen verlangt. Erst die «Vorschriften für die Entwässerung von Grundstücken» vom 1. Juni 1929 führten Steinzeug auf: für alle unterirdischen Abwasserleitungen sind entweder Steinzeug- oder geteerte Gusseisenröhren zu verwenden. Die Steinzeugröhren und -formstücke müssen von anerkannt guten Steinzeugfabriken bezogen werden und haben aus gesintertem Material zu bestehen. Sie müssen kreisrund, genau zentriert und innen wie aussen gleichmässig glasiert sein und den Vorschriften der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt entsprechen, was Säurebeständigkeit und Festigkeit betrifft. Dazu gehört auch, dass Rohr und Muffe als ein Stück hergestellt und gepresst werden müssen, beziehungsweise die Muffe nicht separat geformt und angesetzt werden darf. Die von der Stadt Zürich erlassenen Vorschriften spiegeln nicht nur die Anwendung zeitgenössischer Technik wider, sie wirkten auch beispielgebend für andere, kleinere Gemeinden.

Anmerkungen

1) Vergleiche die in der Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft seit 1978 erschienenen Artikel, insbesondere von G. Garbrecht, W. Zäschke und W. Lamberth; sowie Matschoss.

2) Schnitter, S. 2ff

3) Kaphengst, S. 53 – 73

4) Singer, S. 13ff

5) ZMM Reg.-Nr. 1272

6) Vögeli, S.58 vo.; Keller S. 290; Vögelin, S. 435 – 436; Nussbaumer, Niederdorfleitung.

7) Gerster, S. 63ff

8) siehe Anmerkung 2, sowie Drack, S. 252 – 255

9) Suter, S. 30 – 37

10) Der Name «Zübli» geht auf das galloromanisch-lateinische Lehnwort tubilus zurück und bedeutet Röhre oder Wasserleitung. Suter, S. 13.

11) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich, Plan P 8.

12) Keller, S. 290

13) Heusinger, S. 719.

14) Zäschke, S. 26; Singer, S. 14, Abb. 6.

15) Hampe/Winter, S. 37 – 38.

16) ZMM Reg.-Nr. 2102

17) siehe Anmerkung 10; Baeumerth, S. 111.

18) ZMM Reg.-Nrn. 1564 und 1565; Singer S. 13 – 14, Abb. 4 und 5; Salvétat, S. 321; Heusinger, S. 719 – 721.

19) Chronik, S. 584.

20) zit. aus Suter, S. 35. Der Verbrauch an Tonröhren für das städtische Leitungsnetz stieg von 250 Stück (1834) auf 1500 (1855).

21) Eventuell handelte es sich bereits um importierte Steinzeugröhren?

22) Bürkli, 1867, S. 146.

23) Bürkli, 1866, S. 44 – 45; Neue Zürcher Zeitung, 3. März, 13., 20. und 26. April 1867.

24) Chronik, S. 585; Kern, S. 7.

25) Bodmer/Messerli, S. 23.

26) Leupold, S. 73.

27) Jenisch, S. 71.

28) Heusinger, S. 721.

29) Salvétat, S. 321.

30) Heusinger, S. 752 – 753.

31) Heusinger, S. 769.

32) Heusinger, S. 760.

33) Heusinger, S. 770.

34) Stadtarchiv Zürich, VII 174, 05/2.1

35) Schuen, S. 26 – 27.

36) Schuen, S. 32.

37) Heusinger, S. 793ff.; Dümmler S. 590.

38) Meyers Grosses Konversations-Lexikon, 6. Auflage, Leipzig und Wien 1909, 5. Bd., S. 165 – 167.

39) Statuten vom 14. Februar 1855 (Luzern, Staatsarchiv: 37/191 A).

40) Übersicht der im Kanton Luzern in den Jahren 1855 bis 1859 (November) verwendeten Drainröhren: Beilage zum Staatverwaltungsbericht Luzern 1859 (Luzern, Staatsarchiv: 37/191 A).

41) Lemmenmeier, S. 34.

42) Bodmer/Messerli, S. 24; Rauls, S. 80 – 83.

43) s.u.a. Heusinger, S. 730; Bock, S. 138; Rühne, S. 157 – 161.

44) siehe Anmerkung 21

45) Steingut: Tonwaren mit porösem, weissbrennendem und nicht verglastem Scherben und durchsichtiger Bleiglasur. Um 1720 in England erfunden. (Bruckmann's Fayence-Lexikon, 1981, S. 280 – 282; J. Jahn, Wörterbuch der Kunst, 1983, S. 759).
Steinzeug: Tonwaren aus einem nur an wenigen Plätzen gefundenen Ton. Dichter, harter Scherben. Glasur durch Verdampfen von Salz während des Brennprozesses hervorgerufen. Seit 11. Jahrhundert in Europa hergestellt. (Bruckmann's Fayence-Lexikon, S. 282; J. Jahn, S. 760).

Literatur

Karl **Baeumerth,** Töpfer und Ziegler in Hessen-Homburg, Usingen 1987.

Otto **Bock,** Ziegelfabrikation, Ein Handbuch umfassend die Herstellung aller Arten von Ziegeln sowie die Anlage und den Betrieb von Ziegeleien, Hrsg. Otto Bock, 9. Auflage, Leipzig 1901.

Ernst **Bodmer-Huber** und Barbara Messerli-Bolliger, Die Tonwarenfabrik Bodmer in Zürich-Wiedikon, Zürich 1986.

Arnold **Bürkli,** Über Anlage städtischer Abzugskanäle und Behandlung der Abfallstoffe aus Städten, Bericht an den Tit. Stadtrath von Zürich, Zürich 1866.

ders., Bericht an den Stadtrat von Zürich über Anlage und Organisation städtischer Wasserversorgungen, Zürich 1867.

Chronik der Kirchgemeinde Neumünster, hrsg. von der Gemeinnützigen Gesellschaft von Neumünster, Zürich 1889.

Walter **Drack,** Zur Wasserbeschaffung für römische Einzelsiedlungen, gezeigt an schweizerischen Beispielen, in: Provincialia, Festschrift für Rudolf Laur-Belart, hrsg. von der Stiftung Pro Augusta Raurica, Basel/ Stuttgart 1968, S. 249 – 268.

Karl **Dümmler,** Handbuch der Ziegel-Fabrikation, Halle a.S. 1914.

Günther **Garbrecht,** Die Wasserversorgung von Pergamon – ein Beispiel hellenistischer Wasserversorgungstechnik, in: Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, Heft 1, 1978, S. 13 – 28.

Alban **Gerster,** Eine Wasserleitung aus Tonröhren in Delsberg, in: Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte, Bd. 25, 1966, S. 63 – 72.

R. **Hampe** und A. Winter, Bei Töpfern und Zieglern in Süditalien, Sizilien und Griechenland, Mainz 1965.

Edmund **Heusinger** von Waldegg, Die Ziegel- und Röhrenbrennerei, einschliesslich der neuesten Maschinen und Geräthe für die Ziegelfabrikation, 4. verbesserte Auflage, Leipzig 1891.

Susanne **Jenisch,** Ziegelhandwerk und Ziegelindustrie in Waiblingen, in: Gestaltete Ziegel, Sprüche und Motive auf Dachziegeln, hrsg. von Helmut Herbst, Katalog 2 des Städtischen Museums Waiblingen, 1988, S. 71 – 74.

Ch. von **Kaphengst,** Die Alzeyer Tonrohr-Wasserleitung aus dem 13. Jahrhundert, in: Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, Heft 7, 1984, S. 53 – 73.

Ferdinand **Keller,** Die römischen Ansiedelungen in der Ostschweiz I, 1858 – 1860, in Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft Zürich, Bd. 12.

Peter **Kern,** Vom Handwerksbetrieb zur Fabrik: Die Hafnerei Bodmer in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, Lizentiatsarbeit, Uni Zürich, Ms. 1985.

W. **Lamberth,** Zur Geschichte von Rohren und Rohrwerkstoffen, in: Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, Heft 10, 1987, S. 141 – 173.

Max **Lemmenmeier,** Luzerns Landwirtschaft im Umbruch, Wirtschaftlicher, sozialer und politischer Wandel in der Agrargesellschaft des 19. Jahrhunderts (Diss. Zürich), Luzern/Stuttgart 1983.

Jacob **Leupold,** Schau-Platz der Wasser-Bau-Kunst, Leipzig 1724, S. 73 – 80, Tab. XIII.

Conrad Matschoss, Technik Geschichte, hrsg. von Conrad Matschoss, Bd. 25, Berlin 1936.

Fritz **Nussbaumer,** Quellenverzeichnis zur Zürcher Brunnengeschichte, Ms. im Stadtarchiv Zürich.

Paynes Universum und Buch der Kunst. Kunstindustrielle und technische Notizen, Neue Folge, 2. Bd., Leipzig 1853 – 1855, von A.H. Payne, S. 353 – 356, Tafeln 1 – 12.

Franz **Rauls,** Die Ziegelfabrikation, Leipzig 1926.

J.F. **Rühne,** Lehrbuch der Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelfabrikation vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus, Braunschweig 1877.

M.A. **Salvétat,** Leçons de céramique professées a l'école centrale des arts et manufactures, Paris 1857, 20ième leçon, Bd. 2.

Niklaus **Schnitter,** Römischer Wasserbau in der Schweiz, in: helvetia archaeologica, 19/1988, S. 2 – 18.

W. **Schuen,** Die Herstellung der Steinzeugröhren, Berlin 1928.

Friedrich Wilhelm **Singer,** Irdene Wasserleitungsrohre, in: Volkskunst 3/1984, München, S. 13 – 16.

Elisabeth **Suter,** Wasser und Brunnen im alten Zürich, hrsg. von der Wasserversorgung Zürich (Diss. Zürich), Zürich 1981.

J.C. **Vögeli,** Zürcher Chronik, 1812, Zentralbibliothek Zürich (Ms. W-63).

Salomon **Vögelin,** Das alte Zürich, Bd. I, Zürich 1878.

Wolfgang **Zäschke,** Keramische Werkstoffe in der Geschichte der Wasser- und Abwassertechnik, in: Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, Heft 4, 1981, S. 9 – 30.

Kurzbiografie

Elisabeth Suter Cutler, Dr. phil. I. Geboren 1951 in Zürich. Studium in Sozialgeschichte, Geografie und Wirtschaftsgeschichte an der Universität Zürich. 1981 Dissertation zum Thema «Wasser und Brunnen im alten Zürich», herausgegeben von der Wasserversorgung Zürich. Lehr- und Wanderjahre in Amerika und in der Schweiz. Mitte 1987 bis Ende 1988 wissenschaftliche Mitarbeiterin der Stiftung Ziegelei-Museum Meienberg. Seit Januar 1989 als freischaffende Historikerin wohnhaft in den Vereinigten Staaten.

Adresse der Autorin

Elisabeth Suter Cutler
P.O. Box 2383
Topeka, Kansas 66601, USA