

Eine römische Doppelkolben-Druckpumpe aus dem Vicus Belginum (Wederath-Hunsrück, Krs. Bernkastel-Wittlich)

von

ADOLF NEYSES

Bei den seit 1969 laufenden sommerlichen Grabungskampagnen am Vicus Belginum wurde 1971 ein Brunnen freigelegt, der bis 17,20 m Tiefe ausgehoben wurde und neben einer Anzahl Kleinfunden in 16 m Tiefe einen Doppelkolben-pumpenstock aus Eichenholz enthielt¹, womit sich die Zahl der bisher gefundenen römischen Holzpumpen im nördlichen Imperium m. W. auf acht erhöhte. Die publizierten Erkenntnisse an diesen acht Pumpen sollen, soweit dies möglich, in dieser Arbeit eine kurze zusammenhängende Behandlung erfahren.

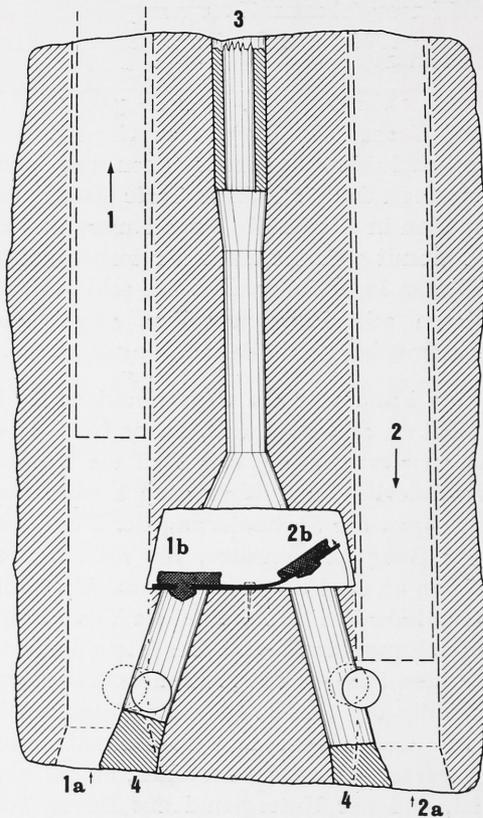
Das eigentlich Neue an dem jüngsten Fund war die ungewöhnliche Tiefe. Allerdings wurde der Pumpenstock nicht in situ gefunden, da er im Schuttgeröll und nicht in seiner erforderlichen Verankerung saß. Daß die Kolbenstangen fehlten, ist nicht weiter verwunderlich, möglicherweise konnte man diese von oben herausziehen. Wirklich gegen die Stationierung der Pumpe an der Fundstelle spricht das Fehlen der Saugventileinsätze, die man nur zu entfernen vermochte, wenn man von unten an die Pumpe herankam. Allerdings sprechen allein schon die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Vicus Belginum gegen eine wesentlich höhere Aufstellung der Pumpe. Der Vicus liegt auf einem Höhenzug, über dessen kammartigen Rücken die „Ausoniusstraße“ von Trier nach Mainz verläuft; das beiderseitig der Straße liegende Belginum ist bereits in fallendes Gelände gebaut². Aus dieser Geländebeschaffenheit heraus mußten Schwierigkeiten bei der Trinkwasserversorgung bestehen, zumal noch als erschwerend zu berücksichtigen ist, daß der Untergrund aus Devon-Tonschiefer-Fels besteht. Wenn dieser sich auch im Laufe der Jahrtausende bis zur Senkrechten aufgefaltet hat, vermag man dennoch nicht recht an Grundwasserführung zu glauben. Es überraschte deshalb, als nach drei Grabungskampagnen schließlich ein Brunnen in der Flächenabdeckung auftauchte (Planquadrat D 33 s). Es lag auf der Hand, daß es sich nur um einen tiefen Brunnen handeln könne, sollte er wasserführende Schichten erreichen, und m. W. gibt es im relativ wasserreichen Trierer Raum bisher keinen antiken Brunnen, der eine Tiefe von über 17 m erreicht. Unsere bisherigen Untersuchungen ergaben denn auch, daß es nicht Grundwasser gewesen ist, was die Wasserversorgung von Belginum ausmachte.

¹ Eine etwas veränderte Form dieses Aufsatzes ist in Heft 3/1972 der *TECHNIK-GESCHICHTE*, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure, erschienen.

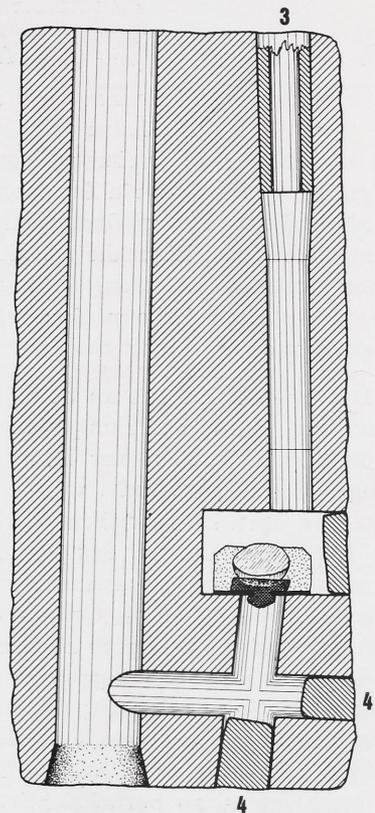
Nach Abschluß der Ausgrabungen wird das vollständige Ergebnis der Untersuchungen vorgelegt. Anlaß zu den Ausgrabungen am Vicus Belginum gab die Projektierung neuer Straßenführungen an der Einmündung der B 50 in die B 327 (Hunsrückhöhenstraße), wodurch der Vicus später überbaut werden wird.

² A. Haffner, Eine keltisch-römische Siedlung an der Ausoniusstraße. *Kurtrier. Jahrb.* 10, 1970, 203 ff. Abb. 1.

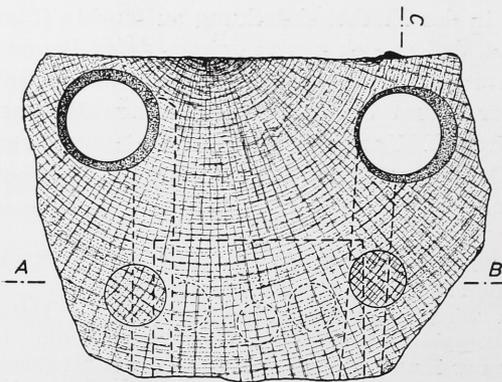
WEDERATH-BELGINUM RÖMISCHE DOPPELKOLBEN-DRUCKPUMPE 1971



SCHNITT A-B



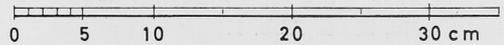
SCHNITT C-D



UNTERSICHT

- 1 KOLBENGANG (KOLBEN ERGÄNZT)
1a SAUGVENTILEINSATZ FEHLT
1b DRUCKVENTIL IM SAMMLER
- 2 KOLBENGANG (KOLBEN ERGÄNZT)
2a SAUGVENTILEINSATZ FEHLT
2b DRUCKVENTIL IM SAMMLER
- 3 STEIGLEITUNG (HOLZROHRZAPEN)
- 4 VERSTÖPELTE, SICH KREUZENDE BOHRGÄNGE

LEISTUNG DER PUMPE:
35-40 l/min.



Neyses

Abb. 1 Belgien, Pumpenstock

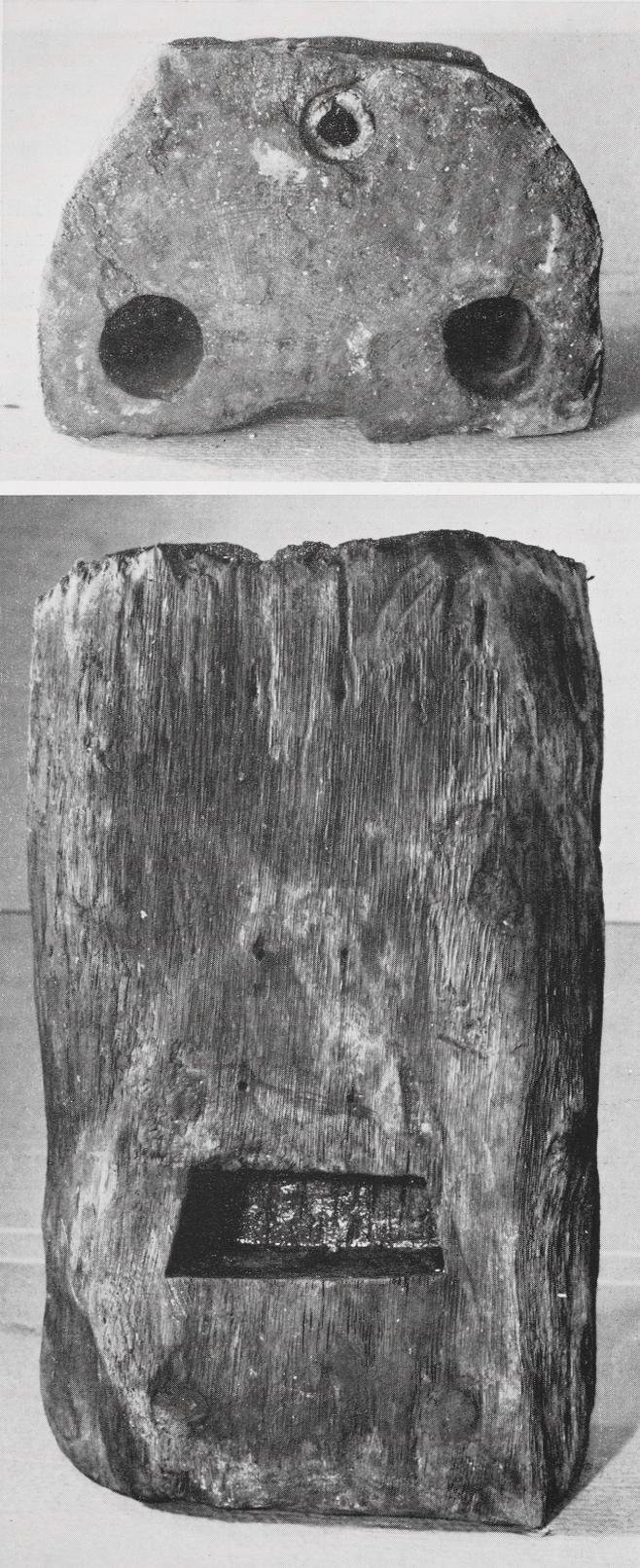


Abb. 2 Belginum, Pumpenstock. Oben: Draufsicht, unten: Vorderansicht mit geöffneter Druckventilkammer (Sammler)

Die Aushebung des Brunnens erfolgte im überdurchschnittlich trockenen Herbst 1971³, dem schon ein sehr regenarmer Sommer vorangegangen war. Nachdem wir den Wasserspiegel auf — 17,20 m (vom Brunnenrand) abgesenkt hatten, dauerte es immerhin drei Wochen, bis der Wasserstand um knappe 0,40 m gestiegen war. Daraus ist ganz klar zu erkennen, daß in einer so trockenen Jahreszeit wie im Herbst 1971 die Wasserversorgung in Belginum durch Brunnen unmöglich wurde. Erst als in der zweiten Novemberhälfte stärkerer Niederschlag einsetzte, stieg die Wassersäule im Brunnen binnen kurzer Zeit um mehr als 10 m (!). Und ohne Wasserentnahme fiel der Pegel bei nicht nennenswerten Niederschlägen bis Ende Dezember wieder über 2,50 m. Hieraus ergibt sich die Tatsache, daß die Brunnen-Wasserhaltung in Belginum ausschließlich von ausreichenden Niederschlägen abhängig war. Nur so wird die Tiefe des Brunnens verständlich und die möglichst tiefe Installation der Pumpe.

Der Pumpenstock selbst ist aus der einen Hälfte eines der Länge nach aufgespalteten Eichenstammes hergestellt, dessen Durchmesser etwa 0,60 m betragen haben dürfte, wahrscheinlich, wie schon Lehmann vermutet⁴, um aus der zweiten Baumstammhälfte noch einen Pumpenstock herstellen zu können. Die Außenmaße des Pumpenstockes betragen in der Höhe 0,54 m, in der Breite 0,32 m und in der Dicke 0,23 m. Die Kolbengänge — Zylinder — (Abb. 1, 1.2 und Abb. 2) sind durchgehende Bohrungen von 60 mm ϕ , die nicht genau parallel zueinander verlaufen, wie bei der Herstellung sicherlich beabsichtigt, sondern 1,5 cm aus der Parallelen abweichen. Am unteren Ende sind die Kolbengänge konisch erweitert; hier waren wahrscheinlich Saugventileinsätze (Abb. 1, 1a und 2a) eingeschoben, die zwar nicht gefunden wurden, aber von anderen Pumpen, beispielsweise der Pumpe von Zewen-Oberkirch⁵, in vorzüglichem Erhaltungszustand bekannt sind (Abb. 3, 1a. 2a). Es ist allerdings nicht ganz auszuschließen, daß an Stelle der kurzen Saugventile längere Rohre mit Ventilverschluß eingesetzt waren, auf die noch zurückzukommen sein wird. Die Verbindungswege aus den Zylindern 1 und 2 (Abb. 1) in den Sammler, in dem die Druckventile 1b und 2b untergebracht sind, bestehen aus sich kreuzenden Bohrgängen, deren äußere Enden mit Eichenholzpfropfen verstößelt sind (Abb. 1 und 3, jeweils Nr. 4), so daß das Wasser durch Druckbewegung der Kolben rechtwinklig nach oben geleitet wird. Bei der Pumpe vom Herrenbrünnchen (Spitzmühle) in Trier⁶ nimmt Lehmann zwei bogenförmige Bohrungen, „Gurgeln“, zum Sammler hin an, da er möglicherweise durch den weniger guten Erhaltungszustand des Pumpenstockes die äußeren Verstößelungen nicht erkennen konnte.

Die Druckventile im Sammler (Abb. 1, 1b.2b) bestehen aus einer zwischen den aufwärts gerichteten Bohrgängen festgenagelten durchgehenden Leder-

³ Vom Technischen Hilfswerk Trier wurde der fachgerechte Verbau des Brunnens vorgenommen, wofür dem Leiter F. Fass und seiner Mannschaft nochmals gedankt sei. Erwähnt seien hier auch L. Dennemark, P. Nospes, B. Scheuern und M. Weiland vom Landesmuseum Trier, die die schwierige, oft sogar auch gefahrvolle Arbeit der Brunnenentleerung gewissenhaft durchführten.

⁴ H. Lehmann, Eine römische Saug- und Druckpumpe aus Trier. Trierische Heimatblätter 1, 1922, 24 ff.

⁵ Trierer Zeitschrift 24—26/1956—58, 594 ff.

⁶ H. Lehmann a. a. O. Abb. 1.

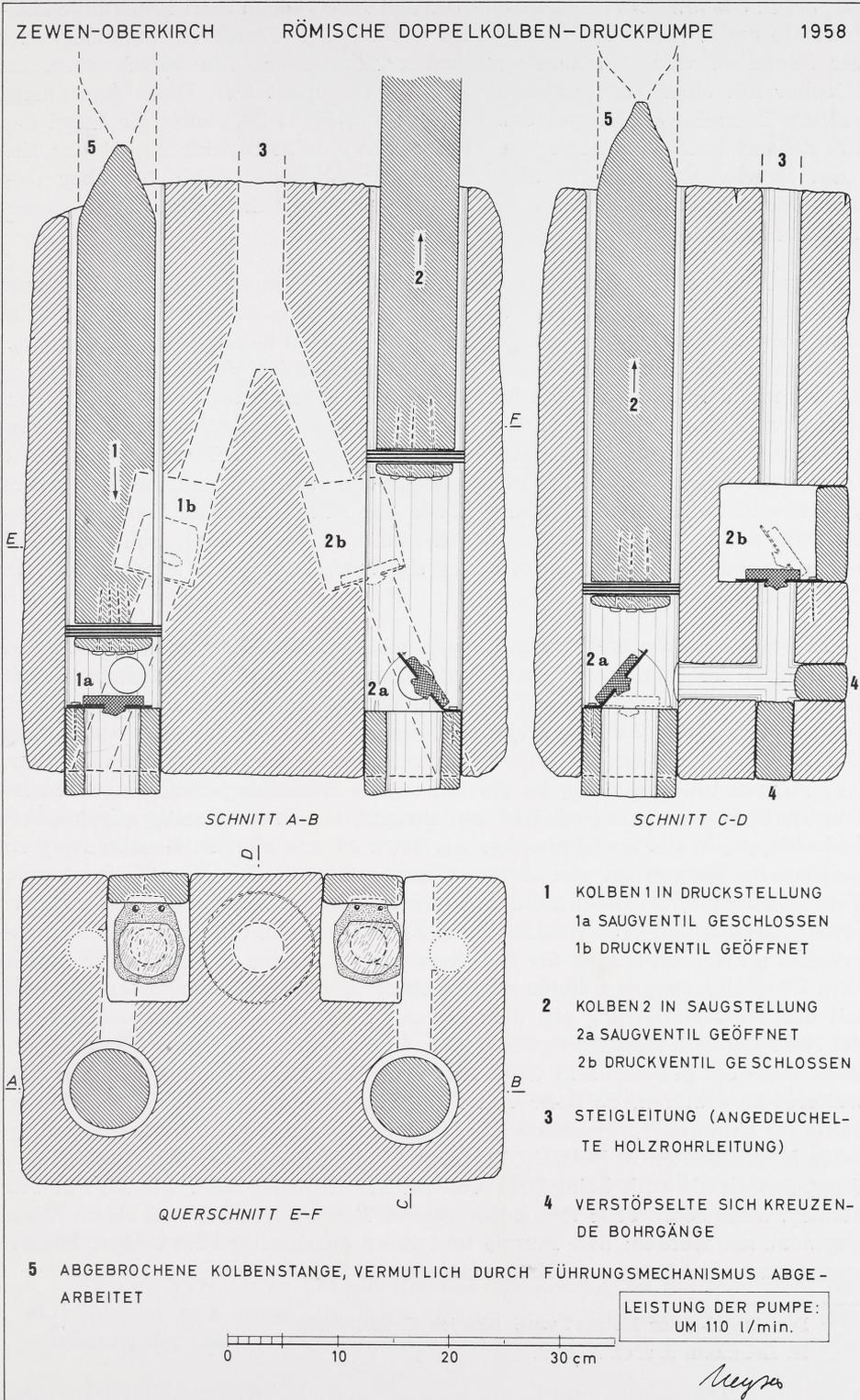


Abb. 3 Zewen-Oberskirch, Pumpenstock

klappe, in die jeweils symmetrisch über den Bohrgängen zwei kreisrunde Bleigewichte von 4 cm ϕ eingienietet sind (Abb. 4). Die Druckventilkammer, oder der Sammler, war von außen mit einer Eichenholzplatte verschlossen, die offenbar mit einer Dichtungsmasse (Pech?) eingepaßt war. Diese Anordnung, daß der Sammler als Doppelventilkammer ausgebaut ist, stellte die Regel dar, abweichend hiervon ist nur die Pumpe von Zewen-Oberkirch, bei der sich jedes Druckventil in einer eigenen Kammer befindet (Abb. 3). Über dem Sammler beginnt die Steigleitung (3), in deren oberen Ende des Pumpenstockes noch der Rest eines Rohrzapfens aus Erlenholz steckt⁷.

Vorne und auch an beiden Seiten zeigt der Pumpenstock von Belginum je zwei Reihen von Nagellöchern und an der Rückseite oben eine flache, schwalbenschwanzförmige Einarbeitung. Fraglos sind das Spuren, die von einer massiven Befestigung im Brunnenschacht und von der Verbindung der Steigleitung mit dem Pumpenstock herrühren, von denen jedoch leider keine konstruktiven Einzelheiten erkennbar waren. Eine schwalbenschwanzförmige Einarbeitung, ebenfalls an der Rückwand, ist auch an der Pumpe von Zewen-Oberkirch vorhanden, und am Pumpenstock von Trier-Herrenbrunnchen (Spitzmühle) gibt Lehmann an gleicher Stelle der Rückwand eine Einkerbung an, die zwar nicht unbedingt Schwalbenschwanzform haben muß, wohl aber nach seinen Angaben mit der Befestigung der Steigleitung am Pumpenstock im Zusammenhang steht⁸.

In Belginum (Wederath) wurde gleichzeitig mit dem Pumpenstock im Brunnenschacht ein 2,40 m langes und vierkantig behauenes Eichenholzrohr gefunden. Der äußere Querschnitt ist fast quadratisch und mißt am unteren Ende rund 12 mal 12 cm (Abb. 5), verjüngt sich aber nach oben auf etwa 8 mal 8 cm. Das Besondere an diesem Rohr ist der Einbau einer rechteckigen Kammer 0,85 m vom unteren Ende, in die ein sogen. Rückschlagventil eingebaut ist. Das Ventil besteht, wie auch im Pumpenstock, aus einer einseitig angenagelten Lederklappe, in die zentrisch über der etwa 30 mm starken Rohrbohrung ein kreisrundes Bleigewicht von 40 mm ϕ eingienietet ist. Die Verschlußplatte der Ventilkammer fehlt. Das untere und obere Ende der Rohrbohrungen erfuhren jeweils nach außen gerichtete konische Erweiterungen, die nicht den Eindruck erwecken, als seien sie bei der Rohrherstellung zufällig entstanden. Es besteht kein Zweifel daran, daß dieses seltene Stück in direktem Zusammenhang steht mit der Wasserförderung aus dem Brunnen, wobei sich die Frage erhebt, ob das Rohr mit dem Rückschlagventil ursprünglich unter oder über dem Pumpenstock montiert gewesen sein wird. Aus dem Befund heraus ist dies nicht ohne weiteres zu erklären, da Rohr und Pumpe nebeneinander mit gleicher Unterseite im Brunnen vorgefunden wurden. Der Funktion nach können allerdings beide Möglichkeiten in Betracht kommen. Und da die Jahresringe sowohl beim Pumpenstock als auch beim Rohr von solcher Identität sind, wie sie nur sein können, wenn beide Teile vom selben Stamm hergestellt sind, muß als zwingend angenommen werden, daß Pumpe und Rohr gleichzeitig zum selben Fördermechanismus gehörten (vgl. E. Hollstein S. 123 f.)

⁷ Die Angabe der Holzart verdanke ich E. Hollstein.

⁸ H. Lehmann a. a. O. Abb. 2.



Abb. 4 Belginum, Ventilklappe aus Leder und Bleigewichte

Wir haben eingangs darauf hingewiesen, daß wegen der von ausreichenden Niederschlägen abhängigen Wasserhaltung im Brunnen die Pumpe möglichst tief installiert gewesen sein muß, um bei einiger Trockenheit noch Wasser fördern zu können. Es wäre deshalb denkbar, daß die Pumpe an Stelle zweier normaler Saugventile mit zwei solchen „Saugrohren“ (von denen aber nur eines vorgefunden wurde) ausgestattet war, so daß die Pumpe noch Wasser zu fördern vermochte, wenn sie selbst nicht mehr im Wasser stand. Allerdings weist die Pumpe keinerlei Trockenrisse auf, mit denen sie ohnehin nicht mehr funktionsfähig gewesen wäre. Aber Trockenrisse brauchten m. E. auch nicht zu entstehen, wenn der Wasserspiegel bis unter die Pumpe abgesunken wäre, da im immer nassen Brunnenschacht bei einer durchschnittlichen Temperatur von etwa zehn Grad die relative Luftfeuchtigkeit so hoch gewesen sein muß, daß ein Austrocknungsprozeß des Holzes so schnell nicht einsetzen konnte.

Die zweite Funktionsmöglichkeit des Rohres könnte die sein, daß das Rohr oberhalb der Pumpe, etwa in der Hälfte bis zum Brunnenrand, in die Steigleitung zwischengeschaltet war und durch das eingebaute Rückschlagventil verhindert wurde, daß nach einem Pumpvorgang das Wasser in der Steigleitung allzusehr absinken konnte. Für den Zwischeneinbau des Rohres in eine Holzrohrsteigleitung sprechen auch die bereits erwähnten Erweiterungen der Bohrungen an den Rohrenden, in die beidseitig anschließende Rohre eingezapft gewesen sein konnten.

Die durch Verzapfung hergestellte Rohrverbindung ist bei römischen Holzrohrleitungen keineswegs die Regel. Vielmehr ist die gebräuchlichste Rohrverbindung der beidseitig angeschärfte Deuchelring aus Eisen, der in die Hirn-

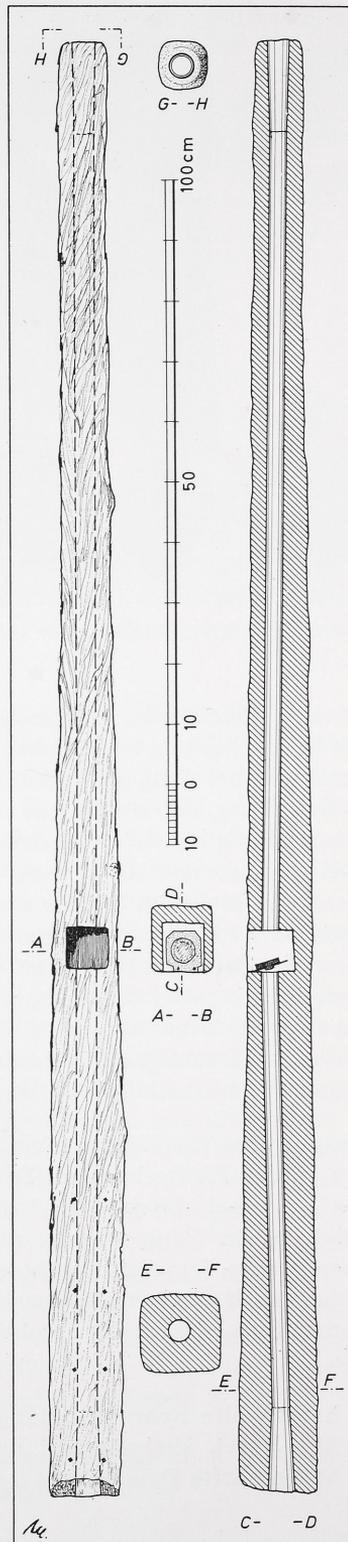


Abb. 5 Belgium, Eichenholz-Rohr mit Rückschlagventil

holzflächen zweier zu verbindender Rohre getrieben wurde⁹. In dieser Art waren zum mindesten die Steigleitungen von Trier-Heiligkreuz (Spitzmühle) und von Zewen-Oberkirch mit dem Pumpenstock verbunden¹⁰.

Die genaue Kolbentechnik wurde erst durch die gut erhaltenen Kolben im Pumpenstock von Zewen-Oberkirch richtig geklärt¹¹. Diese sind im Durchmesser etwas dünner als die Zylinder, und auf den unten flach endenden Kolben sind jeweils vier kreisrunde Lederscheiben übereinander befestigt, deren Größe genau den Zylinderdurchmessern angepaßt ist (Abb. 3). Um bei der Bewegung der Kolben ein Aufwölben der Lederscheiben möglichst zu verhindern, preßte man die Lederdichtungen zusätzlich mit Holzscheiben und weit in die Kolben eindringenden Nägeln fest an die Unterseite der Kolben an, wodurch eine für den Wirkungsgrad der Pumpe so wichtige optimale Dichtung erzielt wurde.

Mit diesen Erkenntnissen lassen sich auch einige Fundstücke der Pumpe von Metz-Sablon richtig deuten¹². Auf Tafel V werden dort die Fundstücke Nr. 43 und 45 als „Pfropfenventile“ deklariert. Ihre geschlossene runde Form sowie die kräftigen Nägel, an denen noch verrottete Holz- und Lederteilchen anhaften, zeigen eindeutig, daß es sich hierbei um die Reste der beiden Kolben handelt. Die Fundstücke Nr. 44 und 46 sind Bleigewichte, die die Lederklappen der Ventile zu beschweren hatten. Aber auch zwei weitere Fundstücke, die im Lothringischen Jahrbuch nicht abgebildet sind, konnten richtig identifiziert werden. Es handelt sich um die eingeschrumpften Holzreste der Saugventileinsätze, von denen das Ventil 2a (Abb. 6) ergänzt dargestellt ist¹³. Obwohl der Pumpenstock durch den austrocknenden Schrumpfprozeß ziemlich deformiert ist, kann man noch die gekreuzten Verbindungsleitungen (Bohrgänge) zwischen Zylinder und Sammler ausmachen, und auch hier ist eine der Verstöpselungen noch teilweise erhalten.

An einer 1908 leider nur fragmentarisch im Arenakeller des Amphitheaters in Trier aufgefundenen Holzpumpe lassen sich die gekreuzten Bohrgänge, deren äußere Verstöpselungen offenbar fehlten, ebenfalls noch erkennen. Vier über dem Sammler sichtbare Nagellöcher — ähnlich der Pumpe von Belginum — dürften mit der festen Montage in Zusammenhang stehen¹⁴.

Bei fünf der bisher ermittelten acht römischen Holzpumpen sind die Zylinderwandungen mit einer 2—3 mm starken Bleifütterung versehen, deren oberer

⁹ Vgl. typische Rohrverbindung bei E. Samesreuther, 26. Ber. RGK 1936, 68.

¹⁰ H. Lehmann a. a. O. Am Pumpenstock von Zewen-Oberkirch kann man den Einschlag eines Deuchelringes heute noch erkennen (Inv. Nr. 58, 62).

¹¹ Trierer Zeitschr. 24—26/1956—58, 596, Abb. 160.

¹² Jahrbuch der Gesellschaft für Lothringische Geschichte 22, 1910, 509 ff. und 537, dazu Tafel V.

¹³ Der Konservator der Metzger Museen, Herr Gérald Collot, gestattete die zeichnerische Aufnahme und Untersuchung der Pumpenteile, wofür ihm nochmals gedankt sei.

¹⁴ Mus. Inventar-Nr. 3382, skizziertes Pumpenfragment, auf dem die beschriebenen Einzelheiten noch zu erkennen sind. Das Original ist verschollen. Nur kurze Notiz in Trierer Jahresber. 2, 1909, 13. Sehr wahrscheinlich diente diese Pumpe der Trockenhaltung des Arenakellers.

Rand 2—3 cm umgebördelt ist. Es sind dies die Doppelkolbenpumpen aus Silchester¹⁵, Benfeld im unteren Elsaß¹⁶ und die beiden bereits benannten Pumpen aus Metz und Trier-Herrenbrunnchen (Spitzmühle). Kurz vor Drucklegung der Trierer Zeitschrift wurde bei den Ausschachtungsarbeiten für das Kaufhaus Horten in Trier, in der Fleischstraße, ein römischer Brunnen von einem Hublader zerstört. Die untere Zone der Brunnenwandung bestand aus einer faßartigen Eichenholzverkleidung. In den noch erhaltenen untersten Brunnenschichten wurden neben anderen Kleinfunden auch die Reste eines Pumpenstockes gefunden, von dem ein abgebrochener Blei-Zylinder von 65 mm \varnothing und drei der ursprünglich vier erforderlichen Blei-Beschwerer der Lederventilklappen geborgen wurden (E. V. Nr. 72.37a u. b). Die Blei-Beschwerer haben quadratische Form. Da die Bleifütterung bei den Pumpen nur so weit nach unten reicht, wie die Kolben gedrückt werden konnten, dürfte der Sinn der Zylinderauskleidung nur darin bestanden haben, besonders glatte Kolbengänge zu schaffen, an denen sich die Kolbendichtungsscheiben nicht so schnell abnutzen konnten.

Es ist auffallend, daß alle bisher gefundenen Pumpenstöcke nur wenig über der Brunnensohle installiert waren, teilweise in einem Holzkasten als Brunnenverbau¹⁷, der wohl in erster Linie der Reinhaltung des Wassers dienen sollte. Aber die Stationierung der Pumpen auf der Brunnensohle war das entscheidende Neue an der römischen Pumpentechnik, nämlich: Ausschaltung der nur begrenzten Saugfähigkeit der Pumpen.

Bekanntlich vermag die Saugwirkung einer Pumpe theoretisch nur bis zu einer Höhe von 10,336 m Wasser zu fördern, da der Druck der äußeren Luft nur einer Wassersäule dieser Höhe das Gleichgewicht halten kann. Da aber die Luftleere in der Saugleitung nie zu erreichen ist, kann je nach Kolbendichtigkeit bis zu 7,50 m angesaugt werden. Obwohl dieser physikalische Zusammenhang erst durch die Vakuumforschung im 17. Jahrhundert wissenschaftlich definiert wurde, war die Tatsache als solche den Römern aus der Erfahrung wohlbekannt. Das geht allein daraus hervor, daß die meisten der gefundenen Pumpenstöcke unter saugfähiger Tiefe im Wasser installiert waren, so daß lediglich bei saugender Aufwärtsbewegung der Kolben Wasser in die Zylinder einströmte, das aber ausschließlich durch die abwärts gerichtete Druckbewegung der Kolben nach oben befördert wurde. Da die Bedienung der Pumpen aber zu ebener Erde erfolgte, mußten sowohl das Kolbengestänge wie auch die Steigleitung nach oben verlängert werden. Um ein Ausknicken des in Tätigkeit gesetzten Kolbengestänges zu verhindern, mußten im Brunnen-schacht etwa alle 2 m Halterungen mit entsprechenden Führungsmöglichkeiten angebracht sein, die H. Lehmann in einem Rekonstruktionsversuch aufgrund gesicherter Funde zeigt¹⁸. Ein Modell im Museum in Saint-Germain-en-Laye zeigt ebenfalls die Pumpe aus Benfeld in dieser Anordnung, aber Feldhaus glaubt nicht, daß die Art dieses Antriebes für die Römerzeit belegt ist¹⁹.

¹⁵ *Archaeologia* 2. Serie 5, 232 ff.

¹⁶ F. M. Feldhaus, *Die Technik der Vorzeit*, Sp. 1392, Abb. 869.

¹⁷ Metz, vgl. Anm. 12; Trier, vgl. Anm. 4.

¹⁸ H. Lehmann, vgl. Anm. 4.

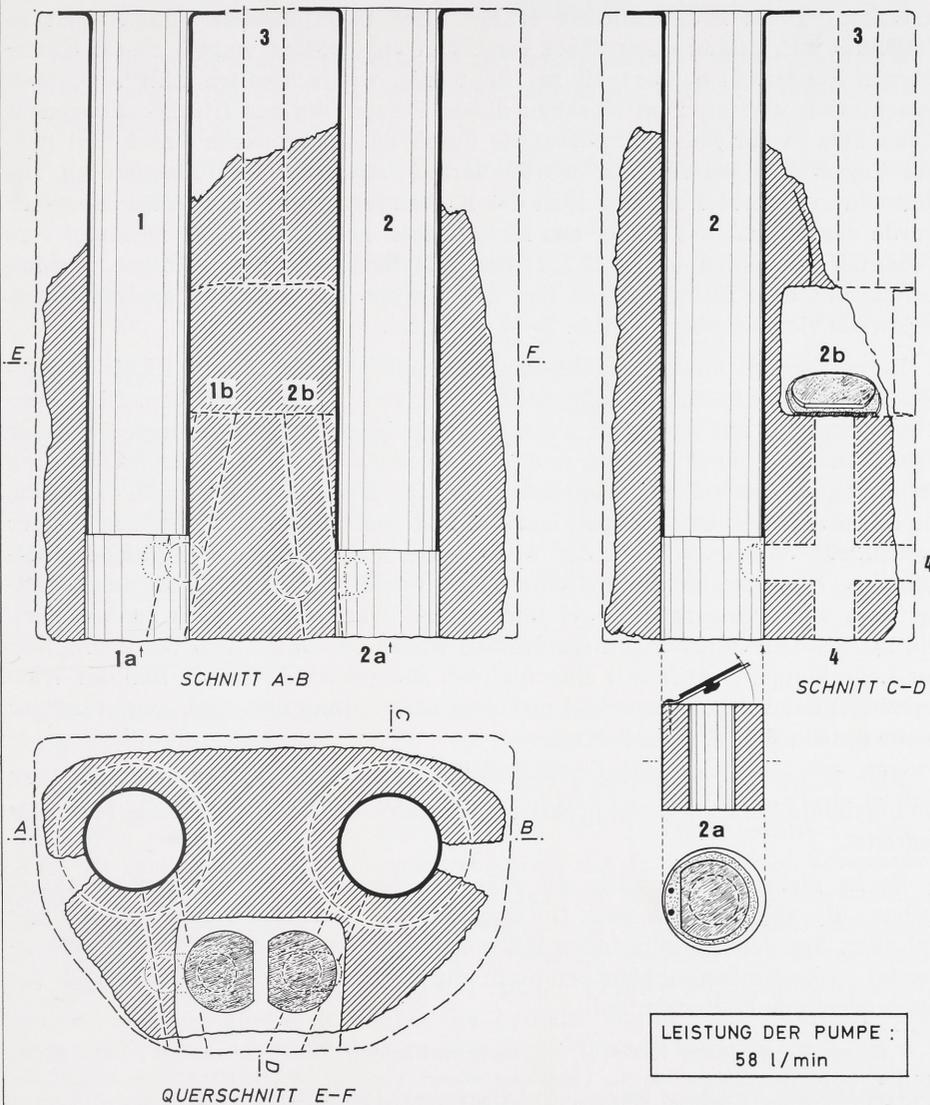
¹⁹ F. M. Feldhaus, vgl. Anm. 16. Die technischen Daten der Pumpe von Benfeld ließ freundlicherweise der Direktor der Museen von Saint-Germain-en-Laye, René Joffroy, übermitteln, wofür auch den Herren Alain Duval und J. P. Mohen gedankt sei.

METZ - SABLON

RÖMISCHE DOPPELKOLBEN-DRUCKPUMPE
MIT BLEIFÜTTERUNG

1905

1 2 KOLBENGÄNGE MIT BLEIZYLINDER (KOLBENRESTE VORHANDEN)



1a 2a SAUGVENTILEINSÄTZE (IN BRUCHSTÜCKEN VORHANDEN)

1b 2b DRUCKVENTILE IM SAMMLER (BLEIGEWICHTE DER VENTILKLAPPEN VORHANDEN)

3 STEIGLEITUNG (ERGÄNZT)

4 ERKENNBARE, SICH KREUZENDE BOHRGÄNGE (VERSTÖPSELUNG GESICHERT)

0 10 20 30 40 cm

Metz

Abb. 6 Metz-Sablon, Pumpenstock mit bleigefütterten Zylindern

In Saint-Malo in der Bretagne hat man im vergangenen Jahr bei Ausgrabungen in einem römischen Bauwerk vorzüglich erhaltene Holzreste von einem komplizierten Mechanismus einschließlich verschiedener Holz-Rohrteile gefunden, in denen man u. a. das System zweier Pumpen zu erkennen glaubt²⁰.

Welche maximalen Förderhöhen lassen sich mit den hölzernen Pumpen erreichen? Diese Frage tauchte erneut beim zweitjüngsten Pumpenfund in Belginum auf, der in einer Tiefe von 16 m angetroffen wurde, zumal Kretzschmer Förderhöhen über 10 m für wenig wahrscheinlich hält²¹. Deshalb entschlossen wir uns zum Nachbau dieser Pumpe, die aus frischgeschlagenem Eichenholz in der Museumswerkstätte durch Schreinermeister Josef Noll präzise angefertigt wurde²². Es wurde darauf verzichtet, die Steigleitung aus Holzrohren herzustellen, und auch das Kolbengestänge über dem Pumpenstock wurde der Einfachheit halber aus Metallstäben gefertigt. Als Steigleitung verwendeten wir einen 5/4 Zoll (32 mm) Plastikschlauch; die Kolben wurden jeweils mit drei Lederscheiben (bei den Kolben aus Zewen-Oberkirch waren es jeweils vier Scheiben — Abb. 3 —) gedichtet.

Beim Versuch mit der nachgebauten Pumpe wurde diese im Entsalzungsbecken des Museumshofes aufgestellt, völlig vom Wasser umgeben. Die Steigleitung war bis auf das 20 m höher liegende Museumsdach verlegt. Bei jeder Druckbewegung eines Kolbens mußte das Gewicht der sich in der Steigleitung befindlichen Wassersäule hochgedrückt werden. Bei 20 m Höhe waren das 16 kg, die auf den Lederventilklappen lasteten und von dem nachströmenden Wasser hochzudrücken waren, bevor das Wasser überlaufen konnte. Die Pumpe arbeitete ohne Komplikationen, und ohne Mühe reichte die Arbeitskraft eines Mannes aus, den Pumpenschwengel über einen längeren Zeitraum zu bedienen. Die Lederscheibendichtungen der Kolben waren vorzüglich und die Dichtigkeit der Lederklappenventile mit eingienieteten Bleigewichten so gut, daß der Wasserspiegel der vollgepumpten 20 m hohen Steigleitung erst nach zweistündiger Pause um nur 5 m abgesunken war.

Hier kann man keineswegs von „primitiven Holzpumpen“ sprechen, und die maximale Förderhöhe ist praktisch nur durch die Bruchgrenze des Materials begrenzt.

Es ist nicht uninteressant, die mögliche Leistung der Pumpen zu untersuchen, die abhängig ist vom Durchmesser und von den Achsabständen der Zylinder. Aus den Achsabständen läßt sich — zentrische Kolbenführung vorausgesetzt — die Kolbenhubhöhe ermitteln, die für die Feststellung des Hubraumes einen wichtigen Faktor darstellt.

²⁰ Durch Vermittlung von J. P. Mohen vom Museum Saint-Germain-en-Laye übersandte dankenswerterweise L. Langouet einen Vorbericht „SONDAGES ARCHÉOLOGIQUES dans L'ANSE SOLIDOR à SAINT-MALO“ von Loic Langouet und Jean Loic Meury mit vielen Abbildungen der Holzteile, die nach der C-14-Methode \pm 90 nach Chr. datiert werden. Die mutmaßlichen Pumpenstöcke weichen im Aussehen sowie in der durch L. Langouet interpretierten Funktion jedoch von den in unserer Arbeit behandelten Pumpenstöcken ab, so daß hier nicht näher darauf eingegangen werden kann.

²¹ Vgl. Anm. 5.

²² Für die Beschaffung eines schlagfrischen Eichenstammteiles haben wir Oberforstmeister Dehn vom Forstamt Kasel zu danken.

Bei der Ermittlung der Antriebsleistung N (= PS) darf man davon ausgehen, daß der mittlere Wirkungsgrad $\eta = 0,85$ beträgt. Demnach berechnet man die effektive Antriebsleistung:

$$N = \frac{Q \cdot H}{230}$$

wobei Q die Fördermenge m^3/h und H die Förderhöhe ausmacht²³.

Die ausgezeichneten Ergebnisse mit der nachgebauten Pumpe von Belginum haben gezeigt, daß die Annahme eines niedrigeren Wirkungsgrades als 0,85 nicht angebracht erscheint.

Die folgende Übersicht gibt die technischen Daten der gefundenen Doppelkolbenpumpe tabellarisch wieder.

Fundort der Pumpe	Zylinder \varnothing	Zylinder- achs- abstand	Kolben- hub	Hub- raum	Leistung bei 44 Doppel- hüben/min. $\eta = 0,85$ l/min.	Nenn- leistung $\eta = 0,85$ Ps	Förder- höhe m	
								Fundjahr
Benfeld (Bas-Rhin)	1869	♣ 73-78	264	210	0,98	70	?	?
Silchester	1895	♣ 76	180	145	0,66	49	0,04	2,74
Metz - Sablon	1905	♣ 75	195	150	0,66	49	0,09	7,0
Trier Amphitheater	1908	<i>verschollen</i>						
Trier-Herrenbrunn.	1921	♣ 70	288	170	0,65	48	0,08	8,0
Zewen-Oberkirch	1958	86	315	220	1,28	95	0,15	6,0
Belginum (Wederath)	1971	60	200	160	0,45	35	0,15	16,0
Trier Fleischstr.	1972	♣ 65	?	?	?	?	?	?
♣ = Zylinder mit Bleifütterung								

Bei einem abschließenden Vergleich der technischen Daten der Pumpen wird augenfällig, daß die Pumpe von Zewen-Oberkirch in den Dimensionen und damit auch in der möglichen Förderleistung erheblich über den anderen Pumpen liegt. Kretschmer vermutet wohl richtig, daß eine Förderleistung von mehr als zehn Eimer in der Minute nur für den Küchenbedarf allein zu hoch ist und die Pumpe sehr wahrscheinlich zur Füllung eines Vorratshochbehälters bestimmt war²⁴. Die Dimensionen der übrigen Pumpen haben im Vergleich untereinander bis auf die Pumpe von Belginum keine bemerkenswerten Abweichungen. Die kleinsten Zylinderdurchmesser mit 60 mm finden wir bei der Pumpe von Belginum, was mit der größten Förderhöhe im Zusammenhang stehen dürfte. Je kleiner die Zylinder waren, um so weniger Kraftaufwand war erforderlich, Wasser aus größerer Tiefe zu fördern.

Vorausgesetzt, daß es möglich sein wird, nach und nach den gesamten Vicus Belginum zu ergraben, dürften, nach den bisherigen Grabungserfahrungen zu urteilen, weitere Brunnen zu finden sein, deren Aushebung sehr wahrscheinlich auch noch weitere Pumpenstöcke erbringen würden, die je nach Erhaltungszustand weitere Kenntnisse antiker Trinkwasserförderung vermitteln könnten.

²³ Friedrich, Tabellenbuch für Metallgewerbe, 45.

²⁴ Vgl. Anmerkung 5, S. 595.