

Abb. 1. Die „Wiltzburg am Nordgow bey Weissenburg gelegen“, nach einem Kupferstich aus M. Merian: Topographia Franconiae (Frankfurt 1648), aus G. Bodenehr: Force d'Europe (Augsburg um 1720) fol. 196. (Staats- und Stadtbibliothek Augsburg). Siehe den „Tieffen Brunne“ E im abgebrannten Gebäudekomplex D und die „Cistern“ F



Wilhelm Ruckdeschel

FRÜHE MASCHINEN AUF BURGEN UND SCHLÖSSERN ERSTER TEIL

In vorindustrieller Zeit, vor Erfindung der Dampfmaschine (im 18. Jahrhundert) und der uns heute so nützlichen Verbrennungsmotoren und Elektromotoren (in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts) gab es nur wenige Möglichkeiten, eine Maschine anzutreiben, oder technisch gesprochen, eine von außen eingeleitete Energie in der Maschine in mechanische Bewegung umzusetzen.

Zur Verfügung standen nur die „Elementarenergien“ des Windes und des strömenden und fallenden Wassers sowie „biologische Energien“, die körperliche Leistungsfähigkeit von Mensch und Tier.

Die Nutzung der ersteren war ortsabhängig. Windmühlen waren nur in küstennahen Gegenden und an höhergelegenen Stellen im Lande denkbar; die Wasserradbetriebenen Mühlenwerke waren an den Wasserlauf gebunden. Die Wasserkraft war in jenen Zeiten überhaupt die einzige Energiequelle von einiger Zuverlässigkeit und Bedeutung; jeder Herrschaftssitz und jede Siedelgemeinschaft war darauf angewiesen. Dementsprechend intensiv wurde sie genutzt. Alte Karten zeigen, wie selbst an bescheidenen Wasserläufen die von den verschiedensten Rechtsinhabern betriebenen Mühlenwerke sich aufreihen wie Perlen auf der Schnur. Noch heute heißt mancher, meistens längst anderweitig genutzte Platz „Burgmühle“ oder „Schloßmühle“.

Waren Wind oder Wasser zum Antrieb nicht verfügbar oder anwendbar, so blieben nur die „Muskelkraftmotoren“, die — naturgemäß begrenzte und der Ermüdung ausgesetzt — Körperkraft von Mensch und Tier. Aus der Gruppe der muskelkraftbetriebenen Vorrichtungen sind bekannt Handkurbel, Kreuzhaspel und Spillrad; an diesen konnten pro Betreiber Handkräfte in der Größenordnung von 200 N (entspr. 20 kg) ausgeübt werden. Größere Drück- bzw. Ziehkräfte von Mensch bzw. Tier wurden am Göpel zur Wirkung gebracht. Am effektivsten jedoch waren Tretrad und schrägliegende Tretscheibe; hier war die ganze Gewichtskraft der Betreiber nutzbar. Bei der schrägen Tretscheibe ist es offensichtlich, doch auch das Tretrad wirkte nach demselben physikalischen Prinzip: Die Betreiber brachten ihre Leistung auf die Maschine, indem sie eine ständig unter ihnen wegdrehende Schiefe Ebene hinaufkamen.

In der Natur der alten Umsetzer von Elementar- und animalischer Energie lag es, daß diese bei großen Durchmessern ziemliche Drehmomente („Kräfte“) entwickelten, jedoch nur langsam umliefen. Oft war deshalb — etwa zum Antrieb von Mahlwerken, Pumpen oder landwirtschaftlichen Maschinen — eine Übersetzung „ins Schnelle“ erforderlich, die meistens mittels Zahnrädern realisiert wurde.

Die Maschinen funktionierten nach den alten mechanischen Prinzipien von Schiefer Ebene und Hebel (denn Zahnräder, Seilscheiben, Kurbeln sind nichts anderes als umlaufende Hebel).

Auch die Technologien waren von der Antike bis zur frühindustriellen Zeit im Grunde die gleichen. Hauptwerkstoff war das Holz; nur an hochbeanspruchten und verschleißgefährdeten Stellen trug oder verband das damals noch wertvollere Eisen. So waren die Maschinen von Zimmermann und Schmied gebaut; nur die feineren Pumpen fertigte der Bronzegießer. Erst der Ganzmetallmaschinenbau des frühen 19. Jahrhunderts brachte hier Wandel und neue Formen. Auf einigen Burgen und Schlössern sind solche frühen Maschinen noch erhalten. Diese stellen heute — bei aller Problematik der Erhaltung — schätzenswerte technische Denkmale dar, denn unsere Zeit hat erkannt, daß auch solchen Zeugen kultureller Leistung die gleiche Aufmerksamkeit zuzuwenden ist wie den bislang im Schwerpunkt der denkmalpflegerischen Arbeit stehenden Bauwerken der Religiosität und der weltlichen Macht.

Vier solche, von den Eigentümern und der Heimatpflege in vorbildlicher Weise betreuten technikgeschichtlichen Objekte werden im folgenden beschrieben. In allen Fällen handelt es sich um Maschinen zur Wasserförderung.

1. DIE TRETRAD-BRUNNENWINDE AUF DER WÜLTZBURG

Wasserversorgung einer Barockfestung in Franken

Das Weissenburger Land ist jederzeit eine Reise wert; den Besucher erwartet eine Fülle von Kulturdenkmälern aus frühgeschichtlicher und historischer Zeit. Auf kurzem Wege wird die ganze Enge der fränkischen Territorienwelt, wie

sie in den Jahrhunderten zwischen Mittelalter und Säkularisation bzw. Mediatisierung bestand, sichtbar.

Nähert man sich auf der B 2 von Norden, so wird südlich von Pleinfeld — ehemals Amtssitz im Hochstift Eichstätt — die Trasse des römischen Limes gequert. Der Schuttwall der „Rätischen Mauer“ ist besonders weiter im Osten noch meilenweit zu verfolgen; dort gibt es auch ein Freilichtmuseum der römischen Reste.

Es folgt Ellingen, das Barockstädtchen mit dem großen Schloß — einstmals Sitz des Landkomturs der Ballei Franken des Deutschen Ordens.

Nach kurzer Fahrt erblickt man dann eines der schönsten Stadttore Deutschlands, das Ellinger Tor im Nordbering der ehemals Freien Reichsstadt Weißenburg. Westlich des alten Stadtbereichs sind die Fundamente des Römerkastells BIRICIANA nahegelegt, des großen Hauptlagers hinter dem Limes vom 1. bis ins 3. Jahrhundert. In nächster Nähe kamen erst vor wenigen Jahren die — heute von kühnem Überbau geschützte — „Große Therme“ und dann ein prächtiger Bronze- und Silberschatz zutage — weiterer Beweis für die Wichtigkeit des Platzes in römischer Zeit.

Einige Kilometer weiter südlich schließlich, beim ehemals pappenheimischen Dorf Graben, liegen die Reste einer bedeutenden Ingenieurleistung des frühen Mittelalters, der FOSSA CAROLINA Karls des Großen. Im Herbst des Jahres 793 wurde dort auf der Wasserscheide versucht, die Flußsysteme Rezat-Main und Altmühl-Donau „zusammenzugraben“; das Vorhaben scheiterte jedoch aus technischen sowie politischen Gründen.

Auf dem Bergsporn (628 m ü. NN) östlich von Weißenburg ist über der Bewaldung ein langgestrecktes rotes Ziegeldach zu erkennen; es gehört zur „Schloßkaserne“ der ehemals markgräfllich-ansbachischen Landesfestung Wülzburg¹⁾.

Die Festung

Die Wülzburg entstand zu einer Zeit, als man bereits gelernt hatte, auf die neuen Feuerwaffen mit anderen Befestigungsformen zu reagieren. Statt hoher Burgmauern wurden mächtige kasemattierte Wälle aufgeführt; in der Festungskaserne lag eine Garnison. Der Landesfürst residierte jetzt im Schloß in der Hauptstadt und zog sich allenfalls bei Feindesbedrohung in den festen Platz zurück. Markgraf Georg Friedrich von Brandenburg-Ansbach befahl den Bau im Jahre 1588: „Die Vestung Wiltzburg soll erbaut werden wie volgd: Inn Circumferentia soll sie 3200 gemeiner werkschueb In sich halten. 478 Werkschuech kleiner als Ohnsbach die Stadt. Fünf Pasteyen. dern ein jeder 40 schuech hoch unnd tif 36 braith. . . .“²⁾

Der Platz wurde gewählt auf der das Altmühl- und das Rezattal beherrschenden Höhe im Südosten des Territoriums. Dort hatte schon jahrhundertlang ein Benediktinerkloster bestanden, das 1537 im Zuge der Reformation aufgehoben worden war.

Unter der Leitung verschiedener namhafter Baumeister entstanden bis 1604 der mächtige Bastionsfünfstern, der zweistöckige Schloßbau sowie das eindrucksvolle frühbarocke Hauptportal. Die ideale, keine toten Winkel zulassende Festungsfigur hinter dem breiten, tief aus dem Jura-gestein herausgehauenen und mauergefütterten Trocken-graben machte die Anlage schier uneinnehmbar.

Die Gelegenheit, diese Eigenschaft zu beweisen, kam alsbald im Dreißigjährigen Krieg. Doch 1631 wurde die Festung ohne Belagerung den Kaiserlichen übergeben und von diesen bis Kriegsende gegen alle Angriffe gehalten. Am 11. Oktober 1634 aber brannte der ganze Schloßbau bis auf die Umfassungsmauern nieder und zwar „weil der Köchin das Schmalz in der Pfannen brennend worden“ — ein Zeit-

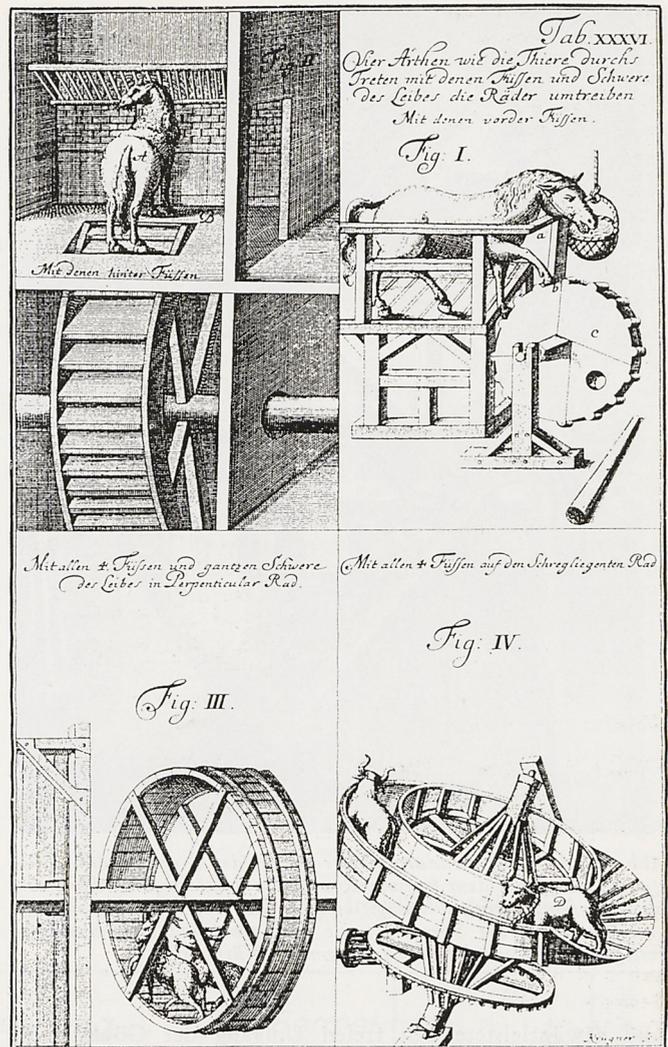


Abb. 2. „Vier Arthen, wie die Thiere durchs Treten mit denen Füßen und Schwere des Leibes die Räder umtreiben“. Unten: Tretrad (links) und schräge Tretscheibe. Aus Jacob Leupold: *Theatrum Machinarum Generale*. Leipzig 1724, Tafel 36

punkt, der für die Datierung der im folgenden zu beschreibenden Maschine zu beachten ist.

An den Landesherrn zurückgefallen und wieder aufgebaut, diente die Festung im 18. Jahrhundert vornehmlich als Kriminal- und Staatsgefängnis, war sozusagen die markgräfllich-ansbachische „Bastille“. Eine ganze Reihe von Personen aus den Kreisen, für die der Grat zwischen fürstlicher Gunst und Ungnade besonders schmal war, mußte dort ihre Festungshaft verbringen. In einer der Kasematten steht noch heute ein Eichenholzkasten für Kerkerhaft in Dunkelheit und Nässe von geradezu „Fidelio“-hafter Schrecklichkeit.

Durch die Mediatisierung fiel die Festung an Bayern, 1867 wurde die Festungseigenschaft aufgehoben. Durch die jetzigen Besitzer nach und nach restauriert, bietet die Wülzburg dem Besucher das seltene Bild einer fast vollständig erhaltenen Barockfestung²⁻³⁾.

Von größter Wichtigkeit für die Festungsbesatzung war natürlich die autarke Versorgung mit Wasser und Nahrungsmitteln. Zu deren Bereitstellung gab es auf der Wülzburg mehrere „einfache Maschinen“. Eine Zeichnung aus dem Jahre 1741 zeigt auf der südlichen „Jungfer“-Bastion, der vorherrschenden Windrichtung entgegengestellt, eine mittelgroße Windmühle. Unabhängig davon war in der Bastion „Roßmühle“ ein kräftiges, durch Pferdegeöpel betriebenes Mahlwerk installiert. Der fast 10 m hohe, von mächtigen Flachrippen gestützte Kuppelraum enthielt den Mahlboden

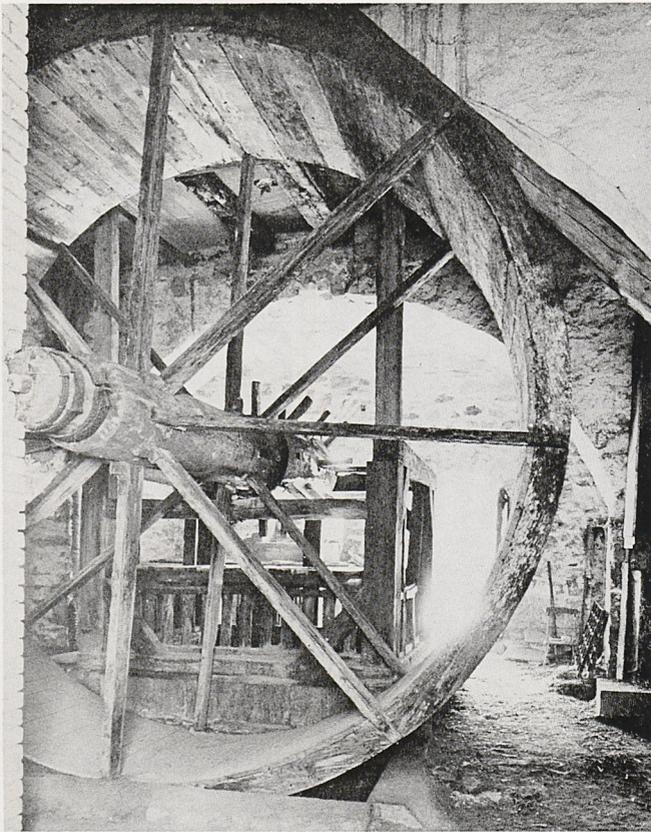


Abb. 3. Tretrad (Innendurchmesser 4,5 m) der Brunnenswinde. Zustand 1965. Über dem Brunnenschacht das vierseitige Balkengerüst mit dem umlaufenden Holzgitter (und der heutigen Abdeckung). Am Wellbaum die Sprossensterne und ein Eisenhaken zum Befestigen des Kübelseils. (Foto: Kammler, Nürnberg)

und gewährleistete den freien Umgang der Göpeltiere²⁾. Beide Maschinen sind verschwunden; glücklicherweise erhalten geblieben und in jüngster Zeit sogar restauriert ist jedoch ein seltenes technikgeschichtliches Objekt: im Brunnenhaus im Westflügel des Schlosses steht eine mächtige hölzerne Tretrad-Ziehwinde über dem tiefen Festungsbrunnen. Sowohl der Brunnen als auch die Tretradanlage sind jede für sich eine bemerkenswerte technische Leistung und Sehenswürdigkeit aus der frühen Neuzeit.

Der Tiefe Brunnen

Es ist wenig bekannt, daß die Wülzburg den tiefsten Festungsbrunnen auf dem Bundesgebiet hat. Um in die Wasserhorizonte des Opalinuston zu gelangen, mußte der Brunnenschacht weit über 100 m durch das Juragestein hinuntergetrieben werden. Überliefert ist, der Brunnen sei mit 166 m tiefer als der höchste Kirchturm der Erde, der des Ulmer Münsters, hoch ist (161 m). Eine andere Quelle nennt 481 Pariser oder 524 bayerische Fuß⁴⁾ — über 150 m. Jüngst haben sich Mitglieder einer Gruppe Weißenburger „Froschmänner“ hinuntergelassen und gemessen: Schachttiefe bis zum Wasserspiegel 127 m, dazu 3 m Wasserstand über Sohle. (Dies mag darauf zurückzuführen sein, daß bei Bauarbeiten nach dem Zweiten Weltkrieg Schutt und Unrat in den Brunnen geworfen worden ist).

Bei Ausleuchtung des Brunnenschachtes blinkt tief unten die winzige Spiegelfläche des Wasserstandes auf. Sogleich wird man sich bewußt, welche eminente physische Leistung diejenigen vollbringen mußten, die seinerzeit hinuntergelassen wurden, um mit Hammer und Meißel das Werk ein Stück weiterzutreiben. Es wird auch hier von Häftlingen ge-

sprochen; die Einwohnerlisten der Stadt Weißenburg weisen zur Bauzeit der Festung aber auch den Zuzug einiger sächsischer und böhmischer Bergleute auf⁵⁾). Die Vermutung liegt nahe, daß diese Fachleute in markgräflichem Dienst beim Niederbringen des Brunnenschachtes tätig waren. Vielleicht hat eine Vorgängerkonstruktion der nachstehend beschriebenen Winde schon als „Fördermaschine“ gedient, denn immerhin waren ca. 1500 t Juragestein aus dem Schacht herauszubringen.

Die Tretrad-Ziehwinde

Die Anlage des tiefen Brunnens ist zweifellos in die Erbauungszeit der Festung zu legen. Die darüber errichtete hölzerne Tretradmaschine zum Ziehen der Wasserbehälter durch Menschenkraft dagegen kann in ihren Originalteilen frühestens aus der Zeit des Wiederaufbaus der Schloßgebäude, Mitte des 17. Jahrhunderts, stammen. Der Werkmeister ist nicht bekannt, diesbezügliche Nachforschungen in den zuständigen Archiven von Weißenburg und Ansbach brachten kein Ergebnis. Es war wohl ein Mann aus jener breiten Schicht der Handwerker-Techniker, die allenthalben die Aufgaben der vorindustriellen und vorwissenschaftlichen Technik ihrer Zeit zu bewältigen hatten.

Ein starker Eichenholzstamm war das „Halbzeug“ für den einschließlich der Seiltrommelzone aus einem Stück gearbeiteten, ca. 5,7 m langen Wellbaum. Die über dem Brunnenschacht liegende Trommelzone, in der noch heute stellenweise die rillenförmigen Eindrücke, die die einst darumgelegten Hanfseile hinterlassen haben, zu sehen sind, ist durch drei je 8teilige Sprossensterne aus Vierkanthölzern mit gerundeten Kanten in zwei Abschnitte unterteilt. Dies läßt erkennen, daß man mit der Winde im kraft- und leerlaufsparenden Pendelbetrieb gearbeitet hat. Wurde auf der einen Seite der volle Wasserkübel am Hanfseil heraufgezogen, so sank auf der anderen Seite der leere in die Tiefe hinab.

Das schwere Tretrad von 4,5 m Durchmesser und 1,5 m Breite — somit betreibbar durch zwei Mann — ist mittels 8 Paar Speichen aus Vierkanthölzern mit dem Wellbaum verbunden. Der Laufzylinder ist rundum mit Brettern verschalt, Trittleisten sind nicht vorhanden. Diese Bauweise war zweifellos bequemer und trittsicherer für die Läufer, wenn andererseits damit auch kein großer wirksamer Hebelarm erreicht werden konnte. Aber in diesem Fall kam es ja nicht auf die Ausübung eines großen Drehmomentes, sondern vielmehr auf die Erzielung einer einigermaßen tragbaren Hubgeschwindigkeit an. Deshalb hat man auch — anders als bei der gleichartigen Anlage auf der Festung Kufstein (siehe Abschn. 2) — auf die Einschaltung einer weiteren Übersetzung verzichtet.

Die Fortsetzung des hölzernen Wellbaums in die beiderseitigen eisernen Lagerzapfen ist in der seinerzeit allgemein üblichen, z. B. auch bei Mühlen- oder Hammerwellen zu findenden Weise ausgeführt. Die Lagerzapfen sind an viereckige, spatenförmige Platten angeschmiedet. Diese „Blätter“ wurden in die zu diesem Zweck geschlitzten, leicht konischen Enden des Wellbaums eingesetzt und das Ganze durch aufgeklemmte und gekeilte eiserne Bandagen zusammengehalten.

Der brunnenseitige Lagerzapfen liegt — 2,3 m über Flur — in einer auswechselbaren Hartholz-Halbschale auf dem Querträger des Balkengerüsts, das vierseitig über der Schachteinfassung aufgezimmert ist. Der tretradseitige Wellenzapfen soll mit einem Klemmstück an der seinerzeit hölzernen Stützsäule gelagert gewesen sein⁶⁾. Letztere ist heute durch einen gemauerten Pfeiler ersetzt.

Das Balkengerüst über dem Brunnenrand diente im übrigen auch der Sicherheit des Bedienungspersonals. Ringsum zieht

sich ein brusthohes Holzgitter; in dessen achsparallelen Seiten befinden sich Doppeltürchen, durch die die Wasserkübel seitlich herausgezogen werden konnten. Tretrad und Brunnengerüst sind in Details wie Verkeilung der Tretradspeichen, Dübelung, Verlaschung und Abfasung allenthalben in der besten Zimmermannspraxis der Zeit hergestellt.

Mit zwei Betreibern im Rad leistete diese Muskelkraftmaschine naturgemäß nur 0,12—0,16 kW (0,16—0,22 PS) und das bei einem Gewicht allein der drehenden Teile von 2 t! Die Hauptdaten und die errechneten Werte zeigt Tabelle I.

Bei einem realistischen Hebelarm von $a = 1$ m betrug die Drehzahl des Tretrades also nur ca. 1,1 U/min. Das große Rad ging nur wenig schneller als der Sekundenzeiger der Uhr, was andererseits die Beherrschung der beträchtlichen Drehmasse erleichterte. Man darf sich deshalb nicht vorstellen, die Betreiber eines Tretrades hätten sich ständig im Laufschrift bewegt. Sie konnten, eben wegen ihrer begrenzten Dauerleistungsfähigkeit, allenfalls so zügig schreiten wie ein Bergwanderer, der in der Regel etwa 400 Höhenmeter in der Stunde zurücklegt.

Die absolute Zugkraft am Wellbaum entsprach dem Gewicht des Kübelinhaltes zuzüglich dem des Seiles für die größte Tiefe; das Eigengewicht der Kübel war ja wegen der Pendelaufhängung ohne Einfluß. Sie betrug bei zwei Betreibern etwa 2720 N (entspr. 272 kg)⁷⁾.

So dauerte es eine Dreiviertelstunde und die Betreiber mußten dazu 55 Runden drehen und dabei im Rad über 800 m zurücklegen, bis ein Wasserkübel von höchstens 200 l Inhalt aus der Tiefe geholt war. (Die Kübel mußten in Schachtmitteln ja einander passieren können und deutlich höher sein als breit, damit sie unten selbsttätig umfielen, um sich mit Wasser zu füllen. Denkbar wäre ein Raummaß von etwa 0,5 m ϕ x 1 m Höhe). War der Kübel kleiner, so konnte

sich der Hebelarm verringern zugunsten einer höheren Rad-drehzahl und geringeren Hubzeit.

Die Wasserversorgung der Festung aus dem Tiefen Brunnen — und einigen unbedeutenden Zisternen — war so von jeher mühsam und problematisch. Und der Wandel der Zeit verlangte Verbesserung und Erleichterung. Als die Festung an die Krone Bayerns gefallen war (1806), ließ deshalb König Ludwig I. in den Jahren 1827/31 für 48.312 fl. die Hofzisterne „von 22.917 Eimern Inhalt“⁸⁾ (ca. 1600 m³) anlegen. In diese wurde auch das von den Gebäudedächern abfließende Regenwasser eingeleitet. Der große Tiefbehälter mit je 4 (handbetätigten) Zieh- und Pumpbrunnen — zur Zeit in romantischem Verfall — stellt ebenfalls ein beachtenswertes Objekt der Technikgeschichte dar. (Besichtigung möglich; Schlüssel zur Brunnenstube in der Burggaststätte).

Anmerkungen/Literatur

- 1) K. Bosl (Hg.), Handbuch der Historischen Stätten Deutschlands. Band 7, Bayern. Stuttgart 1965, 242, 409 ff., 589, 799. — J. Lidl, S. Gerndt (Red.), Im Weißenburger Land. München 1971. — Arbeitsgemeinschaft Weißenburger Heimatforschung: Uuizinburc 867—1967 Weißenburg. Weißenburg 1967. — H. H. Hofmann, Kaiser Karls Kanalbau. Sigmaringen 1976.
- 2) Die Kunstdenkmäler von Bayern. Mittelfranken. Band 5, Stadt und Bezirksamt Weißenburg i. B. München 1932, 482 ff. Ohns-pach = Ansbach.
- 3) K. Bosl (wie Anm. 1), 835. — W. Meyer, Deutsche Burgen. Frankfurt 1977, 171 ff. — H. Neumann, Die Festung Wülz-burg. Weißenburg 1980.
- 4) W. Korte, Altes und Neues über Wülzburg. Ansbach 1869, 109. 1 Pariser Fuß = 0,32484 m
1 Bayerisch Fuß = 0,29186 m
- 5) Frdl. Mitteilung (1972) von Herrn Stadtarchivdirektor Dr. F. Blendinger, Augsburg.

Tabelle I: Hauptdaten und Leistungswerte (Werte in PS und kp zum Vergleich. Gesetzzt Erdbeschleunigung $g \approx 10 \text{ m/s}^2$)

	Benennung	Zeichen	Formel	Werte			Einheit
				ange-nommen	ge-messen	er-rechnet	
pro Betreiber	Gewicht (Masse)	m		70			kg
	Dauerleistung	P_a		0,08 (0,11)			kW (PS)
im Tretrad	Laufdurchmesser	D	$= 2r$		4,5		m
	wirks. Hebelarm	a		1			m
	Steigungswinkel	α	$\sin \alpha = \frac{a}{r}$			26,4	°grad
	Drehmoment	M_d	$= G \cdot a$			700	Nm
	Drehzahl	n				1,1	$\frac{U}{\text{min}}$
	Umfangs- / Laufgeschwindigk.	v	$= \frac{D \cdot n \cdot \pi}{60}$			0,26	$\frac{m}{s}$
	Vertikalgeschwind.	v_s	$= v \cdot \sin \alpha$			0,11 (396)	$\frac{m}{s}$ ($\frac{m}{h}$)
Wellbaum / Trommel	Trommeldurchm.	d			0,72		m
	Ges. Wirkungsgrad	η		0,7			-
	Zugkraft bei 2 Betreibern	ΔZ	$= \frac{2m \cdot g \cdot a \cdot \eta}{d/2}$			2720 (272)	N (kp)



Abb. 4. Die Festung Kufstein von Osten (um 1800), Ausschnitt. Über dem „Gedeckten Gang“ der Schrägaufzug zum „Schloßrondell“ (Foto: Karg, Kufstein)

⁶⁾ Frdl. Mitteilung (1965) von Herrn W. Scharrer, pens. Burgwart.

⁷⁾ Die genaueren physikalischen Darlegungen in Dsgl. Historischer Verein für Mittelfranken. 89. Jahrbuch (1977/1981) 104.

⁸⁾ W. Korte (wie Anm. 4), 110.

1 bay. Eimer = 64 bay. Maß = 68,42 l

(Kgl. Baierisches Regierungsblatt. 20. Stück, 11. März 1809).

2. DIE TRETRAD-BRUNNENWINDE AUF DER FESTUNG KUFSTEIN

Die Festung

Den Reisenden, der den Grenzübergang Kiefersfelden südwärts hinter sich gelassen hat, grüßt bald die auf steilem Felsmassiv über dem Inn aufragende Festung Kufstein.

Diese Grenzfestung an einem der wichtigsten Alpentore spielte als der „Schlüssel von Tirol“ im politischen und Kriegesgeschehen vergangener Jahrhunderte oftmals eine bedeutende Rolle. 1205 wird die Burg auf dem — namengebenden — kufenförmigen Felsen über altbesiedeltem Gebiet erstmals genannt; dann alsbald bayerisch, wird sie — nach einem kurzen tirolisch-habsburgischen Zwischenspiel im 14. Jahrhundert — von den bayerischen Herzögen zu einer schier uneinnehmbaren Festung ausgebaut. Im bayerisch-pfälzischen Krieg um das Landshuter Erbe (1503—1505) greift Kaiser Maximilian I. (1459—1519) nach den erziehen Städten Kitzbühel und Rattenberg wie nach dem wichtigen Platz Kufstein. Doch erst als die beiden schwersten Kanonen des Reiches, „Weckauf“ und „Purlepaus“, auf dem Inn dorthin geschafft sind, kann am 17. Oktober 1504 die Übergabe erzwungen werden. Sofort wird mit dem Wiederaufbau der zerschossenen Festung begonnen; 1522 ist deren Wahrzeichen, der mächtige viergeschossige „Kaiserturm“, vollendet. In der Folgezeit wird immer wieder erweitert und verstärkt; so kommen im 18. Jahrhundert die „Josefsburg“ und die übrigen Bauten der tieferliegenden Südpartie mit ihren Kasematten, dem „Langen Gang“ und den verschiedenen Toren und Wällen hinzu.

1703, im Spanischen Erbfolgekrieg, steht der bayerische Kurfürst Max Emanuel vor Kufstein. Der Festungskommandant läßt, taktisch üblich, Feuer an die Vorstädte legen, doch der Brand greift auf die innere Stadt und auf die Festung über, die im Kaiserturm gestapelte Munition explodiert. In dieser Verwirrung gelingt es den Bayern, die Festung im Handstreich zu nehmen und bis zum Friedensschluß zu halten.

Im Schicksalsjahr 1809 wird die von den mit den Franzosen verbündeten Bayern besetzte Festung von den Tiroler Freiheitskämpfern mehrmals hart, jedoch vergeblich bedrängt. Erst mit dem Wiener Frieden von 1815 kommt Kufstein mit Tirol wieder ganz unter österreichische Herrschaft.

Im 19. Jahrhundert diente die Festung wie viele Anlagen ihrer Art in dieser Zeit als berüchtigtes Staatsgefängnis, „in dessen düsterem Gemäuer gar manche politische Freiheitschwärmer sowie manch gemeine Verbrecher die kostbarsten Jahre ihres Lebens vertrauerten“.

Heute ist die seit 1924 im Besitz der Stadt befindliche Festung bekannt durch die „Heldenorgel“. Diese im Bürgerturm eingebaute größte Freiorgel der Erde wurde von Max Depolo, dem Schöpfer des Kaiserjägerliedes, als Denkmal für die Gefallenen des Ersten Weltkrieges angeregt und 1931 eingeweiht¹⁾.

Der Festungsbrunnen

Unverzichtbar für die rechte Funktion der Festung war natürlich eine autarke und zuverlässige Wasserversorgung. Was hätten die stärksten Wälle nützen können, wenn der Besatzung im Falle der Belagerung eines Tages selbst das Bedarfsminimum an Wasser ausgegangen wäre. Es wird berichtet von zwei Zisternen, die 1568 in den Felsen gehauen wurden und aus denen das gesammelte Regenwasser, sandgefiltert, kübelweise heraufgeschöpft werden konnte. Die Beschreibung: „mit gemeur, tigl und laimb [Ziegel und Letten] angefüllt, auch das vor, so auf dem grundsteek, und die capell genent wirdet, von ziegl und mit von gehauten stükken oder holzwerk gemacht; zwischen denselben zieglen geet das wasser durch in den sanntcasten und ist dermassen gericht, das der sannt nit aufspritzt“, zeigt, daß hier wohl eine ähnliche hygienische Konstruktion vorlag wie auf der südtirolischen Festung Rodeneck: Der unterirdische Behälter war mit einer dicken Schicht tonhaltigen Lehms wasserdicht ausgekleidet. In der Mitte war eine höhere Brunnenröhre — unten trocken, oben gemörtelt — aufgemauert, der Zwischenraum war mit Sand ausgefüllt. Das Regenwasser wurde durch das Gewölbe eingeleitet und drang, durch den Sandfilter gereinigt, in die Brunnenröhre, aus welcher es mit einer gewöhnlichen Schöpfvorrichtung aufgeholt werden konnte²⁾.

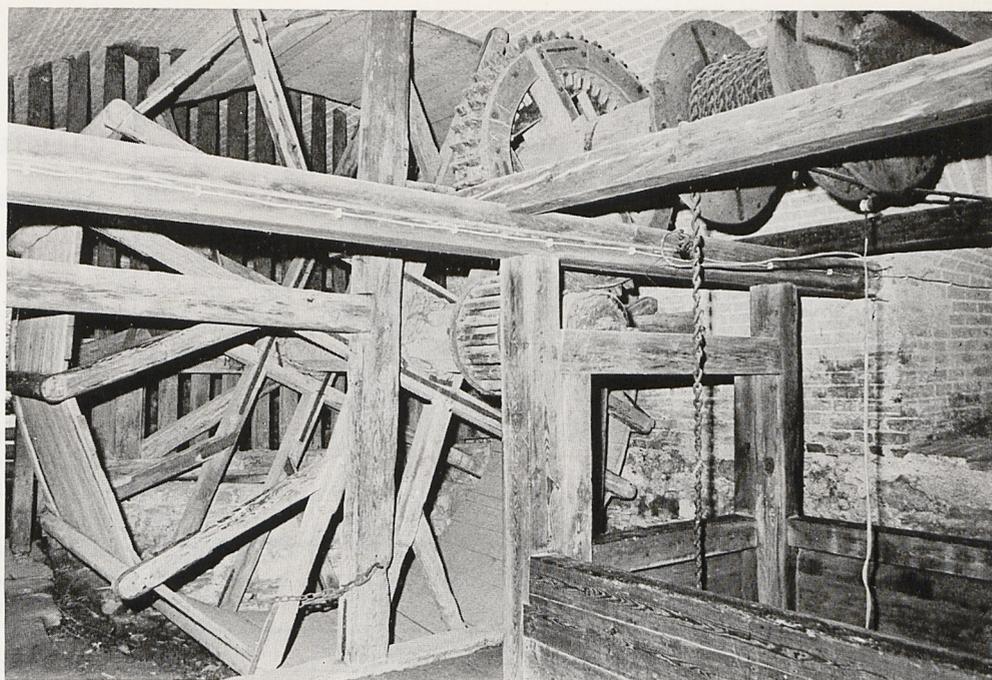
Solche Wassersammelanlagen konnten natürlich nur bei klimatisch normalen Verhältnissen funktionieren und dann wohl auch einen erhöhten Bedarf an Brauch- und Trinkwasser decken; in regenarmen Zeiten jedoch mußten sie versagen. Um der eingangs genannten Forderung zu entsprechen, war weiterer und erheblicher technischer Aufwand unumgänglich: Auf den Höhenburgen und -festungen mußten Brunnen angelegt werden, deren Schächte bis auf wasserführende Schichten im Berg oder gar bis auf das Talniveau hinunterreichten. Die Tiefen einiger Festungsbrunnen:

Nürnberg Burg	50 m
Festung Plassenburg	75 m
Marienberg über Würzburg	75 m
Festung Königstein/Sachsen	152 m
Festung Augustsburg/Sachsen	170 m.

Vergleichbar mit den letztgenannten ist die ehemals markgräfllich-ansbachische Landesfestung Wülzburg bei Weißenburg/Bayern. An die 160 m tief mußte dort der Brunnen-schacht in den Juraberg geschlagen werden (siehe Abschnitt 1).

Auf der Festung Kufstein genügten 70 m, um auf das Grundwasserniveau hinunterzukommen. Der Schacht wurde im Nordwesten des älteren Festungsbereiches, zwischen Gaudenbatterie und Fuchsturm angelegt. Die Arbeit mit „Schlägel und Eisen“ war mühsam, aber durchführbar; vielleicht haben Fachleute aus dem nahen Schwazer oder Haller Bergbau zur Verfügung gestanden. Über dem Schacht wurde ein mächtig gewölbtes Brunnenhaus errichtet; dessen Fertigstellung ist durch die Jahreszahl 1546 über dem Eingang ausgewiesen.

Abb. 5. Die Tretrad-Ziehwinde im Brunnenhaus. Links das 16eckige Tretrad, dahinter das gemauerte Becken. In der Mitte das Holzgetriebe, rechts die Trommelwelle auf dem Balkenwerk der Schachtöffnung (Foto: Karg, Kufstein)



Die Tretrad-Ziehwinde

Zwei Eimer sieht man ab und auf in einem Brunnen steigen, und schwebt der eine voll herauf, muß sich der andre neigen.

Friedrich von Schiller

Zum Ziehen der Wasserbehälter aus der Tiefe dienten generell „einfache Maschinen“, meist handkurbelbetriebene Trommelwinden. Auf mancher Burg sind solche heute noch zu sehen oder wieder hergerichtet. Auf der Festung Kufstein — wie auch auf der Wülzburg — tat man mehr. Im Brunnenhaus wurde eine mächtige hölzerne Windenmaschine mit Tretrad und Getriebe errichtet, die heute als singuläres technisches Denkmal dasteht. Der Kufsteiner Heimatpflege ist zu danken, daß sie diese Anlage unter ihren Schutz genommen hat bereits zu einer Zeit, da technikgeschichtliche Objekte gegenüber den Denkmälern von Klerus und weltlicher Macht noch wenig galten.

Über Baujahr und Baumeister können leider keine Angaben gemacht werden³⁾. Wie die nachstehende Beschreibung jedoch zeigt, liegt auch hier die Konstruktion eines „Kunstmeysters“ aus frühbarocker Zeit vor, die den Betrachter von heute durchaus beeindruckt. 1,9 m über Flur ist auf kräftigem Gebäck der Tretrad-Wellbaum gelagert, an dessen ebenso einfacher wie funktionsgerechter Gestaltung man sofort die Hand des Fachmanns erkennt. Mit einem Größtmaß von 360 mm ist der Wellbaum in den Zonen der Drehmomentübertragung vierkantig, an den Enden konisch geformt, dazwischen sind die Kanten abgefast. Die Holzwellen wird, zuverlässig verkeilt, eingeschlossen von kreuz- und paarweise angeordneten Hauptspeichen, von denen im Winkel von 45° Zwischenspeichen abzweigen. Die Enden der Speichen beider Seiten sind durch aufbandagierte Quertraversen miteinander verbunden. Durch Längs- und Querverschalung der Lauffläche entstand so ein Tretrad von nicht zylindrischer, sondern 16eckiger Form mit einem mittleren Durchmesser von 4,1 m bei einer Breite von fast 2 m, begehbar für zwei Mann.

Das zur Weiterleitung und Übersetzung des Drehmomentes auf den Trommel-Wellbaum dienende hölzerne Zahngetriebe ist ein Prachtstück des Maschinenbaus vergangener Zeiten. Das Triebstock-Ritzel, seinerzeit „Laterne“ genannt, besteht aus zwei auf die untere Welle aufgepaßten Scheiben, in die ($z_1 =$) 19 Rundhölzer eingelegt und mit Bandagen festgehalten sind. Das Großrad mit einem „Fußkreis“ von

1420 mm Durchmesser besitzt ($z_2 =$) 43 Paar Zähne aus Buchenholz. Zur drehfesten Verbindung sind in die an dieser Stelle längsgeschlitzte Trommelwelle vier Speichen kreuzweise eingekeilt, die außen durch überfälschte Scheiben miteinander verbunden sind. Mit diesen sind beidseitig aus Viertelbögen zusammengesetzte Holzringe verbolzt. So entstand ein kräftiger Radkranz, in dem die Fußkeile der Holzzähne innen durch Querkeile formschlüssig gehalten werden konnten.

1 m über der Vorgelegewelle ist auf dem Gebäck der Brunneinfassung die Trommelwelle gelagert. Die Trommelzone mit 470 mm Durchmesser ist durch Bordscheiben in zwei Abschnitte unterteilt, denn auch bei dieser Anlage wurde im kraft- und zeitsparenden Pendelbetrieb gearbeitet. Wurde auf dem einen Abschnitt der volle Wasserkübel heraufgezogen, so sank daneben der leere in die Tiefe hinab. Noch heute hängt auf einer Seite eine Kette alter Art mit gedrehten Gliedern bis auf den bei Ausleuchtung in der Tiefe sichtbaren Wasserspiegel hinunter.

Die wichtigen Größen und Leistungsdaten dieser Maschine sind in Tabelle II zusammengestellt. Bezüglich des wirklichen Hebelarms, den die Betreiber im Rad erreichen konnten, ihrer Laufgeschwindigkeit und damit der Tretrad-Drehzahl und Kübel-Hubgeschwindigkeit ist mit mittleren Werten (in der Tabelle stark umrandet) zu rechnen, denn das mit dem vollen Kübel auflaufende Zugmittel belastete anfangs zusätzlich, während das mit dem leeren Kübel ablaufende gegen Ende des Vorgangs kräftig mitzog; das Kübeleigengewicht blieb infolge der Pendelaufhängung außer Einfluß. Die Betreiber mußten 100 Runden drehen und dabei an die 1300 m im Tretrad zurücklegen, bis in einer halben Stunde ein Wasserkübel von ca. 300 l Inhalt aus der Tiefe von 70 m geholt war. Die Maschine „leistete“ ca. 0,22 PS (0,16 kW) bei einem Gewicht allein der drehenden Teile von über 2 t — ein auch bei der heutigen Energiediskussion nachdenkenswertes Leistungsverhältnis.

Das heraufgeholt Wasser wurde über eine hinter dem Tretrad herumgeführte hölzerne Rinne in ein gemauertes Becken von 3 m Durchmesser und 1,5 m Tiefe (10 m³) ausgegossen; aus diesem wurde es durch eine von außen (!) zu bedienende hölzerne, einfachwirkende Kolbenpumpe — von ebenfalls „klassisch“-vorindustriellem Zuschnitt — abgezogen.

Die sozialen Bedingungen sind gut vorstellbar: Die im Brunnenhaus eingesperrten Betreiber — vermutlich Häft-

Benennung		Zeichen	Formel	Werte		Einheit
				ange-nomm.	ge-mess.	er-rechn.
Maschine	Tretrad-Laufdurchmesser	D	$D = 2 \cdot r$		4,1	m
	Übersetzung Holzgetriebe	i	$i = z_2/z_1$			2,26
	Wirks.Trommeldurchmesser	d			0,5	m
	Gesamt -Wirkungsgrad	η			0,6	-
	Hubhöhe	H			70	m
Wasserkübel, Raummaße	Durchmesser	b		0,65		m
	Höhe	h		0,9		m
	Inhalt (Gewicht)	V	$V = \frac{b^2 \cdot \pi \cdot h}{4}$	300 (300)		l (kg)
Zugmittel	Metergewicht	q		2,1		kg/m
	Ges.Gewicht	G	$G = q \cdot H$	150		kg
Drehmoment Trommelwelle		M_{d2}	$M_{d2} = V \cdot g \cdot (d/2)$			750 N m
Drehmoment Treibradwelle		M_{d1}	$M_{d1} = M_{d2} / (i \cdot \eta)$			550 N m
2. Betreiber im Rad	Gesamt - Gewicht	m		130		kg
		Leistung	P_1	0,16 (0,22)		kW (PS)
	Wirks. Hebelarm	a	$a = M_{d1} / (m \cdot g)$		0,42	m
	Laufgeschwindigkeit	v_L		0,63		m/s
	Steigungswinkel	α	$\sin \alpha = a / r^{x_j}$		12	°
	Vertikal-Geschwindigkeit	v_s	$v_s = v_L \cdot \sin \alpha$	0,13 (460)		m/s (m/h)
Umdrehungen, absolut	Trommel	U_2	$U_2 = H / (d \cdot \pi)$			44,5 -
	Tretrad	U_1	$U_1 = U_2 \cdot i$			100 -
Hubgeschwindigkeit Kübel		v_H	$v_H = H / t$			2 $\frac{m}{min}$
Drehzahl Tretrad		n_1	$n_1 = v_L \cdot 60 / (D \cdot \pi)$			3 1/min
Betreiberweg im Tretrad		s	$s = U_1 \cdot D \cdot \pi$			1288 m
Laufzeit / Hubzeit		t	$t = s / (v_L \cdot 60)$			34 min

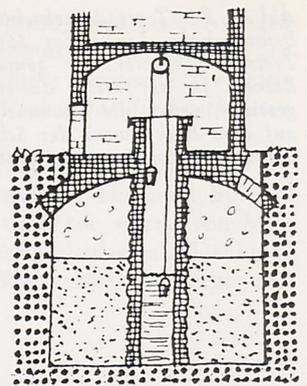


Abb. 6. Querschnitt der Zisterne auf der Festung Rodeneck/Südtirol (Quelle: O. Piper: Burgenkunde; mit frdl. Genehmigung des Weidlich-Verlages, Frankfurt/M.)

Tabelle II: Hauptgrößen und Leistungswerte der Tretrad-Brunnenwinde

linge — waren leicht zu überwachen und mußten funktionieren, denn ihr Leistungswille war durch Dosierung der hineingereichten Nahrung leicht im gewünschten Sinne zu beeinflussen.

Die Anlage wird wohl, wenn auch unter besseren Bedingungen als den eben geschilderten, bis ins vorige Jahrhundert in Betrieb gewesen sein. Erst Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Wasserleitung auf die Festung gelegt. —

Übrigens gibt es auf der Festung Kufstein noch weitere hölzerne Maschinen in vorindustrieller Technik. Im Dachgeschoß des Kaiserturms ist eine Ausleger-Laufkatze mit Göpelbetrieb eingebaut, mit der Lasten bis zu 300 kg auf die Höhe von 27 m gehoben werden konnten.

Bemerkenswert sind auch die Reste eines Schrägaufzuges, der im Osten des Festungsberges von der Stadt hinauf zum „Schloßrondell“ führte. Die Topographie, die Lage der älteren Festung auf dem steilen Felsen, machte die Versorgung schwierig. Der alte „Gedekte Aufgang“, der sich oberhalb der Pfarrkirche in mehreren Kehren den Berg hinauzieht, war für den Transport schwerer und sperriger Güter ganz ungeeignet. Für solche wurde der Schrägaufzug geschaffen. Im Schloßrondell vorhanden sind noch das Tretrad von ganz gleicher Konstruktion und Größe wie das im Brunnenhaus sowie der mächtige Wellbaum und dessen Lagerungen. Ebenfalls im Pendelbetrieb konnten auf Rollwagen erheb-

liche Lasten über die schiefe Ebene von 45° Steigung und 114 m Länge gezogen werden. In unserem Jahrhundert funktionierte an derselben Stelle ein Schrägaufzug mit Eisenschienen und Elektrowinde. Seit 1965 ist das Versorgungsproblem gelöst durch den vom Auracher Löchl aus zugänglichen Personen- und Lastenlift.

Die historische Wasserförderanlage befindet sich, wie schon bemerkt, in gutem Zustand; sie ist auch Bestandteil des Besichtigungsprogramms. Heute, in einer Zeit, die erkannt hat, daß auch die Denkmäler früherer Technik und Industrie des Schutzes wert sind und bedürfen, darf man hoffen, daß auch diesen anderen Zeugen frühen Maschinenbaus das gleiche Interesse bezüglich der Erhaltung zugewendet wird wie den sonstigen Sehenswürdigkeiten der Festung.

Literatur/Anmerkungen

- 1) Handbuch der Historischen Stätten, Österreich II. Stuttgart 1966, 464 f. — E. Lippott, Führer durch Kufstein, Kaisergebirge und Umgebung. Kufstein 1966. — Ders., Festung Kufstein. Tiroler Heimatschriften, Band 3. Kufstein 1928. — J. Weingartner, Tiroler Burgen. Innsbruck 1971, 70.
- 2) O. Piper, Burgenkunde (Neudruck). Frankfurt 1967, 512.
- 3) Mitteilungen (1972) Österr. Staatsarchiv-Kriegsarchiv und Tiroler Landesarchiv.

Professor Dipl.-Ing. Wilhelm Ruckdeschel, Augsburg
Dieser Beitrag wird in Heft 83/II fortgesetzt.