

Auch wenn im öffentlichen Bewusstsein die Technik des Mittelalters eher als rückständig gilt, gibt es doch viele Beispiele, die das Gegenteil belegen. Wenn wir uns im Folgenden mit dem Wasserbau im Bergbau beschäftigen, so kann die Darstellung nur vor dem Hintergrund des hydrologischen Wissens jener Zeit eingeordnet werden. Aus diesem Grund ist zunächst ein knapper Einblick in einzelne Bereiche des Wasserbaus geboten.

Aus Wasserleitungen fließendes Wasser ist ein Inbegriff der Zivilisation und heute in Europa so allgegenwärtig, dass man sich bei der Nutzung keinerlei Gedanken mehr darüber macht. Die dafür notwendige Technik von Druckwasserleitungen ist im römisch-deutschen Reich schon seit der Zeit um 1000 bekannt. In Aachen befindet sich ein 280 kg schwerer Pinienzapfen aus Bronze, der lange Zeit als Endstück einer Wasserleitung der karolingischen Pfalz gedeutet wurde. Untersuchungen haben allerdings ergeben, dass es sich um ein Werk der Zeit um 1000 handelt.¹ Dies ist derzeit der älteste Hinweis auf eine Druckwasserleitung im römisch-deutschen Reich. Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit wurden der Pinienzapfen sowie die dazugehörige Druckwasserleitung von Otto III. in Auftrag gegeben. Ferner ist die 1040/1050 angelegte Wasserleitung im Frauenstift von Essen zu erwähnen, die damit nur eine Generation jünger ist.² Die Anfang des 12. Jahrhunderts vom Bamberger Bischof Otto errichtete Bleiwaterleitung wird in dessen Lebensgeschichte ausführlich gewürdigt.³ Die mit Essen vergleichbaren Anlagen in den Klöstern von Hirsau, Großcomburg, Erfurt und Bamberg sind um 1100 oder Anfang des 12. Jahrhunderts entstanden, während die Anlage von Regensburg-St. Emmeram und vermutlich auch die von Liesborn an das Ende des 12. Jahrhunderts zu datieren sind.⁴ Das Kloster auf dem Petersberg bei Erfurt wurde von Hirsau aus gegründet, was möglicherweise auch einen Wissenstransfer beinhaltet. Die Wasserversorgung von Erfurt zeigt darüber hinaus, dass die Technik des Dükers (Überbrückung eines Tales zwischen Quelle und Ziel) beherrscht wurde. Wignand von Kastell (bei Mainz) stiftete die Hirsauer Wasserversorgung eindeutig und diejenige von Großcomburg mit hoher Wahrscheinlichkeit. Der reiche Kaufmann war Gefolgsmann des Mainzer Erzbischofs und trat zum Ende seines Lebens in das Comburger Kloster ein.⁵

Nicht nur im Nordschwarzwald (Kloster Hirsau), sondern auch im Südschwarzwald gibt es etwa aus der gleichen Zeit Belege für Druckwasserleitungen. Hierfür ist als indirekter Nachweis eine von Kunsthistorikern wegen ihrer aufwendigen figürlichen Verzierung immer wieder beachtete, große Brunnenschale aus dem 1087 gegründeten Kloster St. Ulrich (Gemeinde Bollschweil), einer Filiation von Cluny, zu erwähnen. Die monolithische, 6 t schwere Brunnenschale aus Buntsandstein mit einem Durchmesser von 2,59 m ist Anfang des 12. Jahrhunderts geschaffen worden. In ihrem Zentrum befindet sich eine Öffnung, durch die eine Wasserleitung geführt werden konnte.⁶ Die Herstellung einer gewaltigen Brunnenschale ist – im Gegensatz zu jüngeren Zeiten – in der Zeit um 1100 und im 12. Jahrhundert mehrfach nachzuweisen. Offenbar wollte man durch sie die Besonderheit des Laufbrunnens noch unterstreichen. Vergleichbare Brunnenschalen kennen wir aus Schriftquellen des Klosters Fulda (mit Bleileitung, 1150/65) und im Original aus dem Kloster St. Peter in Erfurt (1136).⁷

Eine Anlage für die Trinkwasserversorgung ist in einer Schriftquelle auch für das 1091 gegründete Zähringerkloster St. Peter, wenige Kilometer

Wissen im Wasserbau

1 Drescher 1993; Bingener/Haasis-Berner/Flosdorf 2002, 1–8.

2 Grewe 1991, 27. Auch hier war ein Düker notwendig.

3 Kosch 1991a, 92.

4 Großcomburg: Kosch 1991a, 109; Kosch 199b. Hirsau: Kosch 1991a, 107; Teschauer 1991. Erfurt: Grewe 1991, 34; Kosch 1991a, 92. Regensburg: Kosch 1991a, 108; Grewe 1991, 33 f. und 41–44; Reidel 1999. Liesborn: Peine 1993a, 74 f.; Peine 1993b, 223 f.

5 Siehe auch den reichen Konversen Udalrich von St. Peter, der ebenso unter anderem eine Wasserleitung stiftete.

6 Maus 2000; Stopfel 2000; Weisgerber 2006, 93–99. In den Aufsätzen werden teilweise kontroverse Deutungen der Brunnenschale vertreten (Erzmahlstein, Unterstein eines Kollerganges). Diese Überlegungen sind nicht belastbar. Der Stein ist wahrscheinlich als „erratischer Block aus den abgetragenen Trias-Schichten über dem späteren Schauinsland-Block im Möhlental“ gefunden worden (Hinweis Wolfgang Werner).

7 Kosch 1991a, 92 und 126.

nördlich von Freiburg, belegt. Eher beiläufig wird darin erwähnt, dass sie im frühen 12. Jahrhundert vom Mönch Udalrich auf eigene Kosten eingerichtet wurde.⁸ Er muss über ein großes Vermögen verfügt haben, da er abgesehen von der bis in den Kreuzgang führenden Wasserleitung ein kostbares, mit Gold und Edelsteinen verziertes Kreuz, zwei silberne Kelche, vier Chormäntel aus kostbarem Stoff und zwanzig Mark stiftete. Wohl zeitgleich mit dieser 1 km langen Druckwasserleitung entstand auch eine Brauchwasserversorgung, von der noch ein Teich erhalten und der Verlauf des Hangkanals im Gelände erkennbar sind. Die im benachbarten, etwas jüngeren Kloster St. Märgen entstandene Wasserversorgung ähnlicher Bauweise (ebenfalls Brauchwasserleitung mit Teichen und Druckwasserleitung) dürfte etwa das gleiche Alter aufweisen.

Die älteste derzeit bekannte Deichelleitung wurde im Zisterzienserkloster Otterberg (Pfalz) ausgegraben. Die dendrochronologische Datierung der Leitung ergab das Fälldatum 1168.⁹ Ab dem 14. Jahrhundert hat sich dann die Verwendung von Deichelleitungen – besonders im städtischen Bereich – durchgesetzt. Der älteste Hinweis auf eine Druckwasserleitung in Freiburg stammt aus dem Jahr 1317; doch da es innerhalb der Stadt nur wenige (und nur in Notfällen genutzte) Tiefbrunnen gab, muss mit der Existenz von Laufbrunnen ab der Zeit der Stadtgründung im Jahre 1120 gerechnet werden. Die in späterer Zeit für die Trinkwasserversorgung genutzten Quellen liegen etwa 2 km von der Stadt entfernt.¹⁰

Wasserhebwerke oder Pumpwerke zur Trinkwasserversorgung, die vereinzelt ab dem 13. Jahrhundert und verstärkt ab dem 15. Jahrhundert in einigen größeren Städten des deutschen Reichs nachzuweisen sind, gibt es in Südbaden so gut wie nicht. Allerdings ist auf der Südbaden gegenüberliegenden Rheinseite in Straßburg ein Wasserrad mit Gefäßkranz des späten 13. Jahrhunderts zu erwähnen.¹¹ Breisach besaß um 1600 ein Pumpwerk für Trinkwasser, das jedoch offenbar nicht lange in Betrieb war.¹²

Hangkanäle sind in den Alpen seit dem Hochmittelalter sicher belegt. Aber auch im Schwarzwald gibt es mit dem 8 km langen Kanal von Berau (Landkreis Waldshut) mindestens einen erstaunlich frühen Beleg. Er wurde zum Betrieb von Getreidemühlen und zur Versorgung des 1117 auf einem wasserarmen Bergsporn gegründeten Frauenklosters angelegt.¹³ Die zahlreichen, zur Bewässerung der wasserarmen Wiesen im Südschwarzwald angelegten Wuhren dürften nur wenig jünger sein.¹⁴

Schließlich ist noch auf die ab etwa 1200 einsetzende Diversifikation der Wasserkraftanlagen hinzuweisen, vornehmlich im Bereich der Städte. Die Anlage von Gewerbekanälen war dort unerlässlich.¹⁵

Die hier nur kurz angerissenen Beispiele ließen sich problemlos vermehren,¹⁶ doch reichen die genannten Belege für die Feststellung aus, dass ab etwa 1100 in Mitteleuropa ein umfangreiches Wissen im Wasserbau (Vermessen und Nivellieren, Anlage von Druckwasserleitungen, Bau von Hangkanälen) vorhanden war. Zum Einsatz kam es zunächst im Bereich von Pfälzen, Klöstern und Stiften; erst im 13. Jahrhundert bedienten sich Techniker dieses Wissens dann auch in den Städten.

Bergbau

Die Bergbaureviere im Schwarzwald sind gut erforscht. Die besonders im Mittelalter und in der frühen Neuzeit interessanten Metallerzlagertstätten konzentrieren sich in einem größeren Bereich südlich und südöstlich von Freiburg (unter anderem Sulzburg, Ehrenstetter Grund, Schauinsland, Todtnau), nördlich von Freiburg (Glottertal, Suggental, Sexau), aber auch im Kinzigtal und im Nordschwarzwald (Freudenstadt, Neubulach). Der Abbau der Lagerstätten begann in der Eisenzeit (Eisenerzbergbau bei Neuenbürg, Blei-Silberbergbau im Möhlintal) und setzte sich auch in der Römerzeit fort, nahm dann aber im 10. Jahrhundert mit dem Blei-Silbererzbergbau einen deutlichen Aufschwung. Nach einer vermutlichen Krise im späten 11./frühen 12. Jahrhundert kam es zwischen dem späten

8 Wollasch 2001, 92.

9 Kosch 1991a, 105.

10 Zuletzt Brather 2023, besonders 248–259 mit älterer Literatur.

11 Grewe 1991, 79.

12 Schmaedecke 1992, 592.

13 Haasis-Berner 2001, 72–74; Haasis-Berner 2011.

14 Wuhr ist der alemannische Begriff für künstlichen Wasserlauf, in diesem Fall ein Hangkanal.

15 Haasis-Berner 2014; Haasis-Berner 2020.

16 Zur Wasserversorgung von Burgen: Wasser auf Burgen im Mittelalter 2007.

12. Jahrhundert und der Mitte des 14. Jahrhunderts zur Blütezeit des Schwarzwälder Bergbaus. Diese Blüte beruhte maßgeblich auf dem Abbau von Blei-Silbererzen. Doch wurde vereinzelt auch Gangbergbau auf Eisenerz betrieben (Sexau, Suggental, Staufen).

Auch wenn von etwa 1500 bis zum Dreißigjährigen Krieg und dann im 18. Jahrhundert nochmals Bergbau betrieben wurde, sollte er nie mehr so ertragreich wie zuvor sein.

Die ältesten Relikte des Bergbaus aus dem 10./11. Jahrhundert zeigen den Einsatz von Feuer zum Vortrieb der Stollen und die Anlage von Verhauen (oberirdischer Abbau der Erzgänge). Hinweise auf Bergbau unter der Talsohle sind für diese Phase derzeit nicht bekannt.

Mit dem Beginn der Blütezeit um 1200 änderten sich Struktur und Aussehen des Bergbaus. Nun wurden vor allem mit eisernen Werkzeugen Stollen in den Berg getrieben. Ihre Anlage erfolgte ansteigend, damit die Grubenwässer von selbst abfließen konnten. Als man jedoch auch Schächte unter der Talsohle anlegte, entstand die Notwendigkeit der händischen Wasserhebung. Dies konnte anfangs mit Eimern oder Ledersäcken erfolgen. Zweckmäßig war der Einsatz von Haspeln. Diese erforderten jedoch die Anwesenheit von jeweils drei Mann (zwei Haspelknechte sowie einer zum Leeren der Gefäße).¹⁷ Bei einer Schicht von acht Stunden waren somit für die Wasserhebung an einem Schacht pro Tag neun Personen erforderlich. Dadurch erhöhte sich zwar die Anzahl der Mitarbeiter deutlich, nicht aber die Fördermenge der gewonnenen Erze. Waren bis dahin Familien oder allenfalls Kleingruppen tätig gewesen, so konnte der nunmehr höhere Personalbedarf sicherlich nur durch Bezahlung mit Geld erreicht werden. Dies führte zum Einstieg kapitalkräftiger Investoren, in der Regel Kaufleute aus benachbarten Städten, die Finanzierungspässe gegen Gewinnbeteiligung überbrückten. Und sie waren es auch, die über die entsprechenden Finanzmittel verfügten, technische Lösungen zur Wasserhebung zu finanzieren.

Wasserbau

Etwa 15 km nördlich von Freiburg gibt es ein Revier, das geologisch im Zusammenhang mit der Schwarzwaldrandverwerfung zu sehen ist.¹⁸ Es erstreckt sich über das Glottertal und das Suggental. Die Lagerstätten enthalten Blei-, Silber- und Eisenerze. Indirekte Hinweise auf die Nutzung der Eisenerze gibt es aus der Römerzeit und der Zeit um 400 n. Chr. Die Blei-Silbererze, aber auch die Eisenerze wurden ab etwa der Mitte des 13. Jahrhunderts abgebaut. Schriftquellen und archäologische Funde (Lesefunde im Bereich der Verhüttungsplätze und der Bergleutesiedlungen) zeigen, dass die Blütezeit in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts lag. Besonders erwähnenswert ist im Glottertal eine mächtige Schachtpinge, über deren Einbruchtrichter die Tiefe des Schachtes mit ca. 90 m berechnet wurde.¹⁹ Dies bedeutet, dass die unteren 40 m unter der Talsohle liegen müssen. Offenbar setzte sich der Bergbau auch in den Erzgängen unter der Talsohle fort. Dies hatte zur Folge, dass das zusitzende Wasser nach oben gefördert werden musste. Wie aus dem topografischen Verlauf des 1284 erwähnten Graben mit Wasser abzulesen ist, setzt er sich aus einem älteren mittleren sowie drei jüngeren Teilen zusammen. Der ältere Teil leitete das Wasser des Stecklebachle, einem rechten Zufluss der Glotter, auf der Nordseite des Tales bis in das Lauterbachtal. Wo sich die damit betriebene Wasserkunst befand, kann derzeit nicht ermittelt werden. In welchem Zeitraum dieser Teil errichtet wurde, ist ebenfalls unbekannt, doch wird man kaum einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren ansetzen wollen.

Der Urgraben am Kandel

Etwa 1280 hatte man in dem Revier im Suggental offenbar die gleichen Probleme mit dem Wasser. Der vorhandene Talbach führt sehr wenig Wasser und fiel zur Versorgung einer Wasserkraftanlage aus. Da die nächstgelegenen nutzbaren Fließgewässer im Bereich der Glotter schon genutzt wurden, kam man auf die Idee, dem vorhandenen Hangkanal

¹⁷ Eine Haspel und der hölzerne Ausbau des Schachtes wurden in der Grube Caroline in Sexau (Landkreis Emmendingen) freigelegt und auf das Jahr 1528 datiert.

¹⁸ Haasis-Berner 2001, 17–56; Haasis-Berner u. a. 2012; Werner 2012. Dort jeweils weiterführende Literatur.

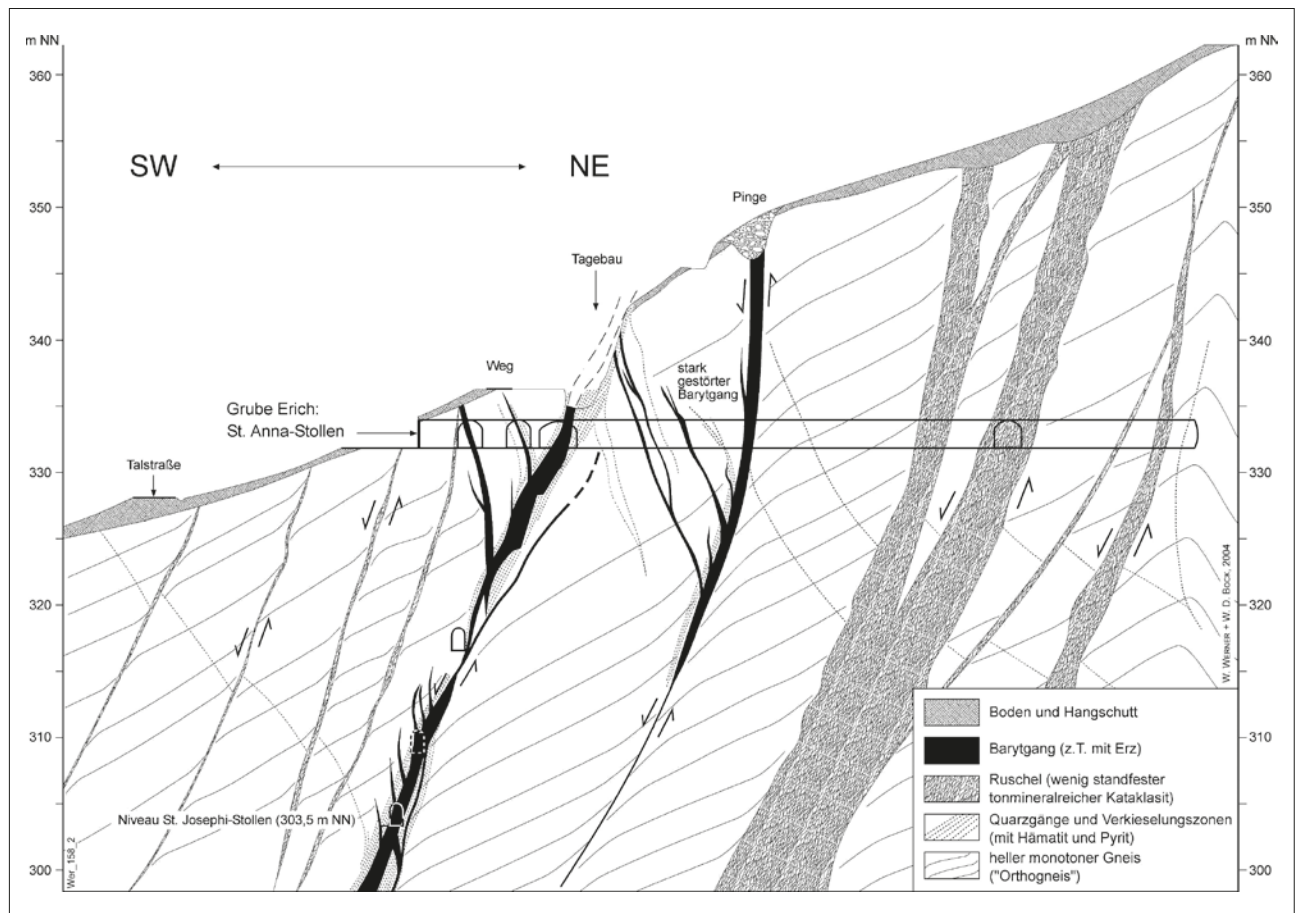


1 Verlauf des Urgrabens von der Platte (ganz rechts), über das Rohr in das Glottertal und weiter in das Suggental (links). Die Bergwerke befanden sich im Bereich des späteren Glotterbades sowie am Talbach im Suggental.

zusätzliches Wasser aus dem Bereich des Klosters St. Peter zuzuführen. Hier traf es sich gut, dass der Bergherr im Glottertal, Graf Egino von Freiburg, zugleich Vogt des Klosters St. Peter war. Und in dieser Funktion gewährte er dem Gewerke des Glotter- und Suggentales, den Freiburger Kaufleuten Burkhart der Turner, Heinrich Wolleben und Cunrat Ederlin sowie *meister* Cunrat Rotermellin, Wasser vom Besitz des Klosters St. Peter zu den Bergwerken im Suggental und *ze des herzenberge* (= Eichberg im Glottertal) zu leiten. Ob das Kloster dafür eine Entschädigung, etwa in Form eines Wasserzinses oder gar einer Beteiligung an den Erträgen erhielt, ist unbekannt. Vermutlich ging das Kloster leer aus.²⁰

Hierfür wurde das Wasser des Zweribaches, einem Zufluss der Wilden Gutach auf der Nordseite des Kandels, in ca. 1000 m Höhe ab- und über eine Wasserscheide in das Wassereinzugsgebiet der Glotter geleitet (Abb. 1). Dieses zusätzliche Wasser wurde dann zusammen mit demjenigen des Glotterzuflusses wieder abgeleitet und bis zur nächsten Wasserscheide oberhalb des Beginns des älteren Hangkanals geleitet. Dadurch wurde die Menge des nutzbaren Wassers etwa verdoppelt (jahreszeitlich bedingte Schwankungen können nicht abgeschätzt werden). Möglicherweise musste deshalb der ältere Teil des Hangkanals für die größere Wassermenge ertüchtigt werden. Zur Führung des Wassers in das Suggental erfolgte die Verlängerung des älteren Hangkanals bis zur nächsten Wasserscheide zwischen Glottertal und Suggental. Da man aber durch den Verlauf des älteren Kanals in der Höhe festgelegt war, konnte die Wasserscheide nicht mehr obertägig überquert werden, wie bei den anderen beiden Wasserscheiden. Aus diesem Grund wurde hier ein Stollen angelegt, durch den das Wasser wenige Meter unter der Oberfläche geleitet wurde. Im Suggental floss das Wasser dann im Bett des Talbaches und wurde erst kurz vor den Wasserkünsten abgeleitet. Berichten des 18. Jahrhunderts

19 Werner 2012, 153.



2 Schematische Darstellung der Lagerstätten im Suggental. Nachdem die ausbeißenden Erzgänge obertägig abgebaut waren, erfolgte die Erschließung der tieferliegenden Lagerstätten durch Schächte und Stollen.

zufolge gab es hier zwei Wasserkünste, eine beim heutigen Reschhof und eine weitere (hier war im 18. Jahrhundert noch die Radstube vorhanden) unterhalb des Bergwerks an einer topografischen Engstelle. Da sich hier jedoch sowohl der Blei-Silbererzgang wie auch der Eisenerzgang kreuzten, bestand die Möglichkeit, beide Grubensysteme zu sumpfen (Abb. 2).

Eine um 1292 verfasste Chronik berichtet, dass im Sommer 1288 ein Unwetter zur Überflutung des Bergwerks im Suggental sowie zum Tod von 300 Menschen führte. Dies scheint zum Ende des Bergbaus im Suggental geführt zu haben. Im Glottertal ging es jedoch weiter. Denn 1293 zahlten die schon erwähnten Burkhardt der Turner, Heinrich Wolleben und Cunrat Enderlin der Stadt Freiburg die gigantische Summe von 1200 Mark Silber (= 300 kg!) und erhielten dafür das zehnjährige Nutzungsrecht am nahegelegenen Mooswald. Der Nutzungsvertrag (einer der ältesten Verträge, die eine nachhaltige Nutzung von Wald vorschreiben) sah die Gewinnung von Holzkohle vor, die für die Verhüttung dringend gebraucht wurde. Eine Fehde zwischen dem elsässischen Landvogt Tiebald von Pfirt und Graf Egino von Freiburg, bei der im November 1297 elsässische Soldaten in das *valle glotturi* eindringen, die Silberminen zerstörten und die Betreiber wegführten, schwächte den Bergbau im Glottertal deutlich.

Nun noch zu dem oben erwähnten *meister* Cunrat Rotermellin. Bei ihm muss es sich um den Techniker gehandelt haben, der Hangkanal und Wasserkunst plante und errichtete. 1315 wird in Iglau in Mähren (heute Jihlava) ein Heinrich Rothermellin erwähnt, der die offenbar weitgehend aufgegebenen Silberbergwerke von Stare Hory (Altenberg) mit einer technischen Installation ertüchtigen sollte. Die Wiederaufnahme des Betriebs mit zwei Zuleitungen, zwei Ableitungen und Radstuben im Berg sollte den Verzicht von *snurziher* und *sumpfüller* (den oben erwähnten Haspelknechten) mit sich bringen. Leider ist das Bergwerk nicht zugänglich, so

3 Sogenannter Eselsbrunnen im Ehrenstetter Grund. Um diese Radstube zu erschaffen, mussten ca. 500 m³ Felsen entfernt werden.



dass über das Aussehen der Kunst nichts gesagt werden kann. Doch ist der 7 km lange Hangkanal, mit dem das notwendige Aufschlagwasser zu den Rädern geführt wurde, noch erhalten.²¹ Schließlich ist auch noch Hans Rothermel zu erwähnen, der 1341 in St. Leonhart (Lavanttal, Kärnten) eine Maschine baute, um das abgesoffene Goldbergwerk wieder zugänglich zu machen.²²

Somit wird deutlich, dass Conrat Rotermeil der „Ahnherr“ einer Familie von Technikern war, deren Vertreter in der Lage waren, kilometerlange Hangkanäle zu vermessen, zu bauen sowie aufwendige Wasserhebmäschinen zu errichten. Ihre seltenen Fähigkeiten waren so gesucht, dass sie in ganz Mitteleuropa in Dienst genommen wurden.

Ehrenkirchen – Ehrenstetter Grund

Im Ehrenstetter Grund (Gemeinde Ehrenkirchen) liegt ein flächenmäßig kleines Revier. Bei Begehungen an der Oberfläche, aber auch bei Befahrungen in den teilweise noch offenen Schächten (Schacht I) wurden Keramikfragmente geborgen, die in die Zeit zwischen dem 12. Jahrhundert und der Zeit um 1300 zu datieren sind.²³ In diese Zeit ist demnach der dortige Bergbau zu datieren. Dem Besucher fällt als erstes eine große, in den Felsen gemeißelte Kammer auf, die sich südlich des Waldweges befindet. Dabei handelt es sich um eine Radstube (Abb. 3). Sie hat einen etwa quadratischen Grundriss mit 50 m², wobei zwei sich gegenüberliegende Ecken deutlich in die Länge gezogen sind. Dieses Merkmal zeigt die Lage und Ausrichtung des ehemaligen Wasserrades. Die südliche Felswand ist 12,7 m hoch. Der Hohlraum der Radstube misst rund 500 m³. Sie wurde durch Christoph und Markus Steffen (Landesamt für Denkmalpflege [LAD] Baden-Württemberg) digital vermessen. Auf dieser Grundlage sind eine digitale Rekonstruktion des ehemaligen Wasserrades und darauf aufbauend Überlegungen zur möglichen Förderleistung der Hebetechnik möglich.²⁴ Das rekonstruierte Wasserrad hat einen (sicheren) Durchmesser von 10 m und eine (geschätzte) Breite von 1 m (Abb. 4 und 5). Geht man von 40 Wassertaschen auf dem Rad aus, so waren beim Betrieb zehn ständig mit Wasser gefüllt; diese haben zusammen ein Volumen von 1,3 m³.

Hinsichtlich der Förderleistung ergibt sich folgende Überlegung: In der zeichnerischen Rekonstruktion haben die Gefäße auf der Förderkette ein Volumen von 70 l. Wenn pro Minute auch nur ein Gefäß gehoben wurde (= 70 l/min oder 1,2 l/s bei einer Geschwindigkeit von 2 m/min), so könnten pro Stunde 4200 l gehoben worden sein. Geht man davon aus, dass der Schacht 50 m tief war, so kann man mit 25 Gefäßen à 70 l (= 1750 l) rechnen. Dies entspricht einem Fördergewicht von 1750 kg. Da die Eimerkette aus zwei parallelen Seilen bestand, musste jedes Seil am obersten Punkt eine Zugkraft von knapp 900 kg aushalten. Diese mögliche Nutzlast kann ein Hanfseil mit etwa 4 cm Durchmesser erreichen. Alternativ konnte man die Belastung durch kleinere Gefäße und/oder größere

20 Zötz 2001, 73 f.

21 Lasticovika 2022.

22 Zu den Nachweisen Haasis-Berner 2001, 52–56.

23 Gundelwein/Zimmermann 1992, 324. Landesamt für Denkmalpflege, Dienstsitz Freiburg. Kachel-scherben des 12. und 13. Jahrhunderts deuten an, dass damals Gebäude mit einem beheizbaren Raum vorhanden waren.

24 Die Rekonstruktion erfolgte durch Hans-Jürgen van Akkeren (Kenzingen) in Abstimmung mit dem Autor. Einen kurzen Film zur Funktionsweise der Wasserkunst findet man hier: <https://youtu.be/reXW-Y-K3h4?si=515EY2ocgd7sPIX8>.



4 Zeichnerische Rekonstruktion der möglichen Wasserkunst. Es handelt sich um ein Kanonenwerk mit einem Raddurchmesser von 10 m.



5 Zeichnerische Rekonstruktion der Wasserkunst. Blick von Norden.

Abstände der Gefäße untereinander reduzieren. Auf der Grundlage dieser Daten kann eine maximale Leistung von 40 kW berechnet werden.

Nur ist dieser Wert mit Sicherheit wesentlich höher als der tatsächlich erreichte Wert, weil die zur Verfügung stehende Wassermenge nicht sicher angegeben werden kann. Die 40 kW wurden mit einer zur Verfügung stehenden Wassermenge von 1300 l/s berechnet. Der Ahbach dürfte jedoch nur eine durchschnittliche Wassermenge von 20 l/s haben. Dies war für den ständigen Betrieb der Wasserkunst deutlich zu wenig. Aus diesem Grund wurde etwa 200 m oberhalb der Radstube ein Staudamm angelegt (Abb. 6). Dieser Speicher fasst ca. 5000 m³.²⁵ Der Staudamm selbst ist heute nur noch in seinen nördlichen und südlichen Dritteln erhalten. Um ihn

25 Freundlicher Hinweis von Ralf Hesse, LAD, auf der Grundlage der LiDAR-Daten.



6 Der südliche Damm speicherte 200 m oberhalb der Radstube das Wasser des Ahbaches.



7 Der mittlere Damm speicherte etwa 650 m oberhalb der Radstube das Wasser des Ahbaches. Im Damm sind noch Reste von Trockenmauern erkennbar.

mit dem Wasser des Ahbaches zu füllen, hätte es 70 Stunden (knapp drei Tage) gebraucht. Bei einer geschätzten Abflussmenge von 100 l/s hätte dieses Wasser für eine Betriebszeit von etwa 13,8 Stunden gereicht.²⁶ Daraus ergibt sich, dass man die Wasserhebemaschine einen halben Tag lang (bezieht man den Zufluss in dieser Zeit ein, dann einige Stunden länger) betreiben konnte und dann wieder drei Tage warten musste. Darüber hinaus gibt es zwei weitere Dämme – 350 m und 600 m oberhalb des beschriebenen Dammes.²⁷ Deren Stauvolumen konnte jedoch noch nicht berechnet werden. Auf jeden Fall vergrößert sich dadurch die zur Verfügung stehende Wassermenge (Abb. 7).

Abgesehen von dem Durchmesser des Wasserrades gibt es viele unbekannte Variablen (Menge und Zeitdauer der zur Verfügung stehenden Wassermenge, Drehgeschwindigkeit des Wasserrades, Größe der Fördergefäße, Abstand der Fördergefäße untereinander, Fördertiefe, Menge des unter Tage zufließenden Wassers etc.). Es ist klar, dass die theoretischen Überlegungen viele Unwägbarkeiten enthalten. Dennoch liegen eine Fördertiefe von 50 m und eine Förderleistung von 4200 l/h durchaus im Bereich des Möglichen.

Auf der Südseite der Radstube befindet sich ein ca. 2×2 m großer, etwas tieferer Bereich.²⁸ Auf ihm bleibt bei bestimmten winterlichen Wetterlagen im Gegensatz zu anderen Bodenoberflächen kein Schnee liegen. Dies bedeutet, dass hier der verfüllte Förderschacht vorhanden ist.

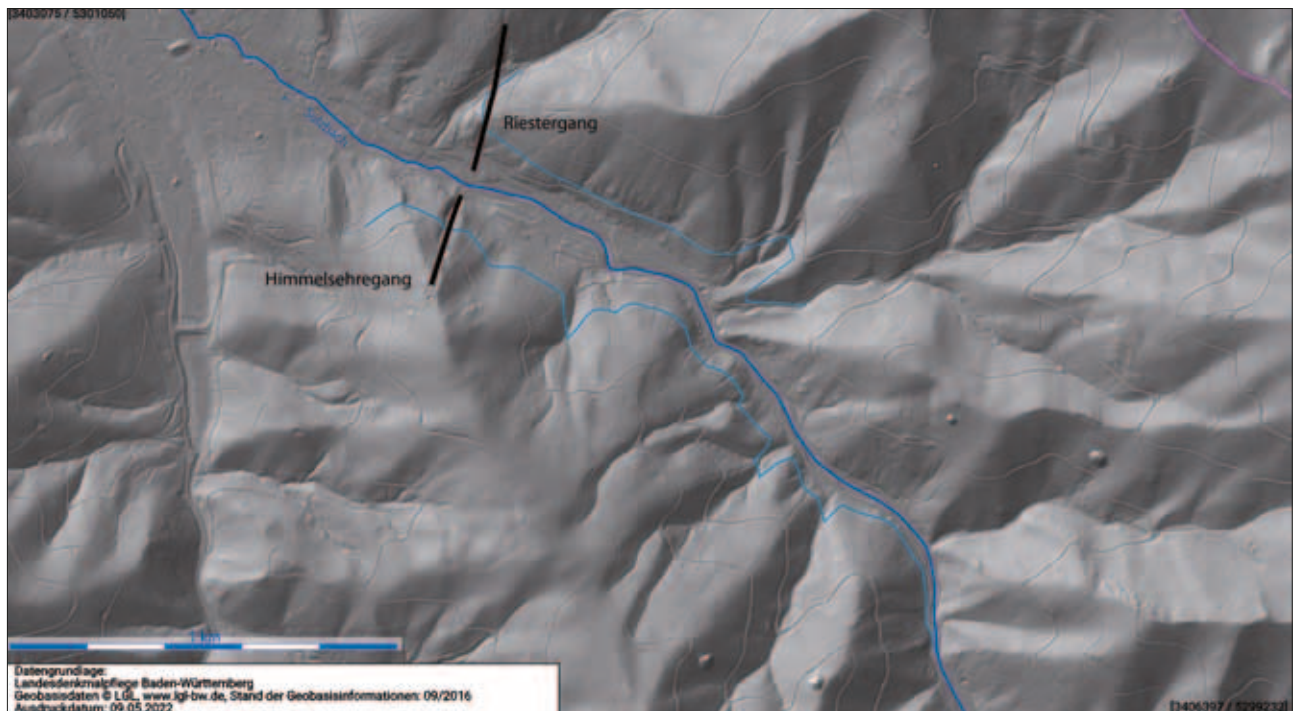
Unmittelbar westlich des Eingangs zur Radstube befindet sich ein Stollen. Wegen der Auffüllung der Radstube und des Bereichs zwischen Weg und Stollen um 1 m ist nur noch die Firste des Stollens zu erahnen. Dieser Stollen führte nach Süden in die heutige Radstube. Da keine weitere Fortsetzung nach Süden erkennbar ist, dürfte der Stollen hier geendet haben. Dies gibt zu der Vermutung Anlass, dass sich anstelle der Radstube ursprünglich ein Schacht mit einer Haspelstube befand, und der Stollen zur Ableitung des händisch geförderten Wassers in den Ahbach diente. Demzufolge wurde zuerst eine ältere Haspelstube und an ihrer Stelle die jüngere Radstube angelegt.

Der Bergbau wurde anfangs mittels Schächten betrieben, die aufgrund des Streichens des Erzganges nach Süden und des ansteigenden Geländes eine Teufe von bis zu 50 m erreichten, bevor sie die Talsohle erreichten (Linglelöcher). War das Ableiten der Grubenwässer bei der Anlage eines kleinen Stollens anfangs noch leicht möglich, so wurde bei weiterem Vordringen unterhalb der Talsohle das händische Heben immer schwieriger. An diesem Punkt scheint man das aufwendige und teure, vermutlich aber schon an mehreren anderen Orten im Schwarzwald

26 $5000 \text{ m}^3 : 100 \text{ l/s} = 50.000 \text{ s} = 833 \text{ min} = 13,8 \text{ h}$. Die zur Verfügung stehende Wassermenge war sicher größer als die in der Rechnung veranschlagte.

27 Freundlicher Hinweis Dietmar Herrmann, Helge Steen.

28 Dass er tiefer liegt, ist nur aufgrund der digitalen Vermessung erkennbar geworden.



erprobte Verfahren der Wasserhebung durch Wasser realisiert zu haben. Leider wissen wir nicht, wie die Finanzierung dieses Großprojektes geregelt wurde. Analog zu den Vorgängen im Suggental/Glottertal sowie entsprechenden Modellen in der frühen Neuzeit ist zu vermuten, dass es sich um finanzkräftige Kaufleute (aus Freiburg oder aus Basel?) handelte, die hier in Infrastruktur und Technik investierten und in einem erheblichen Umfang am Ertrag beteiligt wurden.

In Sulzburg quert ein Gangzug in Nord-Süd-Richtung das Tal. Er ist durch große Verhaue im Wald deutlich auszumachen. Der Gangzug nördlich des Sulzbaches wird Riester-Gang genannt, der südlich gelegene Himmelsehre (Abb. 8). Der Beginn des Bergbaus in Sulzburg lässt sich durch archäologische Funde schon in das 10. Jahrhundert datieren; Schriftquellen, insbesondere die Königsurkunde von 1028, belegen ihn im frühen 11. Jahrhundert. Nach einem Rückgang des Bergbaus zwischen der Mitte des 11. und dem Ende des 12. Jahrhunderts begann seine Blütezeit, die bis mindestens zur Mitte des 14. Jahrhunderts reichte. Er ist auch im 15. Jahrhundert noch nachzuweisen.²⁹ Trotz der Tatsache, dass die großen Verhaue und zahlreichen Bergbauspuren einen umfangreichen und sicherlich auch ertragreichen Bergbau widerspiegeln, sind Schriftquellen des 13. und 14. Jahrhunderts im Gegensatz dazu nur in geringer Zahl bekannt; zeitgenössische Belege für eine Wasserkunst fehlen. Dass es eine solche aber gegeben haben muss, geht aus Relikten im Gelände und aus Hinweisen jüngerer Befahrungen hervor.

Nördlich wie südlich des Sulzbaches befinden sich die Reste von ehemaligen, hangparallelen Wassergräben. Der südliche Graben nahm das Wasser des Sulzbaches auf und führte es bis mindestens zur Himmelsehre, eventuell auch noch weiter nach Westen. Auf diesem, heute verfüllten Hangkanal verläuft heute der Ernst-Büche-Weg (Abb. 9).³⁰ Der auf der Nordseite des Tales verlaufende Hangkanal wird von einem kleinen Seitenbach gespeist und führt bis zum Riester-Gang.³¹

Beide Kanäle sind auf einem Plan von 1751/53 als „*rudera des alten waßergrabens*“ eingezeichnet.³² Der nördliche Graben führt auf dem Plan bis zum Stollenmundloch des tiefen Stollens (auf der Karte mit Nr. 33 bezeichnet). Der Plan entstand kurz nach der erneuten Aufwältigung

8 Die wichtigsten Lagerstätten im Tal östlich von Sulzburg werden Himmelsehre-Gang und Riester-Gang genannt. Auf beiden Seiten des Tales gibt es Hangkanäle, die das Wasser des Sulzbaches zu den Bergwerken geführt haben. Dort gab es Wasserhebewerke.

Sulzburg

29 Rauschkolb 2005.

30 Haasis-Berner 2023.

31 Müller 1999.

32 Goldenberg 1933.

9 Auf dem ehemaligen südlichen Hangkanal verläuft heute ein Wanderweg (Ernst-Büchel-Weg).



der alten Bergwerke und zeigt alte und neue Strukturen. Die Aufwältigung begann etwa 1740. Im Jahre 1742 ließ der Betreiber Brandmüller eine moderne Wasserhebeanlage nach dem Beispiel der im Erzgebirge errichteten Maschinen installieren. Mittels eines Wasserrades mit einem Durchmesser von 12 m und einer Stangenkunst wurden getrennte Pumpenanlagen betrieben, die im Blindschacht aus 44 m Tiefe und im Kunstschaft aus nochmals 37 m das Wasser hoben.³³ Somit wurde das Wasser aus einer Tiefe von fast 80 m gehoben, und dies zu einem Zeitpunkt, als noch kein Vortrieb erfolgt war. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Tiefe von fast 80 m von den Alten stammte. Und wenn ein Abbau in diesen Teufen im 18. Jahrhundert nur durch eine Wasserkunst möglich war, so kann vermutet werden, dass dies in den davorliegenden Betriebsperioden kaum anders gewesen sein kann.

Einen Hinweis auf eine Wasserkunst fand man bei den Aufwältigungen am Riestergang zum Ende des 18. Jahrhunderts. Hier stieß man bei der Freilegung des sogenannten Tiefen Stollens 260 Lachter (= ca. 520 m) vom Stollenmundloch entfernt auf eine Radstube: „ein Hauptabteufen der Alten, über dem ein 40 Fuß [= 12 m, AHB] hohes Kunstrad gehangen hatte.“³⁴ Diese Wasserkunst konnte mit dem Wasser des nördlichen Grabens versorgt werden. Eine vergleichbare Zweckbestimmung muss im südlichen Graben erkannt werden, denn Hangkanäle wurden in Bergbaurevieren in der Regel nur dann angelegt, um das Wasser zum Betrieb von Wasserhebeanlagen, deren Lage der Struktur des Bergwerks geschuldet war, herzuleiten.

Durch Kombination dieser Informationen kommt man zu dem Schluss, dass im Revier Sulzburg schon vor dem 18. Jahrhundert wasserbauliche Infrastrukturen geschaffen wurden, um Wasser aus großen Tiefen zu heben. Nach allem, was wir bislang wissen, kann dies nur in der Blütephase des Bergbaus zwischen dem 13. und der Mitte des 14. Jahrhunderts gewesen sein.³⁵

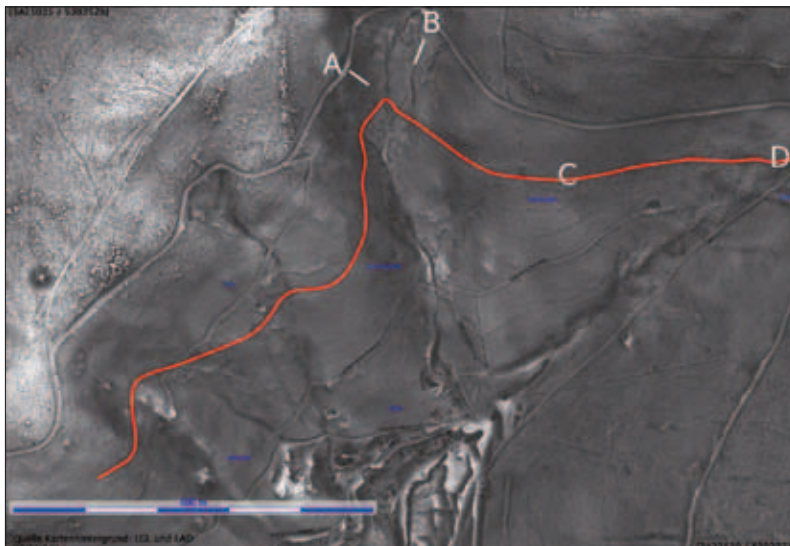
Todtnauberg

Eines der wichtigsten Reviere im südlichen Schwarzwald war Todtnau. Im heutigen Teilort Todtnauberg entstand im 13. Jahrhundert ein Bergwerk, das wahrscheinlich als eines der wenigen die Krise des 14. Jahrhunderts überstand und weiter betrieben wurde. Obertägig wird der Besucher kaum noch Relikte erkennen. Die ehemalige, riesige Halde beim (heute nicht mehr vorhandenen) Gehrihof im Ort wurde zu großen Teilen abgetragen. Und im Bereich des Radschert in fast 1100 m Höhe sind die Halden eingeebnet und die Schächte verfüllt. Aufgrund der Topografie und der Art der Lagerstätte kam offenbar nur Schachtbergbau in Frage.

33 Dennert 1993, 166.

34 Dennert 1993, 175, 177, Abb. 176.

35 Haasis-Berner 2001, 61–63; Haasis-Berner 2023; Haasis-Berner 2024 (im Druck).



Zu diesem Revier gibt es eine Schriftquelle vom 14. November 1331, in der eine Maschine zur Förderung (von Wasser?) beschrieben wird.³⁶ Die darin erwähnten Froner der Hasen- und Königsfron bauten im Bereich der Schindelhalden. In der Quelle heißt es:

So suln wir die hutta, die radehuser, die reder, die tole, die ringe, die krucka, die bleche und die nega, die zu unsern drin redern horent und die wir haben uf unsern vier vorgenannten fronbergen [...]. Were och das wir der selben rede runder den drin redern dekeines zu unseren buwen nut bedurften, bedurften denne die alten froner zu iren buwen der selben drier reder dekeines an alle geverde alle die wile si denne der selbe rede dekeines bedurfent und bruchent.

Demnach handelte es sich um eine Einrichtung, die aus hölzernen Gebäuden (*hutta*), Rädern, Wasserleitungen (*tole*) und anderen Objekten bestand. Diese Angaben lassen sich nicht eindeutig übersetzen, doch dürfte die Annahme einer Anlage zur Wasserhebung recht plausibel sein.

Eine Verbindung mit dem Radschert, der sich 1,4 km von der Schindelhalde entfernt ganz im Norden des Reviers befindet, ist derzeit nicht erkennbar. Denkbar ist, dass auch im Bereich der Schindelhalde eine Wasserhebemaschine existierte. Der Name Radschert kommt von Radschacht, was auf das Vorhandensein eines (wasserbetriebenen) Rades hinweist, mit dem wohl die Wasserförderung erfolgte. Der Antrieb dieses Rades erfolgte mit dem Wasser der 2,5 km langen Radwuh, ³⁷ deren Verlauf im Gelände noch sehr gut nachvollziehbar ist (Abb. 10 und 11), sowie eines weiteren, namenlosen Wuhres mit 1,5 km Länge.³⁸

Das Problem des zusitzenden Wassers war in den genannten Beispielen weitgehend ähnlich. Von der Lage der jeweiligen Bergwerke in Bezug auf die nächstgelegenen Wasservorkommen hing die jeweils umgesetzte technische Lösung ab. Die einfachste Lösung – die Ableitung von Bachwasser mit einem Hangkanal – wurde in Sulzburg und Todtnauberg gewählt. Hier gibt es keine Hinweise auf Stauanlagen. Im Ehrenstetter Grund sind dagegen drei große Staudämme vorhanden. Diese Lösung wurde vermutlich gewählt, weil die Topografie dafür geeignet war und weil das Wasser des Baches für den dauerhaften Betrieb der Wasserkunst nicht ausgereicht hätte. Die mit Abstand aufwendigste Anlage ist die des Urgrabens im Glottertal und Suggental. Hier wurde (in den Jahren vor 1284) zunächst – wie in Sulzburg und Todtnauberg – mit einem Hangkanal das



◁ 10 Todtnauberg: Vom Stübenbächle führte ein Hangkanal das Wasser zum Bergwerk Radschert in über 1000 m Höhe.

△ 11 Todtnauberg: Der Hangkanal (Radwuh) ist heute noch sehr gut zu erkennen.

Zusammenfassung

³⁶ Trenkle 1888, 65 f. und 73 f.

³⁷ Radwuh ist die noch heute gebräuchliche Bezeichnung dieses Reliktes.

³⁸ Haasis-Berner 2001, 59–61; Steen 2013, 525.

Wasser des Stecklebachles zu dem Bergwerk im Glottertal geleitet. Erst als auch im wasserarmen Suggental eine Wasserkunst errichtet werden sollte, musste das System erweitert werden. Um die Wassermenge zu vergrößern, wurden die Bäche (Zweribach, Oberlauf der Glotter) im Bereich des Klosters St. Peter angezapft und mit einem Hangkanal über zwei Wasserscheiden dem bestehenden Hangkanal zugeführt. Und um das Suggental zu versorgen, musste das Wasser mit einem Hangkanal weitergeleitet und die Wasserscheide mit einem Tunnel unterquert werden. Die Gesamtlänge der drei Hangkanäle erreichte damit 22 km.

Die Größe der Hebemaschinen lässt sich durch die erhaltene Radstube vom Ehrenstetter Grund einigermaßen plausibel rekonstruieren. Zumindest hier war ein überschlächtiges Wasserrad mit einem Durchmesser von 10 m vorhanden! In dieselbe Richtung geht der Hinweis aus Sulzburg, wo von einem Wasserrad mit 12 m Durchmesser die Rede ist. Die damit betriebene Hebetechnik dürfte jeweils aus einer Eimerkette bestanden haben. Zumindest gibt es derzeit für andere Techniken (Heinzenkunst, Pumpen) keine Belege für das 13. oder 14. Jahrhundert.³⁹

Als die Blüte des Schwarzwälder Bergbaus begann, konnten die Techniker auf Erfahrungen im Wasserbau zurückgreifen. Die neuen Anforderungen (ständige Förderung aus bis zu 50 m) wurde durch den Einsatz von Wasserkraft gemeistert. Somit haben die Bergleute gelernt, das Wasser für ihre Zwecke zu nutzen und somit aus dem Fluch einen Segen zu machen. Die Nachweise für das Heben von Wasser mit Wasserkraft im Schwarzwälder Bergbau (13./14. Jahrhundert) sind die ältesten in Mitteleuropa. Sie zeigen einen Stand der Wasserhebetechnik, der nach der Krise des 14. Jahrhunderts erst wieder ab etwa 1500 erreicht wurde.

39 Haasis-Berner 2001, 91–108.

- Bingener, Andreas/Haasis-Berner, Andreas/Flosdorf, Gerold: Die Wasserversorgung einer mittleren Territorialstadt im späten Mittelalter und in der frühen Neuzeit – am Beispiel der nassauischen Landstadt Siegen; in: *Scripta Mercaturae* 36, 2002, Heft 2, 1–38.
- Brather, Sebastian: Bächle, Straßen und Parzellen. Freiburger Infrastrukturen im Mittelalter; in: Brather, Sebastian/Dendorfer, Jürgen (Hrsg.): *Neue Rahmungen – die Anfänge Freiburgs im europäischen Kontext. Archäologische und historische Perspektiven* (Archäologie und Geschichte 23). Ostfildern 2023, 247–285.
- Dennert, Volker: Der Bergbau vom Mittelalter bis heute; in: Müller/Grosspietsch 1993, 119–219.
- Drescher, Hans: Pinienzapfen; in: Brandt, Michael/Eggebrecht, Arne (Hrsg.): *Bernward von Hildesheim und das Zeitalter der Ottonen. Ausst.-Kat. Hildesheim 1993, Bd. 2*, 116–118.
- Goldenberg, Gert: Eine Bergwerkskarte über das sulzburgische Bergwerk von J. F. Sicck aus der Mitte des 18. Jahrhunderts; in: Müller/Grosspietsch 1993, 219–221.
- Grewé, Klaus: Wasserversorgung und -entsorgung im Mittelalter; in: *Die Wasserversorgung im Mittelalter* (Geschichte der Wasserversorgung 4). Mainz 1991, 11–86.
- Gundelwein, Andreas/Zimmermann, Ulrich: Bergbauarchäologische Untersuchungen über und unter Tage im Ehrenstetter Grund, Gemeinde Ehrenkirchen, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald; in: *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1991*. Stuttgart 1992, 320–325.
- Haasis-Berner, Andreas: Wasserkünste, Hangkanäle und Staudämme im Mittelalter. Eine archäologisch-historische Untersuchung zum Wasserbau im Mittelalter am Beispiel des Urgrabens am Kandel im mittleren Schwarzwald (Freiburger Beiträge zur Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends 5). Rahden 2001.
- Haasis-Berner, Andreas: Innovative Wasserkraftnutzung im Mittelalter und die zugehörige wasserbauliche Infrastruktur; in: *Erhaltung von Kulturdenkmalen der Industrie und Technik in Baden-Württemberg* (Regierungsbezirk Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege, Arbeitsheft 31). Darmstadt 2005, 83–90.
- Haasis-Berner, Andreas: Wasser für die Nonnen. Das Berauer Wuhr (Kr. Waldshut); in: *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 40, 2011, 120f.
- Haasis-Berner, Andreas: Der Gewerbekanal von Waldkirch. Zur Nutzung von Wasser und Wasserkraft in Mittelalter und Neuzeit (Waldkircher Stadtgeschichte 1) Waldkirch 2014.
- Haasis-Berner, Andreas: Gewerbekanäle am westlichen Schwarzwaldrand; in: *Die konstruierte Landschaft. Befunde und Funde zu anthropogenen Geländeänderungen in Mittelalter und Früher Neuzeit* (Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit 33). Paderborn 2020, 287–300.
- Haasis-Berner, Andreas: Sulzburg; in: *Fundschau* (Mittelalter – Neuzeit); in: *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 41, 2021/22 (2023), 575–613.
- Haasis-Berner, Andreas: Wasserhaltung im Schwarzwälder Bergbau; in: Konold, Werner/Regnath, R. Johanna (Hrsg.): *Flöße, Mühlen, Wasserwege. Historische Wassernutzungen im deutschen Südwesten* (Veröffentlichung des Alemannischen Instituts 90). Ostfildern 2024 (im Druck).
- Haasis-Berner, Andreas/Geuenich, Dieter/Hoch, Bernhard/Schneider, Klaus/Strecker, Hubert: Besiedlung und Bergbau im Glottertal; in: *Bergbau im Glottertal. Beiträge zur 900-Jahr-Feier der Gemeinde Glottertal*. Glottertal 2012, 9–102.
- Kosch, Clemens (1991a): Wasserbaueinrichtungen in hochmittelalterlichen Konventanlagen Mitteleuropas; in: *Die Wasserversorgung im Mittelalter* (Geschichte der Wasserversorgung 4). Mainz 1991, 89–146.
- Kosch, Clemens (1991b): Die Wasserleitung vom Ende des 11. Jahrhunderts im ehem. Kloster Großkornburg; in: *Die Wasserversorgung im Mittelalter* (Geschichte der Wasserversorgung 4). Mainz 1991, 237–243.
- Lasticovika, Tomas: *Starohorský hornický náhon v historickém a technickém kontextu*. Bachelorarbeit, Brno 2022, Ms.
- Maus, Hansjosef: Der Teufelsstein von St. Ulrich bei Freiburg – eine Hinterlassenschaft des frühen Bergbaus; in: *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 29, 2000, 82–88.
- Mühleisen, Hans-Otto/Ott, Hugo/Zotz, Thomas (Hrsg.): *Das Kloster St. Peter auf dem Schwarzwald. Studien zu seiner Gründung im 11. Jahrhundert bis zur frühen Neuzeit* (Veröffentlichung des Alemannischen Instituts Freiburg i. Br. 68). Waldkirch 2001.
- Müller, Anneliese/Grosspietsch, Jost (Red.): *Geschichte der Stadt Sulzburg*, Bd. 1. Freiburg 1993.
- Müller, Dieter: Hangkanal bei Sulzburg; in: *Archäologische Nachrichten aus Baden* 61/62, 1999, 45–60.
- Peine, Hans-Werner (1993a): Ausgrabungen in der Abtei Liesborn; in: Trier, Bendix (Hrsg.): *Ausgrabungen in der Abtei Liesborn. Ausst.-Kat. Liesborn, Paderborn 1993*, 33–106.
- Peine, Hans-Werner (1993b): Vorwiegend Alltagssachen; in: Trier, Bendix (Hrsg.): *Ausgrabungen in der Abtei Liesborn. Ausst.-Kat. Liesborn, Paderborn 1993*, 135–252.
- Rauschkolb, Mark: Über und unter Tage – Bergbauarchäologie im Sulzbachtal; in: Müller, Anneliese/Grosspietsch, Jost (Red.): *Geschichte der Stadt Sulzburg*, Bd. 2. Freiburg 2005, 23–50.
- Reidel, Hermann: Die Wasserleitung des Abtes Peringer II. (1177–1201) von St. Emmeram zu Regensburg; in: Paulus, Helmut-Eberhard/Reidel, Hermann/Winkler, Paul P. (Hrsg.): *Wasser – Lebensquelle und Bedeutungsträger. Wasserversorgung in Vergangenheit und Gegenwart* (Regensburger Herbstsymposium zur Kunstgeschichte und Denkmalpflege 4). Regensburg 1999, 142–145.
- Schmaedecke, Michael: Zur Wasserversorgung und Entsorgung in Breisach im Mittelalter und in der frühen Neuzeit; in: *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 17/1, 1992, 575–646.
- Steen, Helge: Bergbau auf Lagerstätten des südlichen Schwarzwaldes. Ein Beitrag zur Bergbaugeschichte und Lagerstättenkunde zwischen Dreisamtal und Hochrhein. Norderstedt 2013.
- Stopfel, Wolfgang: Taufstein – Brunnenschale – Erzmühle?; in: *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 29, 2000, 89f.

Teschauer, Otto: Archäologische Beobachtungen zur Wasserversorgung des Klosters Hirsau im Mittelalter; in: Die Wasserversorgung im Mittelalter (Geschichte der Wasserversorgung 4). Mainz 1991, 244–257.

Trenkle, J[ohann] B[aptist]: Zur Entwicklungsgeschichte des Schwarzwälder Bergbaues; in: Schau-ins-Land 13, 1886, 62–78.

Wasser auf Burgen im Mittelalter (Geschichte der Wasserversorgung 7). Mainz 2007.

Weisgerber, Gerd: Montanarchäologie – Allgemeines und Einzelnes; in: Brüggerhoff, Stefan/Farrenkopf, Michael/Geerlings, Wilhelm (Hrsg.): Montan- und Industriegeschichte. Dokumentation und Forschung, Industriearchäologie und Museum. Festschrift für Rainer Slotta zum 60. Geburtstag. Paderborn/München/Wien/Zürich 2006, 67–104.

Werner, Wolfgang: Geologie, Lagerstätten und Bergbau im Glottertal und seiner Umgebung; in: Bergbau im Glottertal. Beiträge zur 900-Jahr-Feier der Gemeinde Glottertal. Glottertal 2012, 103–202.

Wollasch, Joachim: Äbte und Mönche von St. Peter im 12. Jahrhundert; in: Mühleisen/Ott/Zotz 2001, 79–98.

Zotz, Thomas: St. Peter unter den Zähringern und unter den Grafen von Freiburg. Hausklosterfunktion und Vogteifrage; in: Mühleisen/Ott/Zotz 2001, 51–78.

Abbildungsnachweis

Abbildung 1, 3, 6 und 9: A. Haasis-Berner
 Abbildung 2: W. Werner
 Abbildung 4 und 5: H.-J. van Akkeren
 Abbildung 7, 10 und 11: H. Steen
 Abbildung 8: E. Cappelletto