

Wasserräder, Wassersäulenmaschinen und Turbinen – Oberharzer Wasserwirtschaft wurde Weltkulturerbe

Mathias Döring

Das Welterbekomitee der UNESCO hat am 1. August 2010 in Brasilia die Oberharzer Wasserwirtschaft zum Weltkulturerbe erhoben. Zum siebten Mal wird damit einer wasserbaulichen Anlage diese Auszeichnung zuteil. Neben den Bewässerungssystemen von Schushtar (Iran) und Aflaj (Oman), dem römischen Aquädukt Pont du Gard, dem Canal du Midi (beide Frankreich), dem barocken Aquädukt von Caserta (Italien) und den Schiffshebwerken am Canal du Centre (Belgien) verfügt nun auch Deutschland über ein anerkanntes wasserbauliches Denkmal von internationaler Bedeutung und weltweiter Einzigartigkeit. Erstmals wurde damit auch eine historische Einrichtung zur Energieerzeugung in den Rang eines Weltkulturerbes erhoben.

The UNESCO World Heritage Committee recognised the Upper Harz Water Management System as a world heritage site on the 1st of August 2010 in Brasilia. This is the seventh time that a hydro-engineering complex has been awarded this status. In addition to the irrigation systems of Shushtar (Iran) and Aflaj (Oman), the Roman aqueduct of Pont du Gard, the Canal du Midi (both in France), the Baroque aqueduct of Caserta (Italy) and the hydraulic boat lifts at the Canal du Centre (Belgium), Germany has now also become the site of a hydraulic monument recognised for its international significance and unique status. This is also the first time that a historical construction for producing energy has been given the status of world heritage.

1 Einleitung

Spätestens seit dem 13. Jh. ging im Oberharz Bergbau auf Blei und Silber um. Ein Problem war von Anfang an das den Gruben zusickernde Bergwasser, das man zunächst noch per Hand ausschöpfen konnte. Mit zunehmender Tiefe der Gruben, Mitte des 16. Jhs. bereits über 100 m, wuchs der Zufluss so schnell, dass die Wasserhaltung nur noch mit mechanisch angetriebenen Pumpen möglich war. Als einzige Antriebsmaschinen standen oberschlächtige Wasserräder

zur Verfügung. Das dafür erforderliche Wasser leiteten die Bergleute mit Gräben aus den kleinen Bächen auf der Harzhochfläche herbei.

Weil deren Abfluss nicht immer ausreichte, musste man den Niederschlag in regenreichen Zeiten in Teichen zurückhalten, um den Bergbau auch im Winter und während trockener Perioden betreiben zu können. Um den immer umfangreicheren Bergbau mit immer tieferen Schächten bedienen zu können, vermehrte und vergrößerte man die Teiche und leitete mit bis zu 15 km langen ober- und unterirdischen Sammelgräben, die heute noch den ganzen Oberharz bis zum Brockengebiet durchziehen, Wasser aus entfernten Bächen herbei. Vor allem im 17. und 18. Jh. entstanden so mehrere, teilweise miteinander vernetzte und immer wieder umgebaute Graben- und Teichsysteme, die um 1800 ihren größten Umfang erreichten.

Die Gesamtheit dieser Systeme um die Oberharzer Bergstädte Clausthal, Zellerfeld, Wildemann, Lautenthal, Bad Grund, Altenau, St. Andreasberg und Bad Lauterberg wird als Oberharzer Wasserwirtschaft bezeichnet und ist das größte historische Wasserkraftsystem weltweit (Abb. 1, 2).



Abbildung 1 Teichkaskade bei Clausthal. Vorn die drei Pfaunteiche (erbaut vor 1661), hinten der Hirschlerteich (1717)

Bei der Einstellung des Bergbaus durch die letzte Betreiberin, die Preussag AG, im 20. Jh. waren noch etwa 70 km Gräben und 63 Teiche in Funktion, die für den Betrieb von Wasserkraftwerken, für die Wasserversorgung und den Hochwasserschutz genutzt wurden. Um 1980 übernahm das Land Niedersachsen nach und nach die Oberharzer Wasserwirtschaft, die gleichzeitig zum Baudenkmal erklärt wurde. Da die meisten der bereits weit vor 1900 stillgelegten Gräben und einige Teiche nicht mehr reaktiviert werden konnten, wurde zwischen passivem

und aktivem Denkmal unterschieden. Letzteres umfasst alle 1980 noch funktionsfähigen Anlagen, die weiterhin in diesem Zustand erhalten werden (Abb. 3).

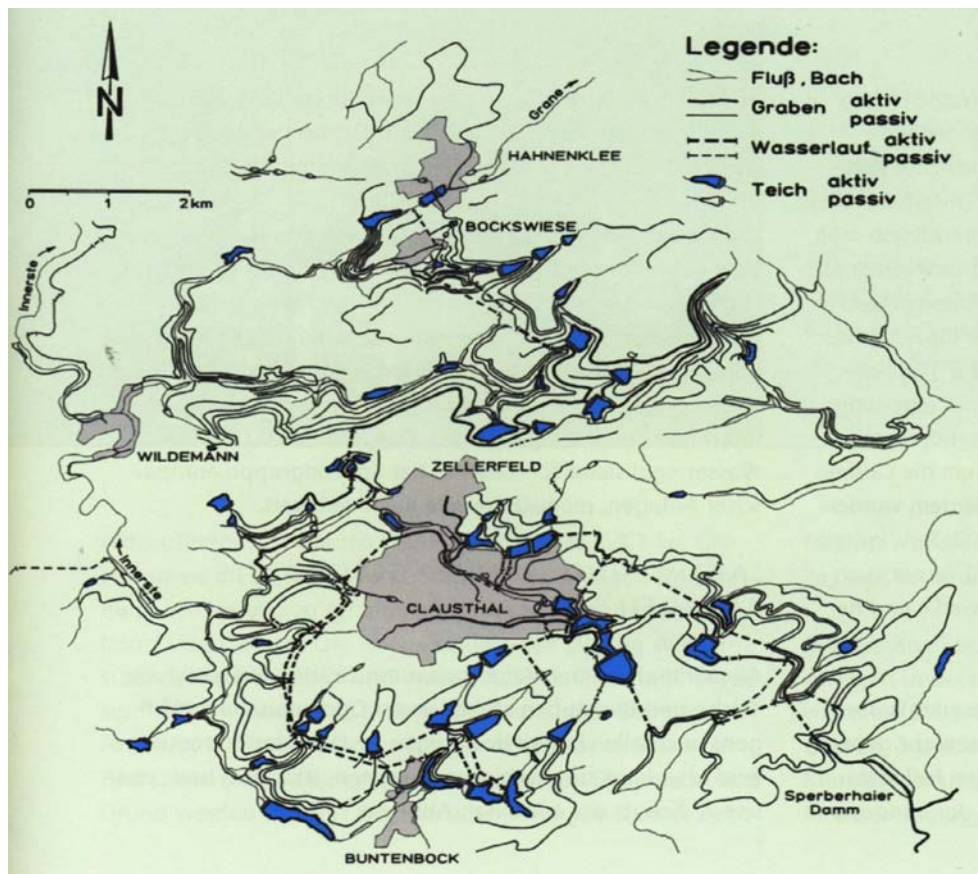


Abbildung 2 Gräben, Wasserläufe und Teiche um Clausthal-Zellerfeld

1991 wurde der größte Teil der Bauwerke den Harzwasserwerken (HWW) übertragen, die sich seinerzeit noch im Eigentum des Landes Niedersachsen befanden. Seitdem betreut das inzwischen privatwirtschaftliche Unternehmen, das im Harz sechs Talsperren und mehrere Wasserkraftwerke betreibt und weite Teile Niedersachsens mit Wasser versorgt, das Denkmal. Ausschließlich für den Erhalt des Denkmals wurde in Clausthal ein Betriebshof eingerichtet, der mit eigenem Personal und Etat ausgestattet ist.

Der oft verwendete Begriff Oberharzer „Wasserregal“ bezeichnet nicht die baulichen Anlagen, sondern das vom Landesherrn dem Bergbau verliehene Recht („Regal“), sich das für den Betrieb erforderliche Wasser zu beschaffen.



Abbildung 3 Der Zellerfelder Kunstgraben. Die Bögen dienten dazu, den Graben im Winter mit Fichtenzweigen abzudecken, um Zufrieren und einen Stau durch Schnee zu vermeiden.

2 Gräben, Wasserläufe und Teiche

Das Bestreben der Bergleute war es, das Wasser auf möglichst hohem Niveau zu halten und wenig ungenutzt wegfließen zu lassen. So führte man Gräben oft kilometerweit am Hang hin und her, um eine einzelne Grube oder auch nur ein einziges Wasserrad zusätzlich versorgen zu können. Da die Wasserräder Durchmesser von 9 bis 12 m hatten, erhielten die Gräben diesen vertikalen Abstand. Das Ergebnis waren parallele Grabenzüge, die manche Täler des Oberharzes in bis zu 7 Etagen übereinander durchziehen. War eine Grube erschöpft oder ergab sich eine andere Wasserversorgung, dann wurden die entsprechenden Gräben aufgegeben, manche Teichdämme komplett abgetragen und anderswo wieder aufgeschüttet. Zur Abkürzung der Gräben, um den Winterdienst zu erleichtern oder um Wasserscheiden zu unterqueren, wurden Überleitungsstollen („Wasserläufe“) gebaut.

Bis auf den Oderteich mit seiner 19 m hohen Staumauer haben alle Teiche Erddämme mit einer mehrere Meter starken Dichtung aus Rasensoden („Rasenhaupt“), die in der Anfangszeit auf der Wasserseite aufgelegt wurden. Weil die Dichtung dort aber von Mäusen durchwühlt und vom Eis beschädigt

wurde, verwendete man ab 1715 Kerndichtungen aus dem gleichen Material und baute viele ältere Teiche um.

Das Wasser wurde durch ein Holzrohr aus Baumstämmen („Striegelgerinne“) entnommen. Seine Menge konnte durch einen vertikalen Konus aus Holz gesteuert werden (Abb. 4, 5). Dieser wurde mit einer Stange betätigt, die anfangs in einem im Wasser stehenden Gerüst untergebracht war. Am Auslauf des Striegels befand sich ein Gegenstau („Widerwaage“), um die Luft vom Rohr fern zu halten. Einige Striegel aus dem 15. und 16. Jh. konnten dadurch bis heute betriebsbereit erhalten werden. Nach 1715 verlegte man auch die Verschlussvorrichtungen in einen Schacht in der Dammmitte.

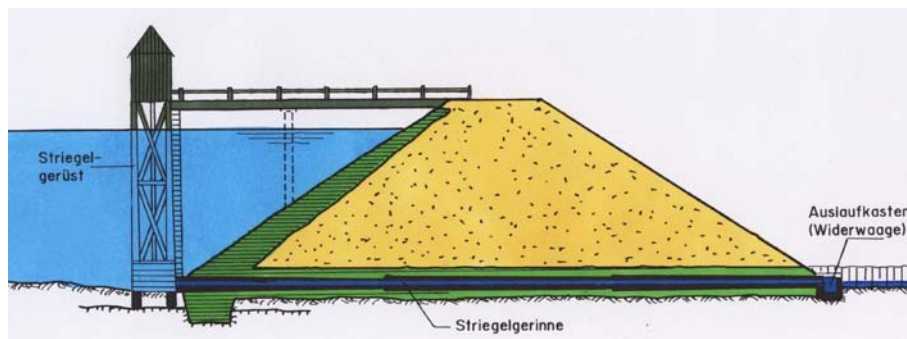


Abbildung 4 Staudamm der bis 1715 üblichen Bauart mit wasserseitiger Dichtung aus Rasensoden.

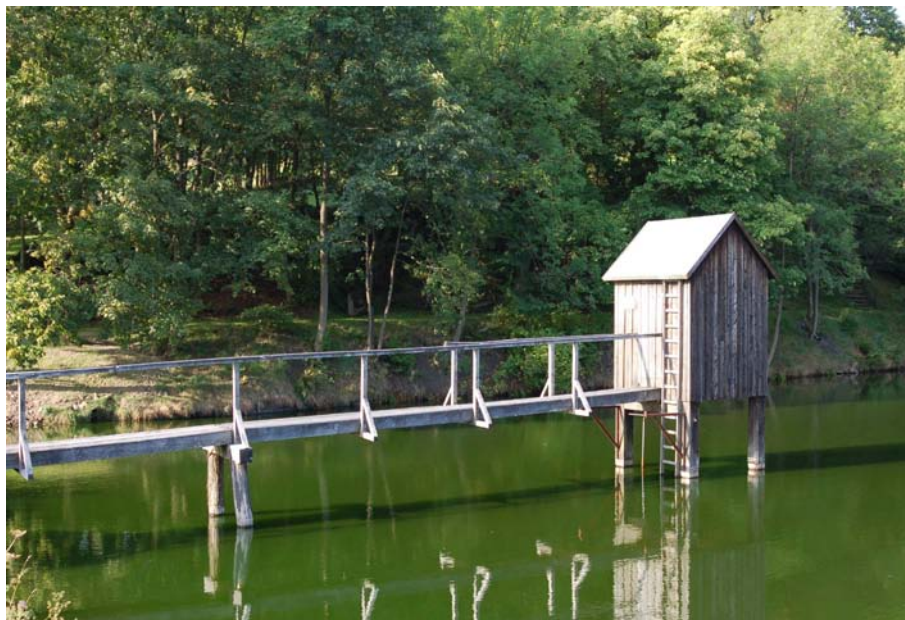


Abbildung 5 Striegelgerüst am Carler Teich (Clausthal)

3 Wasserräder

Das Heben des Wassers erfolgte in den kleinen Schächten des Mittelalters mit Hilfe eines Haspels (Abb. 6) oder durch Wasserknechte, die sich, auf Leitern stehend, Ledereimer zureichten. Um 1400 kamen die Bulgen- und Heinzenkünste auf, die bereits von Wasserrädern angetrieben wurden.

Den Durchbruch zum "modernen" Bergbau des 16. bis 19. Jhs. ermöglichte die um 1540 von Heinrich Eschenbach im sächsischen Zinnbergbau entwickelte Kurbelwelle („Kunst mit dem krummen Zapfen“) und die um die gleiche Zeit reaktivierte antike Saug- und Druckpumpe aus Holz mit bis zu 10 m Förderhöhe. 8 bis 10 Pumpen mit jeweils dazwischen liegenden offenen Becken konnten von einem Wasserrad ("Kunstrad“, Abb. 7) angetrieben werden und bildeten insgesamt eine "Pumpenkunst“. Mit dieser Einrichtung war für Jahrhunderte das Problem der Wasserhaltung tiefer Bergwerke gelöst.

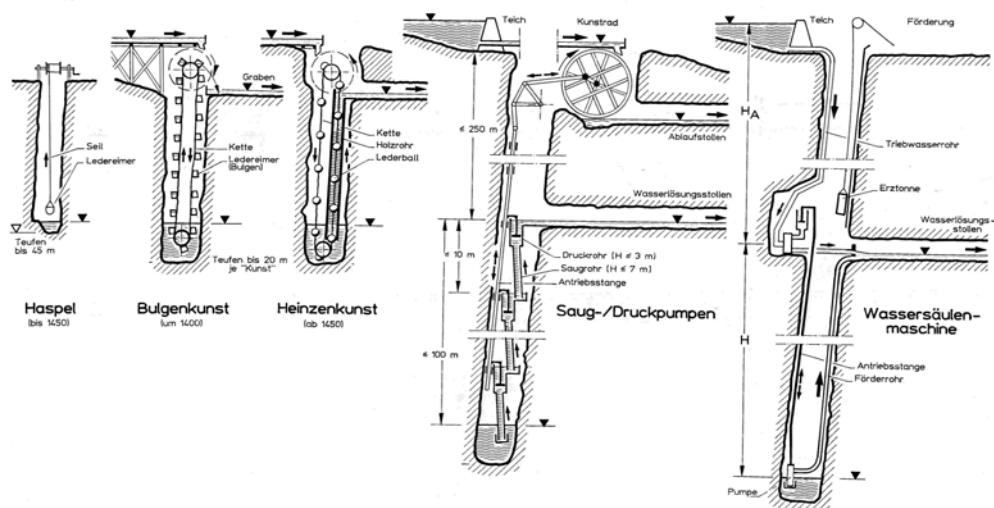


Abbildung 6 Energieerzeugung und Wasserfördertechnik im Oberharzer Bergbau seit dem Mittelalter Striegelgerüst am Carler Teich (Clausthal)

Für tiefe Schächte waren bis zu 5 Kunsträder mit ebenso vielen Pumpenkünsten erforderlich. Für einen 500 m tiefen Schacht benötigte man so z.B. 50 bis 60 Pumpen, von denen jeweils 10 mittels aneinander gekoppelter vertikaler Gestänge aus Balken von einem Kunstrad angetrieben wurden. Für die untersten Pumpen waren also rd. 450 m lange Gestänge erforderlich. Ein Bergwerksschacht der damaligen Zeit musste so nicht nur Förderung und Leitern, sondern auch eine Vielzahl hin- und hergehender Balkenwerke aufnehmen.

Um das Antriebswasser optimal zu nutzen, wurden die Räder so übereinander angeordnet, dass das Wasser von einem zum anderen weitergegeben und am Schluss durch einen der Wasserlösungsstollen abgeleitet wurde. Dadurch befand

sich das unterste von z.B. 5 Rädern in 60 m Tiefe. Wenn das Antriebswasser unmittelbar an den Schächten nicht zur Verfügung stand, übertrug man die Energie vom Wasserrad zum Schacht mit bis zu 1,2 km langen, von Kurbeln angetriebenen, langsam hin und her gehenden Balken, den „Feldgestängen“. Für die Förderung, bei der zum Heben und Senken der Erztonnen zwei Drehrichtungen des Haspels erforderlich waren, kamen um 1625 Wasserräder mit zwei gegenläufigen Schaufelkränzen zum Einsatz, die „Kehrräder“ (Abb. 8).



Abbildung 7 11,50 m großes Kunstrad. Nachbau am Schacht Wilhelm II. (Betriebshof der Harzwasserwerke) in Clausthal-Zellerfeld



Abbildung 8 Kehrrad von 9 m Durchmesser. Nachbau am Schacht Wilhelm II. in Clausthal-Zellerfeld

4 Wassersäulenmaschinen der ersten Generation (1747-1808)

Die Wassersäulenmaschine war, genau betrachtet, die erste wirkliche Innovation bei der großtechnischen Energieerzeugung seit der Antike. Denn das schon im Altertum als Schöpf-, Stock- oder Vertikalrad bekannte und vielfach eingesetzte Wasserrad war im Spätmittelalter ja lediglich „wiederentdeckt“ worden und eigentlich keine echte Neuheit. Weil die Bedeutung und Arbeitsweise der Wassersäulenmaschine heute kaum noch bekannt ist, soll diese etwas ausführlicher vorgestellt werden.

Bei Wassersäulenmaschinen wird ein Kolben durch Wasserdruck in einem Zylinder bewegt und so mechanische Energie erzeugt (**Abb. 9**).

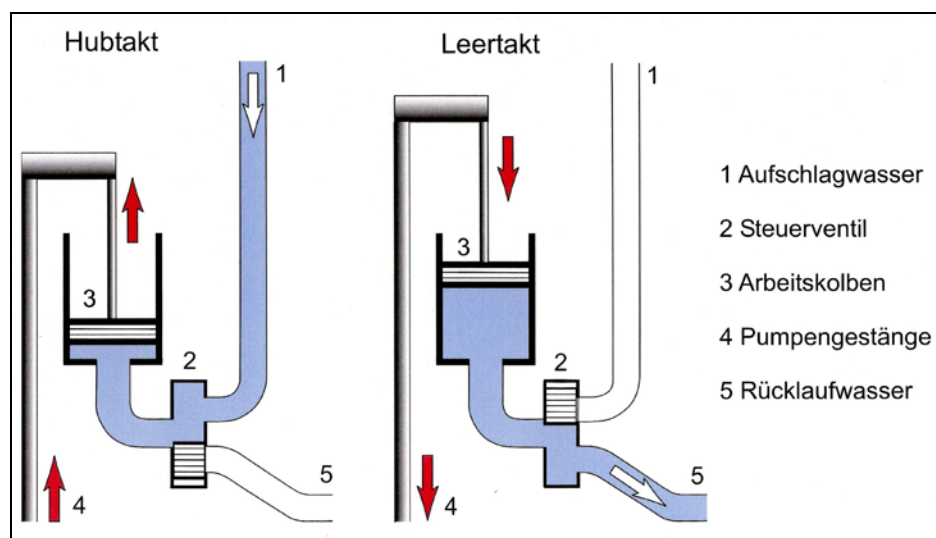


Abbildung 9 Prinzip der Wassersäulenmaschine

Während bei Wasserrädern die nutzbare potentielle Energie dem Raddurchmesser entsprach, konnte man mit der neuen Maschine den Höhenunterschied zwischen Wassergraben und Lösungsstollen in einer Stufe nutzen. Wassersäulenmaschinen waren Langsamläufer mit 4 bis 12 Takten pro Minute und mehreren hundert Litern Hubraum. Durch den gegenüber Kunsträdern geringeren Platzbedarf und die günstige Zahl der Takte eigneten sie sich besonders zum Antrieb von Pumpen.

Um die Wende zum 18. Jahrhundert arbeiteten in den angehenden Industriestaaten zahlreiche Tüftler an neuen Energiemaschinen. Schwierigkeiten bereitete vor allem die Herstellung von Zylinder, Kolben und Dichtungen. Der Durchbruch gelang Georg Winterschmidt in Clausthal 1747. Seine Wassersäulenmaschine trieb das Pumpengestänge direkt an und ersetzte vier Wasserräder bei gleichzeitig geringerem Wasserbedarf – ein für den Harzer Bergbau mit seinen damals schon mehrere hundert Meter tiefen Schächten geradezu idealer Energielieferant. Durch den Siebenjährigen Krieg (1756-63), der

viel Kapital und Kraft beanspruchte, wurde die neue Technik im Harz zunächst nicht weiter entwickelt und man blieb bei den traditionellen Kunsträdern. Im ungarischen Bergbau von Schemnitz (heute Banská Štavnica, Slovak. Rep.) jedoch wurde das Konzept von Joseph Karl Hell (1713-89) so weit verbessert, dass die Maschinen Winterschmidt'scher Bauart dort bis 1808 arbeiteten.

5 Wassersäulenmaschinen der zweiten Generation (1817-1923)

Anfang des 19. Jhs. erfuhr die Wassersäulenteknik eine Renaissance durch C. F. Brendel in Freiberg und Georg Reichenbach in Berchtesgaden. Während Brendel Winterschmidts und Hells Maschinen weiter entwickelte, ging Reichenbach, der sich in England über die technischen Details von Dampfmaschinen informiert hatte, andere Wege. Er setzte 1817 eine neu konzipierte Ein-Zylinder-Maschine für den Sole-Transport von Berchtesgaden nach Reichenhall ein, die bei einem Antriebsdruck von 109 m eine noch nie da gewesene Hubhöhe von 359 m erreichte. Die Maschine war bis 1904 in Betrieb.

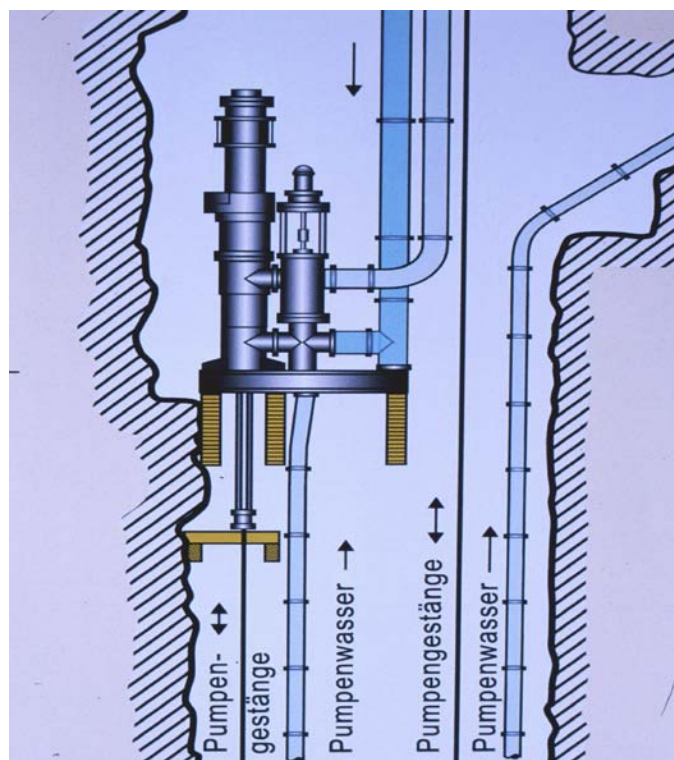


Abbildung 10 Die jüngere Wassersäulenmaschine im Schacht ‚Güte des Herrn‘ in Lautenthal/Harz arbeitete von 1872 bis 1910.

Als 1820 in Clausthal die Wasserhaltung der 115 m unter dem tiefsten Lösungsstollen gelegenen Grubenbaue anstand, wurde Reichenbach als Gutachter hinzu-gezogen, der einen Entwurf auf der Basis seiner eigenen

Arbeiten vorlegte. Die beiden danach gebauten Maschinen arbeiteten ohne Beanstandung bis 1864. Nach diesem Erfolg verbreitete sich die neue Technik in kurzer Zeit über die meisten europäischen Montanreviere.

Die Entwicklung der Wassersäulenteknik fand ihren Abschluss in den großen Zwillingsmaschinen, die in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. im Harz gebaut wurden. So 1866 die im Schacht Königin Marie mit einem Arbeitsdruck von 597 m (60 bar). Die letzte Maschine arbeitete im Schacht „Kaiser Wilhelm II“ in Clausthal bis 1923, rd. 160 Jahre nach Erfindung der Dampfmaschine.

6 Kavernenkraftwerke in Clausthal und Bad Grund

Die wichtigsten Voraussetzungen für den Betrieb unterirdischer Wasserkraftwerke als Nachfolgenutzung waren in Form der Bergwerksschächte und Wasserlösungsstollen bereits vorhanden. Man musste nur noch die Kavernen, in denen zuvor Wassersäulenmaschinen gearbeitet hatten, erweitern und für den Einbau der Turbinen und Generatoren umbauen (**Tab. 1**).

Tabelle 1 Kavernenkraftwerke der Oberharzer Wasserwirtschaft

Kraftwerk	Anzahl Turbinen	Betrieb von...bis	Fallhöhe (m)	Durchfluss (l/s)	Leistung (kW)	Mittl. Erzeugung (MWh/Jahr)
System Clausthal-Bad Grund						
Wilhelm II (Clausthal)	6 Pelton	1898-1980	364	1686	4556	16 000
Otiliae (Clausthal)	2 Pelton	1942-1980	332	584	1500	10 000
Meding (Clausthal)	2 Pelton	1902-1967	158	134	167	360
Hilfe Gottes (Bad Grund)	2 Pelton	bis 1993	77 137	490	416	6 500
System St. Andreasberg						
Grüner Hirsch (Andreasberg)	1 Pelton	1922-heute	141	400	450	3 083
Sieberstollen (Andreasberg)	1 Pelton	1912-heute	199	174	240	1 438

Das leistungsstärkste Kraftwerk Wilhelm II. in Clausthal erhielt Wasser aus dem 15 km langen Dammgraben, dem wichtigsten und wasserreichsten Graben der Oberharzer Wasserwirtschaft, nachdem der Zufluss zuvor in mehreren Teichen ausgeglichen wurde. Vom Wasserschloss gelangte es durch vier Fallrohre zu sechs Peltonturbinen und floss durch den 1864 fertig gestellten Ernst-August-Stollens zum 11 km entfernten Gebirgsrand ab (Abb. 11, 12). Auf dem gleichen Niveau arbeitete das Kraftwerk „Otiliae“, das sein Wasser aus einem 12 km langen, doppelten Grabenzug mit 12 Teichen erhielt. Die seit 1835 betriebene ErzschiFFahrt auf dem Ernst-August-Stollen wurde beim Betriebsbeginn der Kraftwerke eingestellt. Mit dem Wasser der Innerste arbeiteten die Werke „Hilfe Gottes“ und „Meding“, letzteres auf dem Niveau des 1799 fertig gestellten Tiefen-Georg-Stollens, 120 m über dem Ernst-August-Stollen.

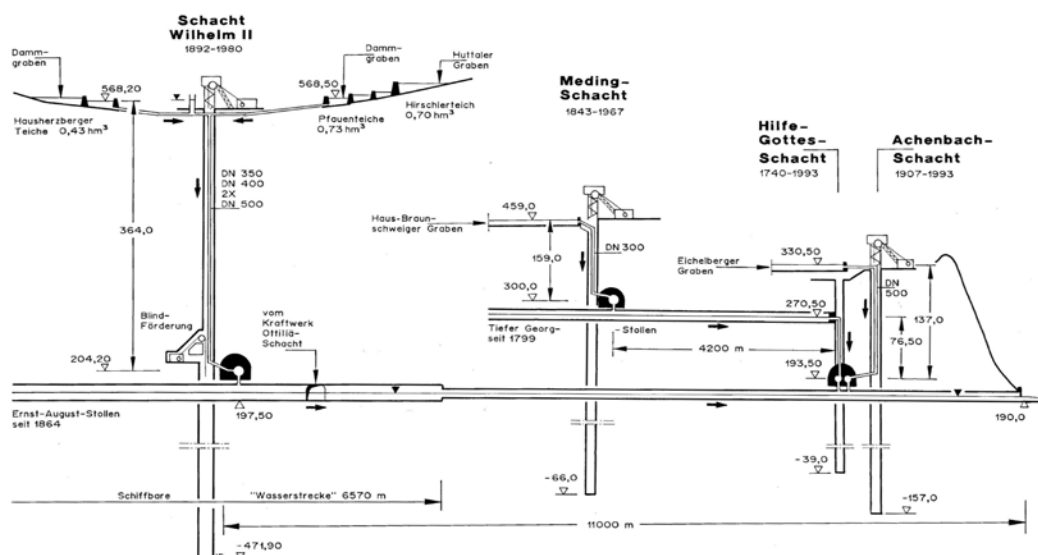


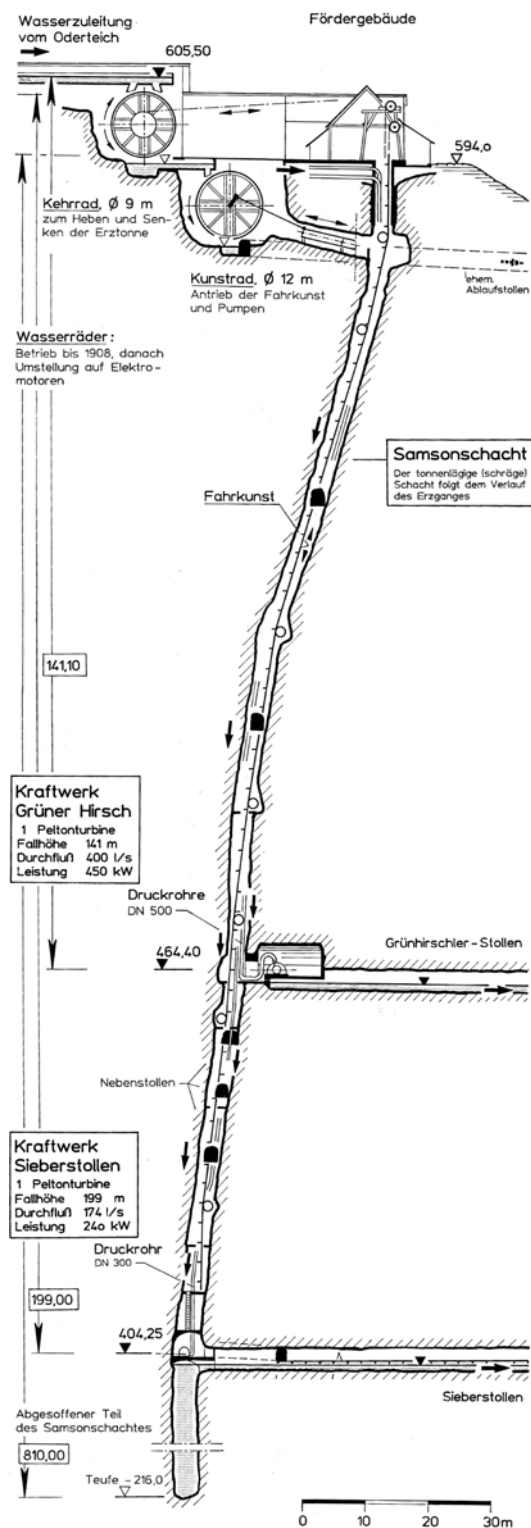
Abbildung 11 Das Kraftwerkssystem Clausthal–Bad Grund



Abbildung 12 Das 1980 stillgelegte Kraftwerk Wilhelmschacht im Jahr 1999

7 Kraftwerke in St. Andreasberg/Harz

Als die Förderung im Samsonschacht in St. Andreasberg 1908 eingestellt wurde, entschied man sich für eine Nachnutzung durch zwei Wasserkraftwerke auf dem Niveau der beiden Entwässerungsstollen: dem 1,4 km langen Grünhirscher- und dem 3,1 km langen Sieberstollen, die den Schacht in 130 bzw. 200 m Tiefe erreichen. Das Wasser liefert der Oderteich, der mit seinen 1,7 Mio. m³ Inhalt einen Ausgleich der stark schwankenden Zuflüsse ermöglicht. Durch den 7 km langen Rehberger Graben gelangt das Wasser zum ‚Samson‘ (Abb. 13, 14).



1912 ging das Kraftwerk Sieberstollen, 1922 das 70 m höher gelegene Werk "Grüner Hirsch" in Betrieb. Die energetisch günstigere Gesamtnutzung auf dem unteren Niveau ließ sich wegen der Bedienung alter Wasserrechte am oberen Stollen nicht verwirklichen. Beide Kraftwerke beliefern heute das öffentliche Netz. Den Zugang zu den Kraftwerken ermöglicht die weltweit einzige noch betriebsbereite „Fahrkunst“ im Samsonschacht, eine Personenbeförderungsanlage aus Drahtseilen mit angebauten Trittbrettern. Die Anlage, bei der das 1834 von Oberbergrat Albert in Clausthal erfundene Drahtseil eingesetzt wurde, arbeitet bis heute mit der Erstausrüstung von 1837.

Das Bergwerk „Samson“ mit seinen Gebäuden, den noch betriebsbereiten Wasserrädern, der Fahrkunst und den Wasserkraftwerken wurde 1987 bereits in die Liste der Internationalen Maschinenbau-Denkmale der American Society of Mechanical Engineers aufgenommen.

Abbildung 13 Wasserräder und Kraftwerke im Bergwerk Samson, St. Andreasberg



Abbildung 14 Kavernenkraftwerk „Grüner Hirsch“, St. Andreasberg

Literatur

Schmidt, M.: Die Wasserwirtschaft des Oberharzer Bergbaues.
Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, 1989, 13.

Döring, M.: Die Wasserkraftwerke im Samsonscht in St.
Andreasberg/Harz. *Wasserkraft und Energie*, 1996, 3, S. 24-34.

Döring, M.: Montane Energiegewinnung aus Wasserkraft in Harz und
Erzgebirge. *Schriften der Dt. Wasserhistorischen Gesellschaft DWhG*,
2003, 3, S. 21-46.

Teicke, J.: Talsperren auf dem Weg zum Weltkulturerbe: Das Oberharzer
Wasserregal, 14. *Dt Talsperrensymposium, Berichte der Versuchsanstalt
für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, September 2007.*

Bildnachweis

Abb. 1, 2: Harzwasserwerke; alle anderen vom Verfasser.

Autor:

Prof. Dr.-Ing. Mathias Döring
Wilhelm Busch Str. 8, D-31079 Adenstedt
doering-adenstedt@t-online.de