

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 1775/1971

Mitteleuropa, Rheinland
Wasserkraftwerk in Kräwinklerbrücke an der Wupper

Mit 4 Abbildungen

GÖTTINGEN 1972

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Mitteleuropa, Rheinland

Wasserkraftwerk in Kräwinklerbrücke an der Wupper¹

R. LAUFEN, Remscheid-Lennep

Allgemeine Vorbemerkungen

Errichtung von Wasserkraftwerken

Zur Gewinnung mechanischer Energie hat man Wasserkräfte schon im Altertum genutzt: Bekannt sind zum Beispiel die Schöpfräder Mesopotamiens. In neuerer Zeit kamen Getreidemühlen, Sägemühlen, Walkmühlen und die im Bereich der Wupper besonders häufig anzutreffenden Hammerwerke und Schleifkotten hinzu (RUTZ [14], [15]). Immer war die Nutzung einer Wasserkraft jedoch an die Voraussetzung gebunden, daß die gewonnene mechanische Energie auch an Ort und Stelle verwendet werden konnte. Ihr Transport über gewisse Entfernungen — die mechanische Kraftübertragung — war nur mit außerordentlich großem Aufwand und unter hohen Verlusten möglich.

Um die Mitte des 19. Jh.s setzte sich die Erkenntnis durch, daß demgegenüber die elektrische Kraftübertragung — von einem Generator zu einem Motor — wesentlich vorteilhafter sei: Sie erlaubte auf verhältnismäßig einfache Weise die Überbrückung beträchtlicher Entfernungen bei geringen Verlusten. Die Gewinnung elektrischer Energie in den ersten Generatoren war jedoch noch umständlich und teuer.

Das Dynamoelektrische Prinzip Werner von Siemens' brachte im Jahre 1866 den Beginn der Starkstromtechnik: Durch Ausnutzung des remanenten Magnetismus der Generatoren wurde es möglich, ohne die Ver-

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 16—18.

Der Autor dankt Herrn Prof. Dr. phil. ALBRECHT TIMM, Lehrstuhl für Wirtschafts- und Technikgeschichte am Historischen Institut der Ruhr-Universität Bochum, für zahlreiche wertvolle Ratschläge und Hinweise.

wendung von Permanentmagneten (die schwach und alterungsempfindlich waren) oder fremderregten Elektromagneten (die kostspielige Galvanische Elemente erforderten) „... elektrische Ströme von unbegrenzter Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft disponibel ist ...“ (SIEMENS [10]).

Bis zu einer breiteren Anwendung des Gedankens der elektrischen Kraftübertragung sollte jedoch noch geraume Zeit vergehen. Die zahlreichen Fragen zwischen Gleichstrom- und Wechselstromsystem, denen sich mit der Zeit noch das Drehstromsystem zugesellte, blieben vorerst offen: Das Gleichstromsystem erlaubte die unmittelbare Einbeziehung von Akkumulator-Batterien in die Versorgungsnetze als Schutz gegen Ausfälle im Kraftwerk, die Motoren waren recht robust, die überbrückbare Entfernung bewegte sich jedoch in verhältnismäßig engen Grenzen; das Wechselstromsystem dagegen kannte in weiten Grenzen keine Entfernungsbeschränkungen, die Motoren waren aber empfindlich und teuer; das Drehstromsystem schließlich ließ über die nahezu unbeschränkten Entfernungen des Wechselstromsystems hinaus billige, robuste Motoren zu, war aber selbst im Aufbau komplizierter. Die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt am Main brachte im Jahre 1891 die Entscheidung zugunsten des letzteren: Die spektakuläre Drehstrom-Fernübertragung von einem kleinen Wasserkraftwerk in Lauffen am Neckar zu dem 175 km entfernten Ausstellungsgelände in Frankfurt, wo mehrere Motoren und zahlreiche Lampen installiert waren, bewies klar die Vorzüge dieses Systems (vgl. [6], [8]). Edisons Kohlefaden-Glühlampe war schon 1881 auf der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Paris erschienen (vgl. [4]). Ihre Anwendung war von den erwähnten Systemfragen praktisch unberührt geblieben und hatte zu einem gewissen, stetig steigenden „Lichtstrom“-Bedarf geführt. Nach der Frankfurter Ausstellung entstand auch nennenswerter „Kraftstrom“-Bedarf, der im übrigen bald ganz andere Größenordnungen erreichte (vgl. [1]). Die rasch fortschreitende Errichtung weiterer „Elektrischer Centralen“ zur Deckung dieses Bedarfes — mit Dampf oder Wasserkraft betrieben — war allenthalben die Folge.

Es wurden nicht nur neue, für die bisherigen Nutzungsmöglichkeiten zu abgelegene Wasserkräfte erschlossen. Vielfach gingen auch alteingesessene Nutzer einer Wasserkraft von der Gewinnung mechanischer Energie zur Gewinnung elektrischer Energie über, rüsteten ihre eigenen Anlagen mit elektrischem Antrieb aus und verkauften die überschüssige elektrische Energie in ihrer Umgebung (WINDEL [12]).

Ein besonders an kleineren Flüssen gern angewandtes Verfahren zur Erschließung der Wasserkraft bestand darin, eine Flußschleife durch einen möglichst kurzen Kanal oder Graben abzuschneiden und an einem geeigneten Punkt längs dieses Kanals das Kraftwerk zu errichten (DENZEL [3]).

Vorgeschichte des Wasserkraftwerks „Kräwinklerbrücke“

In den Jahren 1714 bis 1733 errichtet Casper Clarenbach aus Remscheid am Ort des späteren Wasserkraftwerks neun Reckhämmer (JUNG-STILLING [7]). 1726 heiratet der Siegerländer Johannes Flender, ein angesehenener, mit den Methoden der Metallbearbeitung vertrauter Mann, eine Tochter Clarenbachs und betätigt sich fortan mit in dem Unternehmen. Später wird er selbst Besitzer einiger der Hämmer (BÖTTGER und WEYER [2]).

Umfang und Besitzverhältnisse der Hammerwerks-Anlagen im Jahre 1785 gehen aus der „Situations Charte der Kräwinckler Brücke“ in Abb. 1 hervor.

Johann Peter Lausberg kauft im Jahre 1795 zwei der Familie Clarenbach gehörende Hämmer¹. Sein Sohn Johann Wilhelm stellt 1855 die Metallbearbeitung ein und errichtet, dem Zug der Zeit in dieser Gegend folgend, eine Tuchfabrik. Die übrigen Hämmer waren inzwischen sämtlich in den Besitz verschiedener Flender-Erben übergegangen. Durch Heiraten mit Töchtern des Ultramarin-Fabrikanten Leverkus in Wermelskirchen werden die Familien Flender und Lausberg später miteinander verschwägert.

Um 1870 verlegen die Erben Flender ihre unternehmerische Tätigkeit nach Düsseldorf. Die Familie Lausberg erwirbt das ganze Anwesen mit allen Anlagen. Die Wasserkraft wird fortan ausschließlich für die Tuchfabrik genutzt, die gut floriert. Zur Leistungssteigerung wird 1891 das Unterwasser durch Vertiefung des Untergrabens abgesenkt. Zur Dampflieferung für die Tuchfabrik war schon vorher ein Dampfkessel aufgestellt worden.

Unter dem Eindruck der besagten Drehstrom-Fernübertragung von Lauffen nach Frankfurt im Jahre 1891 und der nachfolgenden Entwicklung auf dem Gebiet der Gewinnung, Übertragung und Nutzung elektrischer Energie beginnt Julius Wilhelm Lausberg 1896 mit den Planungen für die Errichtung einer „Elektrischen Centrale“ an seiner Wasserkraft.

Bau des Kraftwerks

Der Bauherr konnte bei der Errichtung des Kraftwerks von den vorhandenen wasserbaulichen Anlagen ausgehen. Sie erlaubten in mehrerer Hinsicht eine besonders vorteilhafte Anordnung:

Ein Wehr im Oberlauf staut den Fluß. Unmittelbar am Wehr beginnt der Obergraben, der das Wasser dem Kraftwerk auf möglichst kurzem Weg — unter Berücksichtigung der Geländeverhältnisse — zuführt; als Verschlussorgane besitzt er an seinem Anfang mehrere Einlaufschützen. Der Querschnitt ist ausreichend bemessen, so daß das Wasser

¹ „Die von dem namengebenden Luseberg“; Familienchronik; im Besitz der Erben der Familie Lausberg in Lennep.

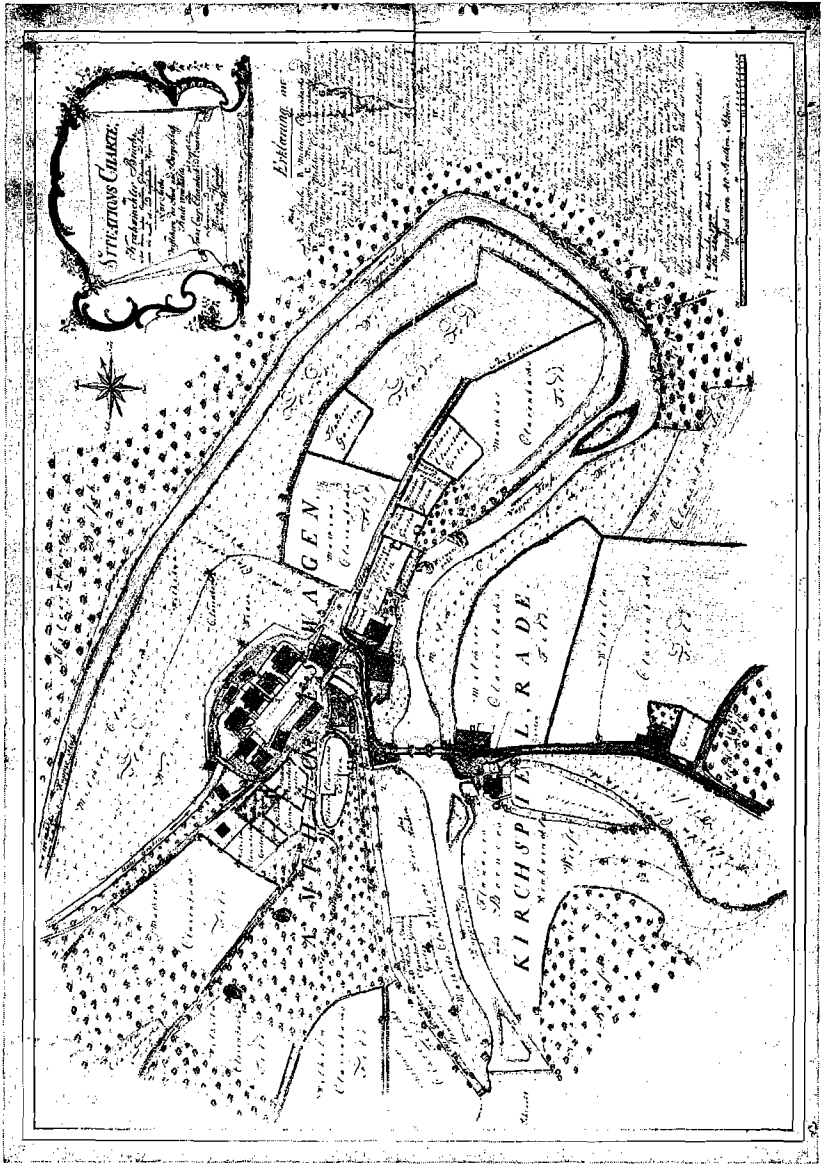


Abb. 1. Kartenstich der Reckhämmer an der Kräwinkler Brücke
 (Original im Besitz der Erben der Familie Lausberg in Lennep)

so langsam strömen kann, daß die Reibungs- bzw. Gefälleverluste gering bleiben (Abb. 2).

Das Kraftwerk selbst wird im Bereich der bisherigen Wasserkraftanlagen errichtet. Ein Becken, gewonnen durch eine Erweiterung des Obergrabens an seinem Ende, wird ihm vorgelagert und durch Einlaufschützen für die Turbinenkammern sowie eine Freischütze zur gelegentlichen Entleerung abgeschlossen.

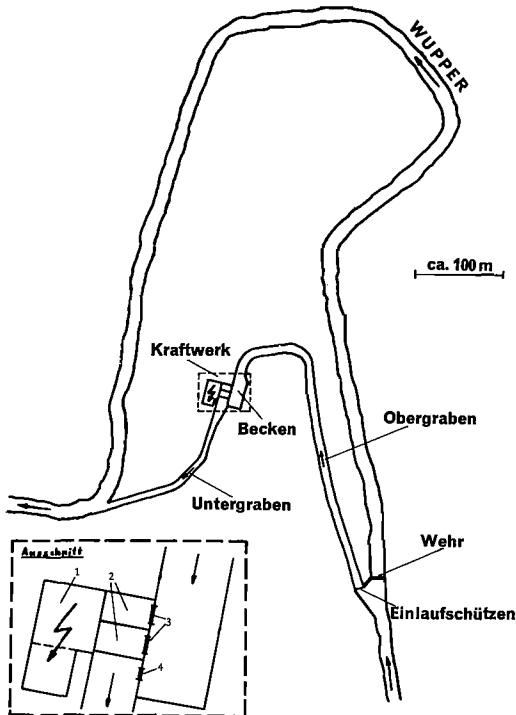


Abb. 2. Lageplan des Kraftwerks

- 1: Maschinenhaus; 2: Turbinenkammer; 3: Turbinen-Einlaufschützen; 4: Freischütze

Schließlich führt der Untergraben, wiederum unter Berücksichtigung der Geländeverhältnisse auf kürzestem Weg und wiederum mit ausreichendem Querschnitt, um einen Rückstau infolge von Reibungsverlusten durch hohe Strömungsgeschwindigkeit zu vermeiden, zurück in das Flußbett. Das Gefälle des Flusses vom Wehr bis zur Einmündung

des Untergrabens¹ in Höhe von ca. 6 m wird auf diese Weise nahezu restlos am Ort des Kraftwerks verfügbar (Abb. 3). Die Vorteile dieser Bauweise liegen darin, daß alle Arbeiten bis auf die Errichtung des Wehres und der Einlaufschützen sowie die Anlegung der Einnündung des Untergrabens — insbesondere also alle wasserbaulichen Arbeiten am Kraftwerk — im Trockenem ausgeführt werden können. Außerdem sind die Anlagen einschließlich des Obergrabens zur Wartung leicht zu entwässern. Eine Anordnung des Kraftwerks im Flußbett selbst hätte dagegen wegen des permanent strömenden Flusses beim Bau beträchtliche technische Probleme bereitet. Außerdem hätte

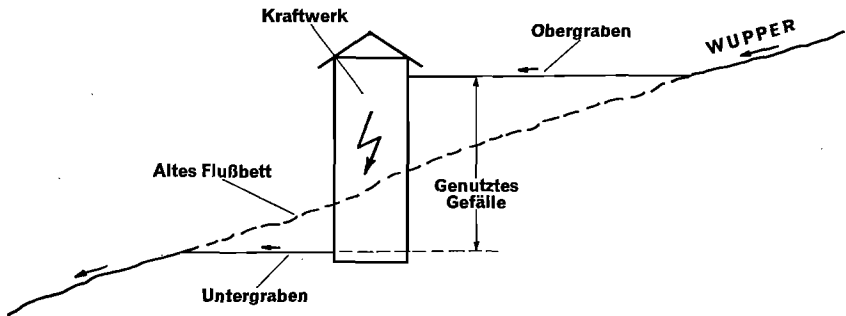


Abb. 3. Übersichts-Längenschnitt

man statt des kleinen Wehres entweder das Oberwasser des Flusses selbst aufstauen oder sein Unterwasser absenken müssen. Das erstere hätte einen Damm erfordert, dessen Höhe etwa gleich der Fallhöhe, dessen Länge gleich der Breite des Tales sein mußte; das Tal selbst wäre auf einer entsprechenden Länge in seiner ganzen Breite durch den Rückstau überflutet worden. Das letztere hätte im Verlauf der Aushebung des Flußbettes auf einer entsprechenden Strecke umfangreiche Erdbewegungen im Fluß erfordert.

Es werden zwei vierflutige Francis-Turbinen der Maschinenfabrik und Mühlenbauanstalt Luther AG in Braunschweig installiert, die zur Regulierung der Durchflußmenge mit den damals neuartigen „Finkschen Drehschaufeln“ ausgerüstet sind (N. N. [5], WAGENBACH [11]); sie sind für eine Nenn-Durchflußmenge von je ca. 4,5 m³/s bei einer Drehzahl von 150/min ausgelegt und leisten je 250 PS (Abb. 4). Im Maschinenhaus sind sie über — mit Lederriemen als verbindendem Element arbeitende — Bandkupplungen (LUEGER [9]) mit den Generatoren der Firma

¹ Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen: „Topographische Karte 1 : 25 000“; Blatt 4809 Remscheid.

Union Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin (Type AT2; Nr. 3908 bzw. 3909; Classe 40-80-150; Form A; 5200/5700 Volt; 180 Kilowatt; 50 Perioden; 18,2 Ampère; Tourenzahl 150/min) und den zugehörigen Erregermaschinen (gleicher Hersteller: Type MP; Nr. 4336 bzw. 4337; Classe 4-8,5-150; Form A2; 71 Ampère; 120 Volt; Tourenzahl 150) verbunden.

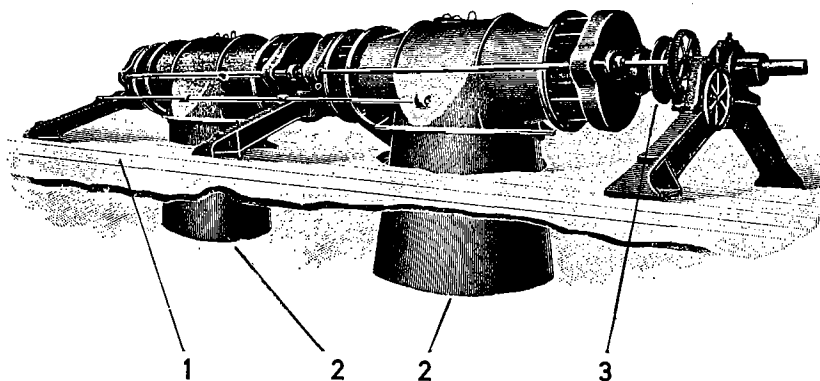


Abb. 4. Vierflutige Francis-Turbine

(nach WAGENBACH [11])

1: Boden der Turbinenkammer; 2: Saugschläuche; 3: Wanddurchführung der Welle

Für den Betrieb bei geringer Wasserführung werden gleichzeitig bzw. nach wenigen Jahren zusätzlich zwei stehende Dampfmaschinen der Maschinenfabrik Gebrüder Meer in Mönchengladbach aufgestellt (9 at; je 230 PS; 150/min). Die eine von ihnen treibt einen eigenen Generator der gleichen Daten wie oben, die andere kann mit dem einen der beiden von den Wasserturbinen angetriebenen Generatoren gekuppelt werden.

Ein Teil der gewonnenen elektrischen Energie wird an Ort und Stelle auf 110 V umgespannt und zur Versorgung des Lausbergischen Anwesens verwendet. Andere Teile der Energie werden mit der Spannung 5 kV der nahen Ortschaft Honsberg sowie einer Brauerei und einer elektrotechnischen Fabrik in der Umgebung zugeführt.

Betrieb des Kraftwerks

Zur Finanzierung des Kraftwerkbaues war im Jahre 1899 die „Elektrizitätswerk Kräwinklerbrücke AG“ gegründet worden.

Der Betrieb des Kraftwerks verlief offenbar zunächst in verschiedener Hinsicht nicht ganz den Erwartungen entsprechend.

An der Bever, einem Nebenbach der Wupper an ihrem Oberlauf, war im Jahre 1898 eine große Talsperre fertiggestellt worden, die die Wasserführung der Wupper abhängig von der Jahreszeit zu bestimmten Tageszeiten anheben sollte. Das scheint für das Kraftwerk Kräwinklerbrücke, an dem die Flutwelle jeweils mit einer bestimmten Verzögerung (entsprechend seiner Entfernung von der Sperre) erschien, nicht immer von Vorteil gewesen zu sein, so daß die Dampfmaschinen recht oft eingesetzt werden mußten (WULFF [13]).

Andererseits war das Kraftwerk samt seinen Dampfkesseln so tief angelegt, daß bei Hochwasser neben dem Ausfall der Wasserturbinen verschiedentlich auch kein Dampftrieb mehr möglich war. Aus dem Grund schaffte Lausberg schon 1901 für seine Tuchfabrik zusätzlich eine Lokomobile der Firma Heinrich Lanz in Mannheim (9 at; 75 PS; mit Kondensation) an, die einen höhergelegenen Standort erhielt.

Schließlich ergab sich der für die überschüssige elektrische Energie erwartete Absatz in der Umgebung zum Teil nur zögernd, da stellenweise starke Konkurrenz durch örtliche Gaswerke herrschte (die ebenfalls „Licht“ und „Kraft“ — für Gaslampen und Gasmotoren — lieferten).

Als sich mit der Zeit immer deutlicher die technischen und wirtschaftlichen Vorteile einer einheitlichen, überregionalen Elektrizitätsversorgung zeigten, wurden die Anlagen daher im Jahre 1911 an das RWE veräußert.

Die beiden Dampfmaschinen wurden bald stillgelegt und binnen Jahresfrist verkauft. Die eigentliche Wasserkraftanlage dagegen wird bis heute praktisch unverändert und nahezu ununterbrochen weiterbetrieben; eine Generalüberholung wurde 1949/50 vorgenommen. Lediglich die „Hydraulischen Regulatoren“ zur automatischen Einstellung der Durchflußmenge der Turbinen wurden inzwischen durch moderne Anlagen ersetzt. Ferner wurden verschiedene Meßgeräte und Schutzrelais installiert.

Wegen des Rückstaues der geplanten neuen Wuppersperre bei Krebsöge wird der Betrieb in absehbarer Zeit eingestellt.

Zur Entstehung des Films

Die Gewinnung elektrischer Energie aus Wasserkraft entwickelte sich gegen Ende des 19. Jh.s. Die hier betrachtete Wasserkraftanlage stammt aus dieser Zeit. Sie ist bis heute praktisch unverändert und nahezu ununterbrochen in Betrieb. Die Filmaufnahmen stellen daher einen Beitrag zur Geschichte der Technik dar.

Die Vorarbeiten dazu begannen im Herbst 1967. Sie wurden in engem Kontakt mit der Betriebsverwaltung Lennep der Rhein.-Westf. Elektrizitätswerk AG (RWE) durchgeführt, die das Kraftwerk heute betreibt. Sie erfolgten im Einvernehmen mit dem Lehrstuhl für Wirtschafts- und

Technikgeschichte am Historischen Institut der Ruhr-Universität Bochum.

Zur Bearbeitung standen dem Autor unter anderem zahlreiche Unterlagen aus dem Besitz der Erben des Julius Lausberg in Lennep, der das Kraftwerk erbaut hat, sowie der RWE-Betriebsverwaltung Lennep zur Verfügung.

Die Finanzierung des Vorhabens erfolgte auf dem Weg über die Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e. V. beim VDI in Düsseldorf durch die Hauptverwaltung des RWE in Essen.

Die Aufnahmen wurden Ende Mai 1970 durchgeführt. Dabei wurden die Kraftwerksanlagen durch die Herren Gerlach und Hesse von der RWE-Betriebsverwaltung Lennep bedient.

Kamera: ARRIFLEX; Filmmaterial: 16-mm-Schwarzweißfilm (Eastman Doppel X).

Filmbeschreibung¹

Wasserbauliche Anlagen

Nach einem einleitenden Blick flußaufwärts ins Tal der Wupper oberhalb der hier genutzten Flußschleife sieht man das Wehr und die Einlaufschützen des Obergrabens. Die Einlaufschützen sind geschlossen; das Wehr ist überflutet. Der Wasserstand im Obergraben ist weitgehend abgesunken; Leckstellen an den Einlaufschützen lassen geringe Restwassermengen einströmen.

Die Freischütze des Oberbeckens am Kraftwerk ist geöffnet. Das Restwasser stürzt hier direkt in den Untergraben. Rechts neben der offenen Freischütze läßt das entleerte Oberbecken die beiden geschlossenen Turbinen-Einlaufschützen mit der zugehörigen Mechanik zum Emporwinden und die vorgelagerten Rechen erkennen, die Treibgut von den Turbinen fernhalten sollen.

Ein Wärter betritt den Bedienungssteg für die Freischütze. Er schließt sie, da die Reinigung und Überholung der wasserbaulichen Anlagen beendet wurde.

Fluten des Obergrabens

Die Einlaufschützen für den Obergraben werden geöffnet. Sein Wasserspiegel steigt wieder an. —

Nachdem Obergraben und Oberbecken sich mit Wasser gefüllt hatten, wurde die erste Turbine wieder in Betrieb genommen. Vor ihrem Rechen

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

haben sich inzwischen Treibgut und Schwemmsel angesammelt, die der Wärter jetzt mit seinem Gerät entfernt. Danach soll der zweite Maschinensatz gewartet und in Betrieb genommen werden.

Wartung des Generator-Satzes

Zuerst sieht man die Vorderseite des Maschinenhauses von außen: Die Wände bestehen aus Stahl-Fachwerk, das mit Ziegeln ausgemauert ist. Man hat gußeiserne Fenster und ein Wellblechtor eingebaut. Die Dachkonstruktion besteht aus Holz. Das Dach war wahrscheinlich immer mit Teerpappe gedeckt.

Im Inneren des Maschinenhauses nehmen die beiden Maschinensätze den größten Platz ein: Der linke Satz steht noch still, der rechte Satz ist schon in Betrieb. In der Mitte zwischen beiden führt eine Leiter zu einer Bühne oben an der Rückwand mit der Tür zu den draußen befindlichen Turbinenkammern.

Der stehende Satz wird zunächst im einzelnen betrachtet. Die Turbinenwelle ragt über eine Wanddurchführung in das Maschinenhaus. Ihre Dichtung gegen das außen anstehende Wasser wurde so konstruiert, daß man ein Hanfseil mit annähernd quadratischem Querschnitt spiralg in den Spalt zwischen der Welle und der umgebenden Hülse gelegt hat; es wird durch Stirnabdeckungen gehalten und kann über eine Stopfbuchse mit Fett verpreßt werden. Die Turbinenwelle trägt zuerst ein Schwungrad und dann eine sog. Bandkupplung, die im wesentlichen aus einem endlosen, mäanderförmig um aus beiden Kupplungshälften vorragende Segmentstücke gelegten Lederriemen besteht. Diese sehr elastische Kupplung erlaubt eine völlige Trennung der an sich für damalige Verhältnisse recht langen rotierenden Anordnung in zwei Teile, was im Hinblick auf eventuelle mechanische Schwingungen vorteilhaft ist; sie kann im übrigen auch dann arbeiten, wenn beide Wellenenden nicht einwandfrei fluchten sollten. Nach der Kupplung folgt der Generator, der ganz offen ausgeführt ist, noch keinen Dämpferkäfig besitzt und ferner zum Beispiel eine Schleifringisolation aus Hartholz aufweist. Die Erregermaschine als letztes Glied auf der Welle besitzt weder Wendepole noch eine Kompensationswicklung; statt dessen wird der Bürstenapparat zur Vermeidung von Bürstenfeuer im Betrieb von Hand verstellt.

Der Wärter kontrolliert den Maschinensatz: Er stellt mit einem Hebel die Stopfbuchse an der Dichtung der Wanddurchführung nach und gießt dann, soweit erforderlich, Öl in die dafür vorgesehenen und durch einfache Deckel verschlossenen Öffnungen der verschiedenen Lagerböcke. Der Maschinensatz ist jetzt betriebsbereit.

Rechts vorn im Maschinenhaus steht die Schalttafel auf einer erhöhten Bühne. Direkt dahinter befindet sich die Hochspannungs-Schaltanlage;

ihre Leistungsschalter können bei dieser Anordnung unmittelbar von der Schalttafel aus über ein kurzes Gestänge betätigt werden. Der Wärter wirft einen prüfenden Blick in die Schaltanlage: Sie weist unter anderem noch Öl-Leistungsschalter und über eine Schaltstange handbetätigte Einzel-Trennmesser auf; außerdem sind hier die Widerstände zur Einstellung der Erregung der Erregermaschine untergebracht. Die Trenner des stehenden Maschinensatzes sind noch offen.

Wartung der Turbine

Die Turbinenkammer des stehenden Maschinensatzes ist noch nicht mit Wasser gefüllt. Die Einlaufschütze ist noch geschlossen; die Ablaßöffnung im Boden der Kammer ist noch offen. Die Einlaufschütze läßt Sickerwasser durchtreten, das über die Bodenöffnung abläuft. Eine Leiter führt vom Bedienungsteg in die Kammer. Man sieht auch die wasserseitige Dichtungskonstruktion der Wanddurchführung für die Turbinenwelle.

Es handelt sich um eine vierflutige Francis-Turbine in offener Kammer ohne Einlaufspirale; sie besteht aus zwei zweiflutigen Turbinen auf einer gemeinsamen Welle. Man sieht an jeder Flut den Leitapparat zur Verstellung der „Finkschen Drehschaufeln“ für die Regelung der Durchflußmenge und die Drehschaufeln selbst. Der Wärter klettert mit einem Fetteimer in die Kammer und wartet die Turbine. Die Stopfbuchsen zur Schmierung des Leitapparates, der ja nur hin und wieder kleine Bewegungen ausführt, werden entsprechend nur selten nachgestellt; es genügt daher, wenn das unmittelbar an der Turbine und nach Entleeren der Kammer geschehen kann. Die Stopfbuchsen zur Schmierung der eigentlichen Turbinenlager müssen dagegen häufiger nachgestellt werden können; ein Gestänge ermöglicht das vom Bedienungsteg aus. Der Wärter füllt die Stopfbuchsen soweit erforderlich nach, ruft anschließend nach oben in Richtung auf das Maschinenhaus, man solle den Leitapparat probeweise verstellen, und beobachtet dann prüfend das Öffnen und Schließen der Drehschaufeln. Eingebledet sieht man, wie ein zweiter Wärter im Inneren des Maschinenhauses zur Verstellung der Drehschaufeln eine Handkurbel betätigt; ein Zeiger an der Innenwand des Maschinenhauses markiert den Öffnungsgrad der Schaufeln. Dann verläßt der erste Wärter die Kammer; er schließt vom Bedienungsteg aus die Ablaßöffnung und stellt von dort aus ferner die Stopfbuchsen der Turbinenlager nach. Die Turbine ist damit ebenfalls betriebsbereit.

Fluten der Turbinenkammer

Der Wärter kommt von den Turbinenkammern ins Maschinenhaus zurück und klettert von der Bühne an der Rückwand über die Leiter her-

unter. Er verstellt zunächst an der Rückwand über ein Kettenrad das Vorgelege für den Antrieb der Turbinen-Einlaufschütze, um den Schütz-Antriebsmotor, der für beide Schützen verwendet wird, mit derjenigen Einlaufschütze zu verbinden, die jetzt gezogen werden soll.

Dann windet der Verstellmotor die Schütze hoch: Ihre Stellung wird an der Rückwand durch ein Gewicht, das sinkt, angezeigt. Die Turbinenkammer füllt sich mit Wasser; das sieht man auch an einem Wasserstandsanzeiger.

Anfahren, Synchronisieren und Belasten des Maschinensatzes

Zunächst schließt der Wärter mit der Schaltstange die Trennmesser in der Schaltanlage: Dieser Generator und der bereits laufende Generator (bzw. das Netz) sind jetzt nur noch durch den Öl-Leistungsschalter voneinander getrennt.

Dann öffnet ein zweiter Wärter mit dem Handrad die „Drehschaufeln“ der Turbine: Der Maschinensatz kommt in Bewegung; der Drehzahlmesser schlägt aus.

Nun wird der Generator von der Schalttafel aus über die Erregermaschine erregt; der Wärter verstellt dazu einen Drehgriff. Für das anschließende Synchronisieren des neu hinzukommenden Maschinensatzes mit dem bereits laufenden Satz müssen bei beiden Spannungssystemen Betrag, Frequenz und Phasenlage der Spannung verglichen werden. Dazu sind auf einem schwenkbaren Ausleger der Schalttafel zwei Spannungsmesser (zum Vergleich der beiden Spannungen dem Betrage nach) und zwei parallelgeschaltete Glühlampen vorhanden. Bei den Spannungsmessern handelt es sich um Hitzdrahtgeräte; die Glühlampen sind zum Schutz gegen plötzliche Ausfälle doppelt vorhanden. An den Spannungsmessern wird der Betrag beider Spannungen, an den Glühlampen werden Frequenz und Phasenlage verglichen. Während die Glühlampen nach dem Einschalten der Erregung zuerst noch in raschem Wechsel aufleuchten und erlöschen, wird dieser Rhythmus in dem Maße, in dem die Drehschaufeln weiter geöffnet werden und der Satz sich beschleunigt, langsamer; damit nähert sich die Frequenz der Spannung dieses Generators der bereits vorhandenen Frequenz. Durch Verstellen der Erregung und Beobachten der Spannungsmesser wird der Betrag, durch Verstellen der Drehschaufeln und Beobachten des Rhythmus der Glühlampen wird die Frequenz beider Spannungen einander gleichgemacht. Wenn die Glühlampen dann dunkel sind, stimmt auch die Phasenlage der Spannungen überein; in dem Augenblick wird der Generator durch Einlegen des Ölschalters von der Schalttafel aus zugeschaltet.

Durch weiteres Öffnen der Drehschaufeln und durch Ändern der Erregung wird jetzt die gewünschte Belastung des Generators eingestellt. Der

Wärter muß dann noch die Stellung des Bürstenapparates der Erregermaschine kontrollieren, damit kein Bürstenfeuer entsteht, das den Kollektor beschädigen und die Bürsten verschleifen würde; er versäumt auch nicht, den rotierenden Kollektor kurz mit Schmirgelleinen zu polieren, um den Übergangswiderstand zu den Bürsten zu senken. Nachdem er schließlich noch den Drehzahlmesser geölt und dessen Antriebsriemen gewachst hat, geht er zum Stehpult und macht dort einige Notizen für das Betriebsprotokoll.

Damit ist auch der zweite Maschinensatz planmäßig in Betrieb; das Triebwasser strömt von der Turbine in den Untergraben, der seinerseits später wieder in die Wupper mündet. Der Wärter kann jetzt eine Pause einlegen. Er tritt aus dem Maschinenhaus und blickt prüfend zu der Freileitung empor, die die elektrische Energie abtransportiert. Sie beginnt an der Außenwand des Maschinenhauses und verschwindet in der Ferne.

Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] „Berliner Elektrizitätswerke; Die — bis Ende 1896“; Springer, Berlin und Oldenbourg, München 1897.
- [2] BÖTTGER, P., und M. WEYER: „Geschichte der Familie Flender“; 2 Bde.; Bocholt 1957 und 1961.
- [3] DENZEL, P.: „Dampf- und Wasserkraftwerke“; Hochschultaschenbücher, Bd. 300/300a; Bibliographisches Institut, Mannheim 1967.
- [4] “Exposition Internationale d’Electricité Paris 1881 — Administration, Jury, Rapports”; 2 Bde.; Masson, Paris 1883.
- [5] „Hütte — Des Ingenieurs Taschenbuch“; Bd. 1; 18. Aufl.; Ernst, Berlin 1901.
- [6] „Internationale Elektrotechnische Ausstellung; Offizieller Bericht über die — in Frankfurt a.M. 1891“; 2 Bde.; Sauerländer, Frankfurt 1893.
- [7] JUNG-STILLING, J. H.: „Anmerkungen über das Handlungs-Genie Casper Clarenbach“; Elberfeld 1776; Abschrift im Besitz der Erben der Familie Lausberg in Lennep.
- [8] „Kraftübertragung; Die — Lauffen-Frankfurt 1891“; Württembergisches Portland-Cement-Werk, Lauffen am Neckar, etwa 1950.
- [9] LUEGER, O.: „Lexikon der Technik“; 2. Aufl.; 8 Bde.; Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart und Leipzig 1908; hier: Bd. 5: Stichwort „Kupplungen“.
- [10] SIEMENS, W.: „Ueber die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne permanente Magnete“; in: „Wissenschaftliche und technische Arbeiten“; 1. Band: Wissenschaftliche Abhandlungen und Vorträge; 2. Aufl.; Springer, Berlin 1889; S. 208 ff.
- [11] WAGENBACH, W.: „Neuere Turbinenanlagen“; Springer, Berlin 1905.
- [12] WINDEL, W.: „Deutsche Elektrizitätswirtschaft“; Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik, Paul Schmidt, Berlin 1939.
- [13] WULFF, C.: „Die Talsperren-Genossenschaften im Ruhr- und Wuppergebiet“; Fischer, Jena 1908.

- [14] RUTZ, W.: Mitteleuropa, Rheinland — Schleifen von Messerklingen in einem Solinger Kotten. Film E 427 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1962.
- [15] RUTZ, W.: Mitteleuropa, Rheinland — Stahlschmieden in einem bergischen Wasserhammer. Film E 484 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1963.
-

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1971 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 173 m, 16 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1970 im Wasserkraftwerk in Kräwinklerbrücke an der Wupper. Veröffentlichung von Herrn Dr.-Ing. R. LAUFEN, Remscheid-Lennep, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dipl.-Ing. H. ADOLF, H. WITTMANN.

Inhalt des Films

Das beschriebene Wasserkraftwerk liegt im Bergischen Land, und zwar in Kräwinklerbrücke bei Remscheid-Lennep. Der Film zeigt, wie man durch Abschneiden einer Flußschleife mit einem Graben für ein Kraftwerk an diesem Graben ein Gefälle verfügbar gemacht hat. Ein Wehr im Oberlauf der Wupper staut das Wasser und leitet es in den Obergraben, der zum Kraftwerk führt. In den Turbinen gibt das Wasser potentielle Energie ab und strömt dann über den Untergraben wieder zur Wupper. Die elektrische Energie aus den Generatoren wird über Freileitungen den Verbrauchern zugeführt.

Man sieht die hydraulischen und elektrotechnischen Einrichtungen des Kraftwerks und die wesentlichen Arbeitsgänge beim In-Gang-Setzen nach einer Entleerung des Obergrabens zu seiner Reinigung: das Fluten des Obergrabens, das Reinigen der Rechen, die Wartung einer Turbine und das Fluten der Turbinenkammer, die Wartung des zugehörigen Generator-Satzes, das Anfahren des Satzes, das Synchronisieren und Belasten des Generators. Beim Synchronisieren müssen die drei charakteristischen Werte der Spannung des neu hinzukommenden Generators und des bereits in Betrieb befindlichen Generators (bzw. des Netzes) im einzelnen verglichen werden. Die Einstellung der Wirkleistung des Generators erfolgt mit Hilfe der „Fink'schen Drehschaufeln“ der Turbine über deren Durchflußmenge. Die Einstellung der Blindleistung erfolgt über die Erregermaschine; da diese weder Wendepole noch eine Kompensationswicklung besitzt, muß statt dessen bei Änderungen der Einstellung zur Vermeidung von Bürstenfeuer der Bürstenapparat verstellt werden.

Summary of the Film

The hydro-electric power station that has been described is in the Bergisches Land, at Kräwinklerbrücke near Remscheid-Lennep. The film shows how by using a canal to cut off a loop in a river it was possible to make an incline available for a power station situated on the canal. A dam on the upper course of the Wupper stores up the water, which then flows into the upper canal leading to the power station. The water supplies potential energy in the turbines and flows back to the Wupper via the lower canal. The electric energy from the generators is conducted via overhead cables to the consumers.

The hydraulic and electro-technical installations of the power station are shown, and the most important phases of operation as the station is starting up again after the upper canal has been emptied for cleaning: one sees the flooding of the upper canal, the way in which the rake is cleaned, a turbine serviced and the turbine chamber flooded, one also sees the servicing of the respective generator, the way in which he is started up, and the way in which the generator is synchronized and loaded. During synchronization the three characteristic values of the tension of the new generator which is being added, and the generator (or network) which is in operation already, have to be compared with each other individually. The active current of the generator is regulated by means of the „Fink'sche Drehschaukeln“ of the turbine thus influencing the amount of liquid flowing through the turbine. The reactive current is regulated using the exciter. As this latter has neither commutating poles nor a compensation winding, the brush apparatus has to be adjusted if the regulation of the current is altered. This is done in order to avoid the brushes firing.

Résumé du Film

La centrale hydraulique qui est décrite ici se trouve dans le Bergisches Land, exactement à Kräwinklerbrücke, près de Remscheid-Lennep. Le film montre comment, ayant coupé une boucle de la rivière au moyen d'un fossé, il a été possible d'obtenir une dénivellation suffisante pour faire fonctionner une usine hydraulique sur les bords de ce fossé. Un barrage sur le cours supérieur de la Wupper sert à accumuler l'eau et à la diriger vers le fossé supérieur qui mène à la centrale hydraulique. L'eau perd de son énergie potentielle dans les turbines, puis rejoint la Wupper en empruntant le fossé inférieur. L'énergie électrique produite par les générateurs est transportée aux consommateurs par des lignes aériennes.

On voit les installations hydrauliques et électrotechniques de la centrale électrique, ainsi que les principales phases de sa mise en marche, après que le fossé supérieur ait été vidé et curé: la montée de l'eau dans le fossé supérieur, le nettoyage des grilles amont, l'entretien d'une turbine et l'inondation de la chambre des turbines, l'entretien du bloc de machines qui s'y rattachent, la mise en marche de ce bloc, la synchronisation et la charge du générateur. Pour effectuer la synchronisation, il est nécessaire de comparer chacune des trois valeurs caractéristiques de la tension du générateur qui va être mis en service avec celles du générateur (ou du réseau) qui fonctionne

déjà. Le réglage de la puissance efficace du générateur se fait à l'aide des "palettes ratatives de Fink" (Fink'sche Drehschaufeln) de la turbine, en se servant du débit. Le réglage de la puissance déwattée du générateur a lieu par le truchement de l'excitatrice; étant donné que celle-ci ne possède ni pôle de commutation, ni bobinage de compensation, il convient de déplacer le dispositif à brosses chaque fois que l'on modifie le réglage, afin d'éviter que les brosses ne fassent feu.