 **ENCYCLOPAEDIA
CINEMATOGRAPHICA**

FILM E 2423

**Wasserkraftwerk Oldau an der Aller
(Baujahr 1911)**

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM • GÖTTINGEN

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
**TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN**

SERIE 7 · NUMMER 2 · 1980

FILM E 2423

**Wasserkraftwerk Oldau an der Aller
(Baujahr 1911)**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch), 16 mm, schwarzweiß, 184 m, 17 min (24 B/s). Hergestellt 1973, veröffentlicht 1979.

Das Filmdokument ist für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Die Aufnahmen entstanden, unterstützt aus Mitteln der Forschungsförderung des Niedersächsischen Zahlenlottos, durch D. LUCKMANN, Bovenden bei Göttingen, in Zusammenarbeit mit dem Historischen Seminar der Technischen Universität Hannover, Prof. Dr. W. TREUE, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dipl.-Ing. H. ADOLF.

Zitierform:

LUCKMANN, D., W. TREUE und INST. WISS. FILM: Wasserkraftwerk Oldau an der Aller (Baujahr 1911). Film E 2423 des IWF, Göttingen 1979. Publikation von D. LUCKMANN, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 7, Nr. 2/E 2423 (1980), 20 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

D. LUCKMANN, Breslauer Str. 3, 3406 Bovenden bei Göttingen.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion MEDIZIN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgeber: H.-K. GALLE · Schriftleitung: E. BETZ, I. SIMON

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (0551) 21034

DETLEV LUCKMANN, Bovenden bei Göttingen, WILHELM TREUE, Hannover, und
INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM, Göttingen:

Film E 2423

Wasserkraftwerk Oldau an der Aller (Baujahr 1911)

Verfasser der Publikation: DETLEV LUCKMANN

Mit 6 Abbildungen und 2 Tabellen

Inhalt des Films:

Wasserkraftwerk Oldau an der Aller (Baujahr 1911). Nach Beschreibung der Außenanlagen, wie Schleuse, Seilfähre, Wehr und Krafthaus erfolgt nach Wartungsarbeiten an den Holzkämmen der Übersetzungsgetriebe die Inbetriebnahme des mechanischen Teils des Kraftwerks. Nach Füllen der Turbinenkammer und Anlaufen des Generators mit einer Turbine erfolgt Zuschalten einer zweiten Turbine. Bei diesen Vorgängen werden die Schwierigkeiten einer Wasserkraftnutzung bei geringer Fallhöhe erläutert.

Summary of the Film:

Hydro-Electric Works on the Aller (Built 1911). After a description of the outside facilities, such as locks, rope ferry, weir and power house, the mechanical section of the power works goes into operation after repair work on the wooden cogging of the step-up gear. After filling of the turbine chambers and start of the generator with one turbine, a second turbine is connected. During these procedures the difficulties involved in the utilization of water power when the height of fall is low are explained.

Résumé du Film:

Centrale hydroélectrique d'Oldau sur l'Aller (année de construction 1911). Après la description des installations extérieures telles qu'écluse, traille, déversoir et usine génératrice, la partie mécanique de la centrale est mise en service au terme de travaux d'entretien effectués sur les comes en bois des réducteurs. Après le remplissage du sas de turbine et le démarrage du générateur à l'aide d'une turbine, une seconde turbine est connectée. Ces opérations s'accompagnent d'une explication sur les difficultés d'utiliser la force hydraulique lorsque la hauteur de chute est faible.

Allgemeine Vorbemerkungen

Die Aller

Die Aller, der größte Nebenfluß der Weser, entspringt bei Magdeburg und ist 267 km lang. Sie fließt weitgehend durch norddeutsches Flachland, nur im Oberlauf wird Hügelland berührt. Der seit altersher schiffbare Teil zwischen Celle und der Mündung in die Weser, unterhalb von Verden, ist 117 km lang bei einem Fließgefälle von 25 m. Eine Schifffahrt von Bremen nach Braunschweig wird zuerst 1227 urkundlich erwähnt. Sie erlebte auf der Aller und den Nebenflüssen Oker und Leine im 14. und 15. Jahrhundert eine Blütezeit. Die Fortbewegung der Schiffe geschah meist durch Treideln, Staken oder Treibenlassen. Ferner wurde auf der Aller über Jahrhunderte gefloßt. Sie war immer ein schwieriges Fahrwasser, weil feine Sände vom Flußgrund sich bei jedem Hochwasser verlagerten. Durch einfache Wasserbaumaßnahmen konnte erreicht werden, daß die Aller bis Celle und die Leine bis Hannover regelmäßig befahren werden konnten. Dagegen hörte die Schifffahrt auf der Oker nach dem 15. Jahrhundert auf. Das Königreich Hannover förderte besonders Aller und Leine, während die Weser durch ihre Randlage wenig Beachtung fand. Nach Entwicklung des Eisenbahnwesens trat auf den Binnenwasserwegen in der Schifffahrt alten Stils ein Wandel ein, der wegen der schlechten Fahrwasserhältnisse nach 1860 zum Ende der Allerschifffahrt führte. Auch der Einsatz von Dampfbaggern der Königlich-Preussischen Wasserbauinspektion Celle vor der Jahrhundertwende änderte nichts daran. Nur der Schiffsverkehr zwischen Bremen und Hannover konnte durch Baumaßnahmen an der Leine aufrechterhalten werden. Ein großzügiger Plan von 1893 zum Ausbau der Leine kam nicht zur Ausführung, weil durch Preußen der Bau des Mittellandkanals erfolgte, der Hannover 1914 erreichte. Damit hatte die Leine als Wasserweg keine Bedeutung mehr (vgl. FRANZIUS [4], LUDIN [11], LOBE [13]). (Mehr über das Landschaftsbild des Allerraums siehe bei SEEDORF [17] und SCHRADER [18].)

Für die Aller sollten sich die Verhältnisse um 1900 ändern. Bei Wietze erfolgte 1859 die erste Erdölbohrung in Europa, mit der Förderung begann man 1878. Ferner entdeckte man bei Steinförde abbauwürdige Kalisalzlagerstätten (FRICKE [5]). Diese Bodenschätze belebten die Wirtschaft der nahen Stadt Celle. Daher setzten sich der Fabrikant und spätere Senator aus Celle, A. HAAKE, und der Direktor des Norddeutschen Lloyds in Bremen, Dr. H. WIEGAND für einen Ausbau der Aller ein. Da die Schleppschiffahrts-Gesellschaften der Weser für die Aller nicht gewonnen werden konnten, gründete HAAKE 1898 mit Beteiligung des Norddeutschen Lloyds die „Celler Schleppschiffahrts-Gesellschaft“, die eine sorgenvolle Zukunft haben sollte. HAAKE und WIEGAND erreichten mit Befürwortung von L. SYMPHER, dem Erbauer des Mittellandkanals, daß das preussische Arbeitsministerium in Berlin einen Plan für die Korrektur der Aller aufstellte. Die Stadt Celle sollte Garantien zur Verzinsung der Baukosten übernehmen und fand dabei Unterstützung durch Bremen und Braunschweig. Zwischen Preußen und Celle wurde 1908 ein Vertrag geschlossen, in dem es heißt: „Seitens des Preussischen Staates wird die Allerstrecke von Celle bis zur Leinemündung nach Maßgabe des seitens der Königlich-Preussischen Bauverwaltung aufgestellten Projektes unter Einbau von vier Staustufen

Preußischen Bauverwaltung aufgestellten Projektes unter Einbau von vier Staustufen kanalisiert und in diesem Zustand betriebsfähig unterhalten. Es wird dabei das Ziel angestrebt, bei mittlerem Niedrigwasser eine durchgehende Fahrwassertiefe von 1,50 Metern zu erhalten.“ Die Stadt Celle erhielt das Recht, den Stau der vier Stufen (Oldau, Bannetze, Marklendorf, Hademsdorf) zur Gewinnung elektrischer Energie zu nutzen. Die Bauarbeiten begannen unmittelbar; die Schleusen, als Schleppzugschleusen von 165 m Länge und 10 m Torweite ausgeführt, wurden in den Jahren 1910–1916 fertig. Es können 600-t-Schiffe fahren. Preußen erfüllte zwar den Vertrag, aber die vorgesehene Wassertiefe wurde nicht überall erreicht. Sandverlagerungen machten weiterhin Schwierigkeiten. Die Baukosten betrugen statt der veranschlagten 3,8 insgesamt 6 Mio. Mark. Die Schifffahrt war mit der Bauausführung unzufrieden, weitere Verzögerungen brachte der erste Weltkrieg. Dann erfolgte noch der Umbau einiger Brücken, z. B. wurde die Eisenbahnbrücke bei Schwarmstedt angehoben. Nach dem Tode von WIEGAND verlor Bremen das Interesse. Allein konnte die Stadt Celle das volle Ziel des Allerausbaus gegenüber



Abb. 1. Wasserkraftwerk mit Wehr in 3031 Buchholz (Aller)–Marklendorf, 1973, Kraftwerk 1974 abgebrochen

Preußen nicht mehr durchsetzen. Eine wirkliche Nutzung der Wasserstraße ergab sich nicht, weil sich entlang der Aller keine wirtschaftlichen Schwerpunkte bildeten. Der Hafen Celle hatte ein gewisses Ladungsaufkommen. Die Ratsmühle Celle und das Dampfkraftwerk Oldau bezogen z. T. Getreide bzw. Kohle über die Aller. Die erhofften Öltransporte blieben aus. Versuche, den Frachtverkehr nach 1945 trotz Wettbewerb gegen Bahn und Straße wieder zu beleben, blieben erfolglos (LUDIN [11], LÖBE [13], N. N. [20]).

Der schiffbare Teil der Aller ist heute Bundeswasserstraße und wird durch das Wasser- und Schiffsamt Verden unterhalten. Sie dient jetzt vorwiegend der Sportschifffahrt und ist ein reizvoller Wasserweg. Nur im Raum Verden erfolgt noch wenig gewerblicher Frachtverkehr. Saisonabhängig findet Fahrgastschifffahrt von Celle aus statt (BENJA [1]). Der Wasserabfluß an den vier Stufen erfolgt über bewegliche Schützenwehre, deren frühere Handbedienung durch elektrischen Motorantrieb ersetzt wurde. In Oldau und Marklendorf wurden bis 1972 Wasserkraftwerke betrieben, die für die Wasserhaltung sorgten. Bei Hochwasser müssen dort die breiten Stoney-Wehre gezogen werden, während bei den anderen Stufen die Nadelwehre gelegt werden müssen. Heute nach Stilllegung der Kraftwerke wird in den Wintermonaten die Stauhaltung aufgehoben; die Schifffahrt ruht. Abb. 1 zeigt die Oberwasserseite der Wehranlage Marklendorf mit dem Kraftwerk bei aufgehobener Stauhaltung. Das Dach der Maschinenhalle wurde durch den Sturm am 19. 11. 1972, wenige Wochen nach Stilllegung des Kraftwerks, abgedeckt. Entlang der Aller wurde 1903 zusätzlich zu den vorhandenen Hauptlinien eine Bahnstrecke von Celle über Schwarmstedt und Rethem nach Dörverden eröffnet. Der Abschnitt Wietze-Rethem wurde vor einigen Jahren stillgelegt und abgebaut. Auf den Reststrecken erfolgt nur noch Güterverkehr.

Die Anfänge der Elektrizitätswirtschaft Preußens

Beim Bau des Mittellandkanals durch den preußischen Staat mußte zur Speisung des Kanals mit dem Wasser der Weser an der Kreuzungsstelle bei Minden eine Pumpstation gebaut werden. Die notwendige elektrische Energie lieferte ab 1911 das an der Weser errichtete Wasserkraftwerk mit Dampfaushilfe in Dörverden. Der Überschußstrom wurde an Abnehmer entlang der Stromübertragungsleitung verkauft. So erfolgte der Eintritt Preußens in die Energiewirtschaft (VAN HEYS [6]). Bremen plante 1903 eine weitere Vertiefung der Unterweser zwischen Bremen und Bremerhaven. Dadurch änderten sich die Abflußverhältnisse der Weser, die den Bau des „Weserwehrs“ durch die Hansestadt Bremen erforderlich machten. So konnte eine weitere Erosion und Grundwasserabsenkung oberhalb Bremens verhindert werden. Die Gezeitengrenze befindet sich seitdem an dieser Staustufe bei Hemelingen. Sie wurde mit einem Wasserkraftwerk zur Gewinnung elektrischer Energie versehen, das 1911 in Betrieb ging. Ferner versuchte Bremen eine Kanalisierung der Mittelweser unter Einbau mehrerer Staustufen zwischen Bremen und Minden durch Preußen zu erreichen. Man befürchtete eine weitere Verschlechterung des Fahrwassers durch die Entnahme von Wasser für den Kanal. Statt dessen wurden durch Preußen die Diemel- und Edertalsperre errichtet, um eine höhere Wasserführung der Weser in regenarmen Zeiten zu erreichen. Dieses führte auch zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Oberweser, ferner wurden die Talsperren mit Kraftwerken versehen. Preußen errichtete das Laufwasserkraftwerk „Letzter Heller“ an der Werra und beim Ausbau des Mains zur Wasserstraße noch drei weitere Anlagen. Man gründete unter preußischer Beteiligung mehrere Gesellschaften, die die Stromerzeugung aus diesen Anlagen betrieben. Zweckverbände übernahmen die Verteilung an die Abnehmer. Der preußische

Landtag beschloß 1918 den Bau des Dampfkraftwerks Ahlem bei Hannover. Durch die Lage direkt am Mittellandkanal konnte die Kohle billig herangeschafft werden. Dann kam es zum Ankauf der „Gewerkschaft Anspach“, einer verlassenen Braunkohlengrube bei Borken im Bezirk Kassel. Vom bisherigen Tiefbau ging man auf Tagebau über. Bereits 1923 kam die erste Ausbaustufe des dortigen Kraftwerks in Betrieb. Ein Leitungsnetz von Dörverden im Norden bis zum Main im Süden wurde zur Verbindung der genannten Anlagen errichtet. Durch Zusammenschluß mehrerer Gesellschaften entstand mit Wirkung vom 1. 11. 1927 die „Preußische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft“, auch „Preußenelektra“ genannt. Auf diese neue Gesellschaft gingen alle Interessen des preußischen Staates über, die mit der Elektrizitätswirtschaft zusammenhingen (VAN HEYS [6], KATZ-FOERSTNER [7], LIPPERT et al. [10]).

Erst nach dem zweiten Weltkrieg erfolgte der Ausbau der Mittelweser. Die Wasserkraftwerke unterstehen der Betriebsstelle Nordwest der Preußenelektra in Dörverden. Dazu gehörten auch die beiden Wasserkraftwerke der Aller, die von 1930 bis 1972 von der Preußenelektra betrieben wurden. Die Anlagen in Bremen und Geesthacht sind die größten Laufwasserkraftwerke im norddeutschen Flachland, wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist. Die Staustufe Geesthacht mußte aus den gleichen Gründen, wie das Weserwehr rund 50 Jahre vorher, gebaut werden. Beide Kraftwerke arbeiten mit wechselndem Gefälle, weil Ebbe und Flut sich bis dorthin auswirken (vgl. LÖBE [12], [13], MOSONYI [14]).

Die Ausbauleistung der Laufwasserkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland, einschließlich der für die deutsche Elektrizitätsversorgung in Anspruch genommenen ausländischen Wasserkräfte, betrug 1975 rund 2700 MW (s. BISCHOFF u. GOCHT [2]).

Tab. 1: Laufwasserkraftwerke im norddeutschen Flachland (zur öffentlichen Stromversorgung), Stand 1972¹.

	Fluß	Ausbau- leistung in kW	Mittlere Jahresarbeit in Mio. kWh
Hamburger Elektrizitäts-Werke (HEW):			
Geesthacht	Elbe	20 000	130
Stadtwerke Bremen:			
Bremen-Hemelingen	Weser	8 400	42
Preußenelektra:			
Langwedel	Weser	6 040	30
Dörverden	Weser	4 650	22
Drakenburg	Weser	5 400	28
Landesbergen	Weser	5 970	34
Schlüsselburg	Weser	4 500	30
Petershagen	Weser	3 360	17
Marklendorf	Aller	860	3
Oldau	Aller	430	2

¹ Nach [13] und Mitteilung der Preußenelektra

Die Allerzentralen der Stadt Celle

Die Starkstromtechnik begann 1866 mit der Erfindung der Gleichstrommaschine mit Dynamoprinzip durch WERNER V. SIEMENS. Die ersten Anwendungen folgten ab 1880 vorwiegend für Beleuchtungszwecke. Ab 1890 fand die Drehstromtechnik zunehmend Anwendung, als durch OSCAR V. MILLER die Übertragung von Kraftstrom über eine 178 km lange Leitung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt demonstriert wurde. Zuerst bildeten sich in den Städten kleine elektrische Zentralen, die einzelne Stadtbezirke mit Gleichstrom versorgten. Als Kraftmaschinen kamen zunächst nur Kolbendampfmaschinen zur Anwendung. Die Einzelleistungen stiegen schnell von 100 auf 1000 kW, weil man größere Generatoren bauen konnte. Ungefähr ab 1900 führte die Entwicklung zur Zusammenfassung mehrerer Städte und Gemeinden zu einem Versorgungsgebiet. Es entstanden die sogenannten Überlandzentralen, weil man inzwischen die elektrische Energie in der Drehstromtechnik über größere Entfernungen übertragen konnte. Die Elektrizitätswirtschaft lag am Anfang meist in Privathänden, doch später begannen die Kommunen und die Länder sich zu beteiligen. Besonders wurde dann zur öffentlichen Stromversorgung die Wasserkraft eingesetzt, während vor 1900 sie hauptsächlich der Versorgung von Industriebetrieben diente. Die Kraftzentralen blieben aber Inselbetriebe. Der Stromaustausch großen Ausmaßes entwickelte sich nach dem ersten Weltkrieg, begünstigt durch das Elektrizitätsgesetz des Deutschen Reiches vom 31. 12. 1919 (vgl. VAN HEYS [6], KATZ-FOERSTNER [7], LIPPERT et al. [10], LUDIN [11], RÜBBERDT [16]).

Im Zusammenhang mit der Allerkanalisierung entstanden die „Allerzentralen der Stadt Celle“. Dieses kommunale Energieversorgungsunternehmen nahm 1909 die erste Ausbaustufe ihres Dampfkraftwerkes Oldau (4 Wasserrohrkessel mit selbsttätiger Kettenrostfeuerung, 3 Turbinen mit je 500, 1000 und 1000 kW Dauerleistung) in Betrieb. Die Kohle kam über die Bahn. Zuerst wurden die Stadt Celle und die Ölfelder um Wietze angeschlossen, auch die Kaliindustrie um Steinförde hatte einen Bedarf an elektrischer Energie. Die Ölgesellschaften verpflichteten sich anfangs jährlich 4,5 Mio. kWh abzunehmen. Bisher mußten zum Antrieb ihrer vielen Pumpen zahlreiche Lokomobile eingesetzt werden. Für die Allerzentralen war dieser gleichmäßige Stromabsatz sehr günstig. Wegen erhöhten Bedarfs mußte die Dampfzentrale bald erweitert werden. Das Wasserkraftwerk Oldau wurde zwar 1911, aber die Anlage in Marklendorf, bedingt durch die Kriegseignisse, erst 1918 fertig. Dagegen verzichtete man auf eine Wasserkraftnutzung der anderen beiden Stufen wegen zu geringer Fallhöhe. Die drei Kraftstationen wurden durch eine 15 kV-Leitung miteinander verbunden und versorgten über ein 1200 km langes Leitungsnetz rund 600 Ortschaften in den Landkreisen Celle, Uelzen und Fallingb. mit Strom. Ferner wurde die Stadt Celle und das Industriegebiet um Wietze–Steinförde versorgt. Eine 60 kV-Leitung führte von Oldau bis nach Lüchow. Die Allerzentralen erzielten ein gutes wirtschaftliches Ergebnis, besonders weil die Wasserkraftwerke im Zusammenhang mit dem Allerausbau kostengünstig erstellt werden konnten. Die Gemeinden bezogen damals (um 1915) den Lichtstrom für 40 und den Kraftstrom für 16 Pfg./

kWh. Für landwirtschaftlichen Kraftstrom war dies seinerzeit ein niedriger Satz (LUDIN [11], SLOTTA [19]).

Durch den Ausbau der Verbundwirtschaft (BOLL [3], VAN HEYS [6]) änderten sich die Verhältnisse grundlegend. Die Stadt Celle verkaufte daher ihre Allerszentralen und fast ihr gesamtes Leitungsnetz für 5,7 Mio. RM an die Preußenelektra. Das Kohlekraftwerk, das vorher noch auf 13 MW Leistung erweitert worden war, wurde 1932 stillgelegt (Abb. 2) und einige Jahre später abgebrochen. Die Stromerzeugung

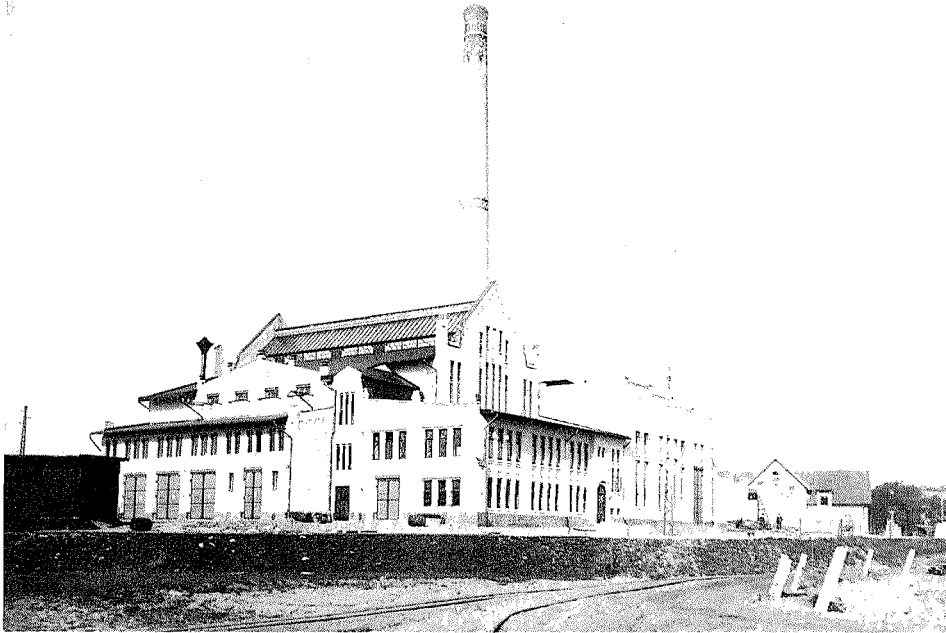


Abb. 2. Kohlekraftwerk Oldau, Blickrichtung WSW, abgebrochen nach 1932.

aus Kohle in so kleinen Anlagen war unrentabel geworden. Heute erinnern die Arbeiterwohnhäuser und Teile des Umspannwerkes an das frühere Kohlekraftwerk (siehe Lageplan Abb. 3).

Die beiden Wasserkraftwerke wurden weiterbetrieben. Die früheren Pachtverträge mit dem preußischen Staat, 1921 auf die Reichswasserstraßenverwaltung übergegangen, wurden von der Preußenelektra übernommen. Im Jahre 1948 gelangten die Anlagen in Bundesbesitz.

Der Aufbau der Kraftwerke war im Prinzip gleich. Der mechanische Teil wurde seinerzeit von der Firma Amme, Giesecke und Konegen in Braunschweig geliefert, die elektrische Einrichtung stammte von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG). Das Kraftwerk Oldau, dessen Turbinenanordnung in Abb. 4 dargestellt ist, ist mit 3 einflutigen, stehenden Francis-Turbinen ausgerüstet worden, die gemeinsam auf eine geteilte horizontale Welle den Generator antreiben. Die

Kupplungen auf der Vorgelegewelle können während des Laufs betätigt werden. Die Glockenräder der Getriebeübersetzungen arbeiten im Untergriff und sind mit Holzkämmen ausgerüstet. Ein Getriebe konnte wegen der ungünstigen Gefälleverhältnisse an der Aller, wie am Beispiel Oldau später noch dargelegt, nicht vermieden werden. Sonst sah man beim Bau von Wasserkraftwerken meist den

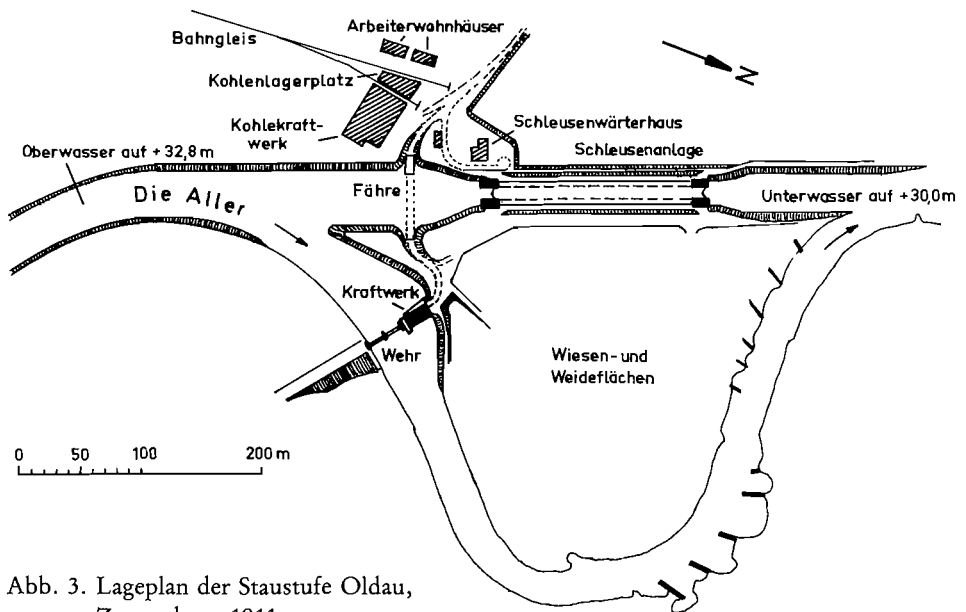


Abb. 3. Lageplan der Staustufe Oldau, Zustand um 1911

Direktantrieb des Generators vor. Erst die Notwendigkeit der Drehzahluntersetzung bei den Schiffsturbinenanlagen führte zur Entwicklung von im Ölbad laufenden Getrieben durch die Industrie (vgl. VAN HEYS [6], S. 124). Das Kraftwerk Marklendorf hatte ein Wassereinzugsgebiet von 15 000 km² und war mit 4 Turbinen ausgerüstet. Die Fallhöhe betrug im Sommer 3,0 m, im Winter lag das Stauziel 0,2 m höher. Bei Mittelwasser standen 54 und bei mittlerem Niedrigwasser 12 m³s⁻¹ zur Verfügung (LIPPERT et al. [10]). Die Staustufe Oldau hat bei einem Gefälle von 2,8 m ein Einzugsgebiet von 5 800 km². Bei beiden Kraftwerken mußten die Einlaufverluste möglichst gering gehalten werden. Die Einlaufquerschnitte wurden daher entsprechend dimensioniert. Die Schwelle vor dem Einlauf (siehe Abb. 4b) sollte Schwemmsand abhalten. Mehr über die Bauausführung des Kraftwerkes Oldau siehe bei LUDIN [11], S. 323–335.

Um den Personalstand von 4 auf 2 Mann je Kraftwerk zu senken, erfolgten ab 1963 Umbauten. Es erhielten z. B. zum zeitweise unbeaufsichtigten Betrieb wichtige Lager Temperaturwächter, die beim Heißlaufen ein Abschalten des Generators vom Netz auslösen konnten. Bei der dann folgenden Drehzahlerhöhung erwirkte ein Fliehkraftregler die Stillsetzung der Anlage. Über eine Transmission wurden mit der Rotationsenergie die Drehschaufeln der Turbinen so verstellt, daß die Wasserzufuhr

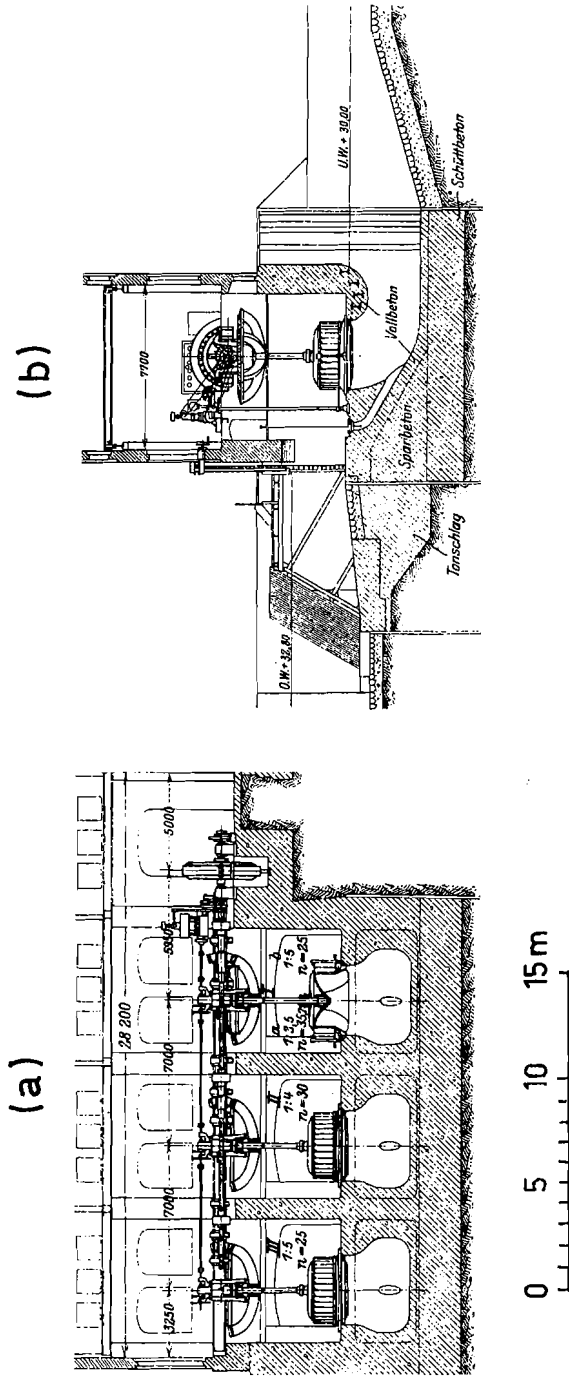


Abb. 4. Wasserkraftwerk Oldau. Anordnung der Turbinen mit Generator. Längsschnitt (a) und Querschnitt (b)

unterbunden wurde. Bei unzulässigen Abweichungen des Oberwasserstandes konnte durch Niveauschalter ein Wärter mit einer Klingel in seiner Wohnung alarmiert werden. Diese Einrichtung ist in Oldau infolge Generatorschäden und folgender Abschaltung in rund 10 Jahren nur zweimal ausgelöst worden. Ein störungsfreier Betrieb dieser alten Anlagen setzte eine sorgfältige Wartung voraus. Die Wasserzufuhr zu den Turbinen wurde weiterhin von Hand eingestellt. Die früheren Ölhydraulikregler zur Konstanzhaltung der Generatordrehzahl (in Abb. 4 noch eingezeichnet) wurden ausgebaut. Sie waren überflüssig geworden, als die Kraftwerke in einem größeren Verbund liefen und die Netzfrequenz festlag. Auch änderte man im Laufe der Zeit Teile der elektrischen Einrichtung, wie Transformatoren, Schalter usw. Die Generatoren mußten neu gewickelt werden, aber sonst blieben die Kraftwerke im Originalzustand. Zur Arbeitserleichterung des Bedienungspersonals wurden 1966 Rechenreinigungsanlagen beschafft, da der Betrieb zur Vermeidung von Gefälleverlusten eine sorgfältige Reinigung des Einlaufrechens erforderte.

Die Stromerzeugung der beiden Allerkraftwerke war im Verhältnis zu den Weserkraftwerken der Preußenelektra gering, wie die Tabelle 1 zeigt. Bei einem längerfristigen Weiterbetrieb hätte man, wie in Dörverden bereits erfolgt, größere



Abb. 5. Wasserkraftwerk in 3101 Hambühren-Oldau 1973

Investitionen vornehmen müssen. Man verzichtete daher ab 1. 10. 1972 auf einen Weiterbetrieb. Zuletzt mußte ein Wasserzins von 0,0025 DM pro erzeugte kWh von der Preußenelektra an die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hannover gezahlt werden. Das ihr unterstehende Amt Verden wurde mit dem Abbruch der Kraftwerke beauftragt. Durch eine Verfügung der Bezirksregierung Lüneburg, die die Anlage in Oldau unter Denkmalschutz stellte, konnte deren Abbruch verhindert

werden. Privatpersonen beabsichtigen das Wasserkraftwerk unter Erhaltung der technischen Einrichtung wieder zu betreiben. Der erzeugte Strom soll wieder in das Verbundnetz eingespeist werden, ferner ist eine Besichtigungsmöglichkeit vorgesehen. R. SLOTTA [19] stellt fest: „Man muß das Oldauer Wasserkraftwerk den technischen Denkmälern von nationaler Bedeutung zurechnen. Es ist mit seiner originalen maschinellen Ausstattung und seiner qualitätvollen Architektur ein gutes Beispiel einer Energieerzeugungsanlage aus den ersten Jahren dieses Jahrhunderts; mit den vergleichbaren Anlagen in Kassel (Wasser- und Elektrizitätswerk Neumühle) und Rosenheim (Wasserwerk Hofmühle) kommt ihm eine überregionale Bedeutung zu.“ Abb. 5 zeigt das Kraftwerksgebäude in Oldau. Im Gebäudeteil vorn ist die Schalt- und Transformatorstation untergebracht, dahinter befindet sich die Maschinenhalle. Das Gebäude mit dem Wappen der Stadt Celle an einer Stirnseite ist kaum verändert, nur das große Eingangstor wurde z. T. zugemauert und durch eine kleinere Tür ersetzt. Das leistungstärkere Wasserkraftwerk Marklendorf wurde 1974 abgebrochen.

In Wietze wurde 1970 von der Deutschen Texaco A. G. ein Erdölmuseum gegründet und der Gemeinde als Geschenk übergeben. Es umfaßt neben einem Ausstellungsraum ein ausgedehntes Freigelände, in dem ein Teil des Erdölgebietes um Wietze so erhalten ist, wie es bis 1963 in Betrieb war (RÖHRBEIN [15]). Im Zusammenhang mit dem Wasserkraftwerk Oldau läßt sich die wirtschaftliche und technische Entwicklung in diesem Gebiet nachvollziehen.

Die Bauvarianten des Wasserkraftwerkes Oldau

Das Kraftwerk mit Wehr wurde in einer Flußkrümmung der Aller errichtet und bildet zusammen mit der Schleuse die Stauanlage (siehe Lageplan Abb. 3). Es liegen hier besonders ungünstige Verhältnisse für eine Wasserkraftnutzung vor. Bei einem Niederschlagsgebiet, wie bereits erwähnt, von 5800 km^2 liegen hier Abflusssmengen von $2,1\text{--}142 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ vor, entsprechend $0,36\text{--}25,5 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Das mittlere Niedrigwasser weist eine Wasserführung von $8,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ auf. Bei höherer Wasserführung entsteht infolge des geringen Fließgefälles der Aller im Unterwasser ein Rückstau, der zu einer beträchtlichen Verminderung der Nutzfallhöhe führt (siehe Diagramm Abb. 6). Nach LUDIN [11] hat man damals 5 Varianten (a–e) zur Bauausführung untersucht. Sie sind in der Tabelle 2 und im Diagramm aufgeführt und sahen z. T. zur besseren Anpassung an die Fallhöhen unterschiedliche Übersetzungen zur Generatordrehzahl von 125 min^{-1} vor. Aus Kostengründen mußten gleiche Turbinenlaufräder vorgesehen werden. Das Wechselgetriebe an der Turbine I (Variante d) ermöglichte eine Verwendung bei kleinem Wasser (Übersetzung $1:3,5 = \text{Turbinendrehzahl } 35,8 \text{ min}^{-1}$) und bei Hochwasser ($1:5 = \text{Drehzahl } 25 \text{ min}^{-1}$). Bei höherer Wasserführung hat man bei kleiner Fallhöhe nur geringe Wassergeschwindigkeiten, die nur niedrige Drehzahlen der Laufräder erlauben. Die Variante e) hätte wegen der aufwendigen elektrischen Ausrüstung die höchsten Baukosten verursacht, auch wären die Generatoren unterschiedlich belastet worden. Tatsächlich gebaut wurde dann die Variante d) mit einer Generatorleistung von 450 kW. Die Fläche unter der Kurve d) ergibt eine

mittlere Jahresarbeit von 2,3 Mio. kWh. Es konnte aus damaliger Sicht nur eine großräumige und langsam laufende Francis-Turbine zur Anwendung kommen. Das Untersetzungsgetriebe war also unvermeidbar.

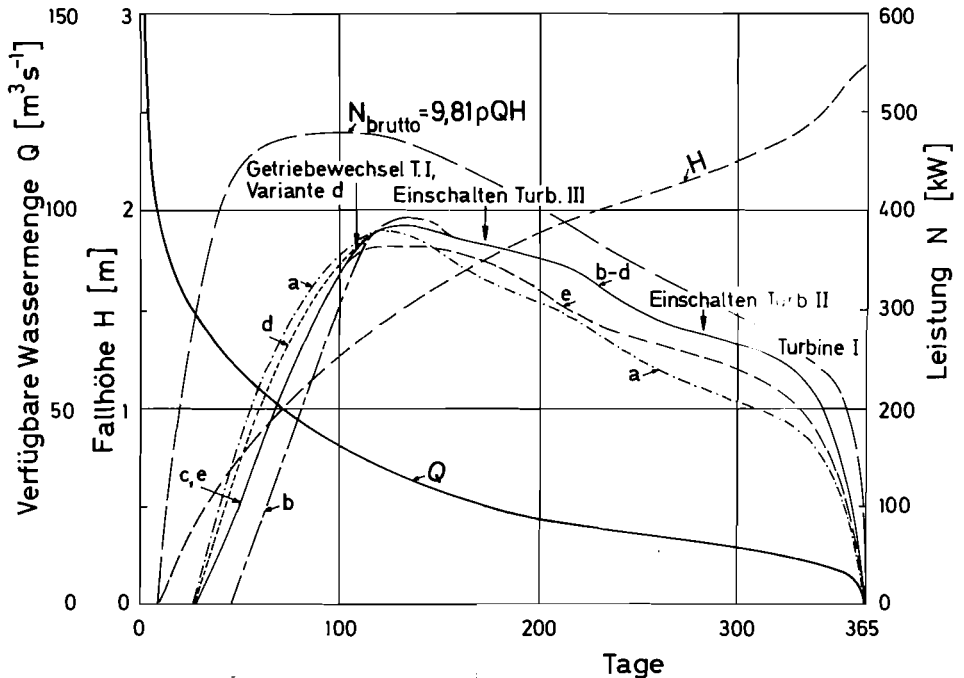


Abb. 6. Wasserkraftwerk Oldau. Verfügbare Wassermenge, Fallhöhe, Bruttoleistung und Nutzleistung der Varianten (a–e) eines Mitteljahres. Leistungsberechnung mit heute üblichen Formelzeichen: P [W] = $\eta mgh/t$ [$kg\ m^2\ s^{-3}$]. Erläuterungen im Text

Tab. 2: Untersuchte Varianten für die Bauausführung des Wasser-Kraftwerkes Oldau (aus LUDIN [11]).

Variante	Getriebeübersetzungen		
	Turbine I	Turbine II	Turbine III
a	1:5	1:5	1:5
b	1:3,5	1:3,5	1:3,5
c	1:3,5	1:4	1:5
d	1:3,5 u. 1:5 Wechselgetriebe	1:4	1:5
e	1:3,5	1:4	1:5

Ausführung a–d: 3 Turbinen arbeiten gemeinsam auf einen Generator mit 370 kW Leistung.
 Ausführung e: 3 Turbinen arbeiten auf je einen Generator mit je $\frac{370}{3}$ kW Leistung.

Der Betrieb des Kraftwerkes Oldau geschah folgendermaßen: Nach Stillstand wurde z. B. bei geringer Wasserführung mit Turbine I der Generator auf seine richtige Drehzahl gebracht und nach Phasenvergleich dem Netz parallel geschaltet. Die Wasserzufuhr zur Turbine wurde dann entsprechend dem Wasserangebot

eingestellt. Bei steigendem Wasserangebot wurde Turbine II und später auch Turbine III zugeschaltet (siehe Diagramm Abb. 6). Bei weiter abnehmendem Gefälle arbeitete die Turbine I immer ungünstiger. Bei 0,8 m Fallhöhe hatte sie bei einer Übersetzung von 1:3,5 ihre Grenze erreicht. Nach Auskuppeln wurde im Stillstand die Übersetzung umgestellt. Die Turbine I entsprach somit der Turbine III und wurde der laufenden Anlage wieder zugeschaltet. (Ein Bild eines Wechselgetriebes dieser Art befindet sich in VAN HEYS [6] S. 123.) Infolge Sohlenvertiefung durch den fließenden Fluß und durch Baggerarbeiten verbesserten sich die Abflußverhältnisse im Unterwasser und das Wechselgetriebe wurde ausgebaut. Heute liegt also Variante c) vor.

Der Betrieb der Turbinen auf eine gemeinsame Welle hatte auch Nachteile, die aber nur wenig Bedeutung besaßen, weil die Anlagen im Verbund mit anderen Kraftwerken liefen. Bei einem Unfall an der Turbine I fielen die anderen Turbinen mit aus. Mit dem 12 t tragenden Hallenkran konnten nach Abbau des horizontalen Wellenstücks mit den Lagern und den hölzernen Zwischenböden die Glockenräder und das Turbinenlaufrad angehoben werden. Bei Ausfall anderer Turbinen konnten dagegen die näher am Generator liegenden Turbinen weiter benutzt werden.

Auf die geschichtliche Entwicklung der Wasserkraftnutzung, und auf die unterschiedlichen Konstruktionsmerkmale der Kraftwerke mit ihren verschiedenen Turbinenbauarten, kann hier nicht weiter eingegangen werden, mehr hierzu in Literatur [6], [10], [11], [14], [19].

Zur Entstehung des Films

Im Jahre 1971 wurde von R. LAUFEN und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film ein Beitrag über ein Wasserkraftwerk im Rheinland [9] veröffentlicht (vgl. [8]). Durch Zufall wurde der Autor auf das Wasserwerk Oldau aufmerksam, deren Abbruch vorgesehen war. Eine Dokumentation erschien sinnvoll. Erst später ergab sich eine Möglichkeit zur Erhaltung der Anlage. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. W. TREUE, Lehrstuhl A des Historischen Seminars der Technischen Universität Hannover, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dipl.-Ing. H. ADOLF, erfolgte die Durchführung des Filmvorhabens. Mit Entgegenkommen des Wasser- und Schiffsamtes Verden und der Betriebsstelle Nordwest der Preußischen Elektrizitäts-AG. in Dörverden; dem Leiter dieser Stelle, K. GÖTTMANN, verdankt der Autor Informationen über den früheren Betrieb; wurde der mechanische Teil des Kraftwerkes Oldau wieder in Betrieb genommen. Einen früheren Wärter stellte das genannte Amt in Verden bzw. dessen Aufsichtsbezirk in Oldau. Die Betriebsstelle in Dörverden schickte einen Werkstattwagen. Auf die Parallelschaltung des Generators mußte wegen fehlender Lastabnahme verzichtet werden. (Diesen Vorgang siehe bei [9].) Auch wurde die Rechenreinigungsanlage und eine Schmierpumpe im Film nicht erfaßt. Das Öffnen der Oberwasserschütze geschah in der früheren Weise von Hand. Die Finanzierung der Dreharbeiten erfolgte aus Mitteln der Forschungsförderung des Niedersächsischen Zahlenlottos. Das Deutsche Schiffahrtsmuseum, Bremerhaven stellte für die Aufnahmen ihren Fotografen als Beleuchter zur Verfügung.

Die Reihe der wissenschaftlichen Filme über historische Wasserkraftanlagen sollte in gewissem Umfang fortgesetzt werden. Noch sind einige interessante Anlagen anderer Bauprinzipien in Deutschland, Österreich und der Schweiz in Betrieb, deren Dokumentation in Filmen nützlich erscheint.

Kamera: Arriflex 16 M; Filmmaterial: Agfa Gevaert Negativ Gevapan 30 und 36. Aufnahme: D. LUCKMANN am 27. 10., 31. 10., 1. 11. und 3. 11. 1973 (Kraftwerkswärter H. PETERS, Wehrbedienung J. ZEWE, Schleusenwärter und Fährmann H. LASS).

Filmbeschreibung

Wortlauf des gesprochenen Kommentars¹

Äußere Anlagen

Krafthaus mit Wehranlage, Schiffsschleuse und Seilfähre

Im Rahmen der Allerkanalisierung wurde an dieser Staustufe das Wasserkraftwerk Oldau errichtet.

In Fahrtrichtung des Bootes befindet sich eine Schleuse, durch die die Schiffe in den Unterwasserlauf gelangen. Mit einer Handkurbel wird ein Schleusentor geöffnet. Nach Passieren einer Fährstelle fährt das Boot in die Schleusenkammer ein. Zur Benutzung der Fähre wird das im Flußboden liegende Seil gespannt. Von der gegenüberliegenden Seite zieht der Schleusenwärter am Seil den Fährprahm herüber.

Am diesseitigen Ufer wartet schon ein Fuhrwerk zum Übersetzen zu den Wiesen am Kraftwerk. Fahrzeuge, aber auch Weidetiere gelangen nur auf diese Weise herüber. Fußgänger können über die Schleusentore gehen.

Im Hintergrund erkennt man das Kraftwerksgebäude. Es liegt auf einer 8 ha großen Insel, die durch den Bau des Schleusenkanals zur Umgebung einer Flußschleife entstanden ist. Die Fähre wird nur für die Anlieger betrieben.

Das Kraftwerksgebäude ragt vom Ufer in den Flußlauf hinein und staut zusammen mit dem Schützenwehr das Wasser. Das breite Schütz kann zur Abführung der großen Hochwasser und bei Eisgang hochgezogen werden.

Durch die kleinen Schütze, die bei Hochwasser ebenfalls in besonderer Weise hochgezogen werden, fließt das gestaute Wasser noch ungenutzt in das Unterwasser ab.

Zwischen Wehr und Kraftwerksgebäude befindet sich auch eine Fischtreppe.

Das nutzbare Gefälle an diesem Kraftwerk beträgt nur 2,80 m. Bei größerer Wasserführung vermindert sich das Gefälle, weil durch den Rückstau das Unterwasser ansteigt.

Der Unterwasserlauf mündet nach 700 m in den Schleusenkanal. Der Pfeil auf dem Schild zeigt in Richtung zur Schleuse.

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

Kraftwerksanlage

Generator und Vorgelegewelle mit darunter angeordneten Kammrädern und Turbinen

Am Kraftwerksgebäude sind die Zahnstangen der Oberwasserschütze zu erkennen. Die Schütze sind noch geschlossen, um Wartungsarbeiten in den Turbinenkammern ausführen zu können.

In der Maschinenhalle steht im Hintergrund ein Schwungradgenerator. Er ist auf der Landseite der Halle errichtet und wird über eine geteilte Vorgelegewelle von mehreren einflutigen Francisturbinen angetrieben. Der Generator liefert Drehstrom bis zu einer Leistung von 450 kW bei einer Spannung von 5500 V.

Der mitlaufende Gleichstromdynamo im Vordergrund erzeugt die Erregerspannung von 110 V. Diese Spannung wird von den Bürsten am Kollektor abgenommen und über Schleifringe der Läuferwicklung des Generators zugeführt.

In den Statorwicklungen wird der Starkstrom induziert und in 3 Phasen abgeführt. Der Wärter besichtigt jetzt die drei unterschiedlich ausgelegten Turbinenantriebseinheiten. Der Generator wird je nach Wasserstand von einer oder zwei Turbinen angetrieben.

Die senkrecht stehenden Turbinen treiben große Glockenräder an. Diese gußeisernen Räder sind mit Holzkämmen versehen, die in die stählernen Ritzel auf der Vorgelegewelle eingreifen. Die Holzkämme sind auf der Unterseite des Rades verkeilt. Unter jedem Glockenrad befindet sich eine Turbinenkammer. In der noch nicht gefluteten Kammer ist die Turbine sichtbar. Am Umfang der Turbine kann der Wasserzufluß durch verstellbare Leitschaufeln verändert werden. Die senkrechte Turbinenwelle läuft in einem Schutzrohr.

Die Leitschaufeln sind hier noch geschlossen. Über ein Gestänge können sie von der Maschinenhalle aus geöffnet werden.

Diese 6 m breite hölzerne Schützwand wird zum Fluten der Kammer hochgezogen. Durch undichte Stellen dringt etwas Wasser ein, das aber bei niedrigem Unterwasserstand durch ein geöffnetes Tellerventil am Boden abfließen kann.

Hinter den Leitschaufeln erkennt man das Laufrad, das das zuströmende Wasser nach unten ins Saugrohr umlenkt.

Inbetriebnahme

Wartung der Kammräder; Fluten einer Turbinenkammer und Anlaufen des Generators; Schließen des Schützenwehres; Reinigung des Rechens

Vor Inbetriebnahme werden die Kammräder von Schmiermittelresten gereinigt. Für die Kämme aus Weißbuche dient im wesentlichen Bienenwachs mit Graphitzusatz als Gleitmittel. Bei sorgfältiger Wartung können die Holzkämme über 50 Jahre halten. Vor dem Schmieren der Kämme wird frisches Wachs erwärmt, damit es dünnflüssig wird. In diesem Zustand läßt sich das Schmiermittel mit einem Pinsel auf den Flanken der Holzkämme leicht auftragen.

Da die Turbine nur in einer Richtung läuft, werden die Holzkämme auch nur auf einer Seite behandelt.

Diese Wartungsarbeiten brauchen nur in größeren Zeitabständen wiederholt zu werden.

Nun wird die erste Turbine in Betrieb genommen. Das Abflußventil in der Turbinenkammer wird deshalb geschlossen.

Die weiteren Bedienungsschritte erfolgen von der Maschinenhalle aus.

Zum Fluten der Turbinenkammer wird mit je einem Handrad eine Hälfte der geteilten Schützwand hochgezogen.

Außen am Gebäude greifen Zahnräder in Zahnstangen, an denen die Schütze hängen.

Etwa 2000 Handradumdrehungen sind notwendig, um die beiden Schütze einer Turbinenkammer 3 m aufwärts zu bewegen.

Bevor nun der Wärter den Generator anlaufen läßt, muß die Bremse gelöst werden.

Ein Tropföler für das obere Führungslager am Kammrad wird eingestellt.

Jetzt werden die Leitschaufeln an der Turbine geöffnet. Das zuströmende Wasser setzt die Turbine mit dem angekuppelten Generator in Gang.

Das Kammrad auf der verlängerten Turbinenwelle treibt das Ritzel auf der Vorgelegewelle an. Dabei wird die niedrigere Turbinendrehzahl auf eine höhere Generatordrehzahl übersetzt.

Der Wärter prüft, ob alle Ringschmierlager der Vorlegelegewelle einwandfrei arbeiten.

In diesen Gleitlagern wird durch einen umlaufenden Ring, der in ein Ölbad eintaucht, das Öl über das ganze Lager verteilt.

Diese Kupplung verbindet das Ritzel mit der Vorgelegewelle. Daneben befindet sich ein Gleitlager des Generators.

Dieses Lager unterhalb der Vorgelegewelle muß alle axialen Kräfte, die auf die Turbinenwelle wirken, aufnehmen.

Der Generator hat eine Nenndrehzahl von 125 Umdrehungen pro Minute. Nur bei dieser Drehzahl darf er bei richtiger Phasenlage an das Stromnetz geschaltet werden.

Bei plötzlichem Lastabfall am Generator tritt diese mechanische Notabschaltvorrichtung für die Turbinen selbsttätig in Aktion.

Der Generator wird jetzt nur von einer Turbine angetrieben, die bei voller Beaufschlagung 330 KW leistet. Der Wasserverbrauch beträgt dann 17 m³ pro Sekunde.

Wenn das Kraftwerk in Betrieb ist, darf das Wasser nicht mehr über das Wehr ablaufen. Deshalb geht der Schleusenwärter zu einem Schaltschrank um einen Motor zum Schließen der Schütze in Gang zu setzen.

Noch fließt das Wasser ab. Doch allmählich schließen sich die Schütze.

Das vor dem Kraftwerk bis zum Stauziel angestaute Wasser fließt durch den Rechen in die Turbinenkammer. Damit keine Wassergefälle-Verluste auftreten, muß das am Rechen zurückgehaltene Treibgut von Zeit zu Zeit entfernt werden.

Anlaufen einer weiteren Turbine und Ankuppeln an den Generator; Schmieren einer Turbinenwelle

Die zweite Turbine soll in Betrieb gesetzt werden. Die Turbinenkammer ist bereits geflutet.

Der Wärter preßt noch etwas Fett in das untere Turbinenlager, das sich im Wasser befindet.

Die Turbine wird gleich über dieses Ritzel auf der noch stillstehenden Hohlwelle des Vorgeleges den Generator antreiben.

Nach dem Öffnen der Leitschaufeln am Turbinenumfang setzt sich die Turbinenwelle mit dem Kammrad in Bewegung und treibt die Hohlwelle an.

Wenn diese Welle die Drehzahl des Vorgeleges erreicht hat, wird sie an die Generatorwelle gekuppelt, so daß auch die zweite Turbine bei entsprechender Wasserbeaufschlagung den Generator antreibt.

Bereits bei geringer Erhöhung des Wasserzuflusses steigt das Unterwasser in Oldau durch Rückstau an. Die zweite Turbinenanlage ist daher für eine geringere Gefällehöhe ausgelegt.

Der Wärter kann auch von der Halle aus eine Fettpresse für das untere Turbinenlager bedienen.

Unter den Turbinen fließt das Wasser durch die Saugrohre in das Unterwasser ab. Die Wasseraustrittsöffnungen können zur Durchführung von Reparaturen im Saugrohr durch Dammbalken verschlossen werden.

Der Betrieb dieses Kraftwerks hat sich trotz des geringen nutzbaren Gefälles im Rahmen der früheren Allerzentralen der Stadt Celle sehr bewährt.

Literatur

- [1] BENJA, G.: Personenschiffahrt in deutschen Gewässern. Oldenburg und Hamburg 1975.
- [2] BISCHOFF, G., und W. GOCHT (Hrsg.): Das Energiehandbuch. 2. Aufl. Braunschweig 1976.
- [3] BOLL, G.: Geschichte des Verbundbetriebes. 1. Ausg. Frankfurt am Main 1969.
- [4] FRANZIUS, O.: Die Wasserwege Niedersachsens. Veröffentlichung der Wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens e. V., Reihe B. Heft 8. Hannover 1930.
- [5] FRICKE, K.: Die unterirdischen Lagerstätten. Schriften der Wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens e. V., Neue Folge. Bd. 5, 3. Abteilung. Bremen-Horn 1954.
- [6] HEYS, J. W. VAN: Deutschlands Elektrizitätswirtschaft. Dresden 1931.
- [7] KATZ-FOERSTNER, A. (Hrsg.): Handbuch der Deutschen Wirtschaft, Niedersachsen-Kassel 1928. Berlin-Halensee.

- [8] LAUFEN, R.: Elektrifizierung einer Bergischen Wasserkraft am Ende des 19. Jahrhunderts. Düsseldorf 1974 (Diss. Bochum 1974).
- [9] LAUFEN, R.: Mitteleuropa, Rheinland. Wasserkraftwerk in Krähwinklerbrücke an der Wupper. Film E 1775 des IWF, Göttingen 1971. Publikation von R. LAUFEN, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Bd. 2, H. 1 (1973), 20–35.
- [10] LIPPERT, F., L. GALLAND und A. LUDIN (Schriftl.): Die Wasserkraftwirtschaft Deutschlands. Hrsg. v. Deutschen Wasserwirtschaftsverband e. V. Berlin 1930.
- [11] LUDIN, A.: Die Wasserkräfte. 2 Bände. Berlin 1913.
- [12] LÖBE, K.: Unternehmen Mittelweser. Bremen 1960.
- [13] LÖBE, K.: Das Weserbuch. Hameln 1968.
- [14] MOSONYI, E.: Wasserkraftwerke. 2 Bände. 2. Aufl. Düsseldorf 1966. Ungarische Originalausgabe Budapest 1966.
- [15] RÖHRBEIN, W.: Museen und Sammlungen in Niedersachsen und Bremen. Hildesheim 1975.
- [16] RÜBBERDT, R.: Geschichte der Industrialisierung. München 1972.
- [17] SEEDORF, H. H. (Hrsg.: Niedersächsisches Landesverwaltungsamt – Landesvermessung): Topographischer Atlas Niedersachsen und Bremen. Neumünster 1977.
- [18] SCHRADER, E. (Hrsg.: Niedersächsisches Landesverwaltungsamt – Landesvermessung): Die Landschaften Niedersachsens. Ein Topographischer Atlas. 3. Aufl. Hannover 1965.
- [19] SLOTTA, R.: Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland. Band 2. Bergbau-Museum Bochum 1977.
- [20] 50 Jahre Wasserwirtschaftsamt Celle 1914–1964.

Abbildungsnachweis

Abb. 1 u. 5: Foto D. LUCKMANN; Abb. 2: Bomann-Museum, Celle, Negativ-Nr. 355, 16;
Abb. 3 u. 6: Zeichnung D. LUCKMANN nach LUDIN [11]; Abb. 4: Aus LUDIN [11].