

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71 (1953)
Heft: 9: Sonderheft zum Geburtstag von Prof. Dr. E. Meyer-Peter. 2. Teil

Artikel: Einfluss von Neuanlagen auf die Leistungsfähigkeit bestehender Wasserkraft-Werke
Autor: Zwygart, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-60508>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Bild 3. Die ganze Baugrube im feinen lehmigen Sand ist ausgehoben; nun beginnen die Wände auszubrechen, und es sollten, ohne jede sichernde Spriessung oder genügend abgeflachte Böschungen, die Fundamente und Außenwände erstellt werden.

Rutschgefahr, die oft schon nach wenigen Tagen zur akuten Gefahr wird und zu weit hinaufreichenden Rutschungen führen kann.

Durch das vorzeitige Ausheben der Hauptkubatur einer Baugrube wird oftmals die nach den Lehren des Grundbaues zweckmäßigste und sicherste, damit letzten Endes rationellste Ausführung der Arbeit verunmöglich. Es ist hier vor allem an die bekannte Methode der Ausführung der Stützkonstruktionen im Schlitz-Verfahren zu erinnern. Bei verhältnismässig tiefen Baugruben in ungünstigem Material bietet sie schon im flachen Gelände, vor allem aber am Hang, die beste Gewähr für sichere Ausführung und leichte Anpassung an die Verhältnisse. Die Spriesse werden kurz und können zur Hauptsache waagrecht versetzt werden; es ist «bauseitig» bzw. «talseitig» anstehendes Material zur Aufnahme der Kräfte vorhanden. Mit diesem Verfahren, nötigenfalls längs unterteilt in Segmente, schliesslich bei besonders schwierigen Verhältnissen, bei Unterfangungen usw., als Arbeit mit versetzten Schächten ausgeführt, lassen sich auch recht heikle Aufgaben sicher bewältigen. Die Methode ist aber überhaupt nicht anwendbar, wenn der feste Materialkern vorzeitig ausgehoben wurde.

Anderseits gibt es für manche Bauaufgaben ein Verfahren, das ganz dem Wesen des Maschinenbetriebes entspricht, das Sicherheit mit rationellem Baggereinsatz verbindet: Aushub der Baugrube mit so flachen Böschungen, dass Spriessungen tatsächlich — nicht nur vermeintlich — entbehrt werden können. Die Methode, die heute noch verhältnismässig selten angewandt wird, kommt vor allem in Be- tracht für nicht zu tiefe Baugruben im flachen Gelände, ist



Bild 4. In einer Rippe aus Moränematerial werden vorerst die Baugrube ausgehoben und der Hochbau erstellt; dann soll die bergseitige Stützmauer ausgeführt werden; der Anschnitt beginnt zu rutschen und zu fliessen. Nun ist für den Bau der Stützmauer eine schwere und komplizierte Spriessung zur Fassade und von dort, im Innern des Hauses, bis zu den Fundamenten des Hochbaues notwendig.

dort aber auch bei schlechtem Material anwendbar. Man scheut sich meist vor dem Mehraushub, der für eine genügend flache Böschung notwendig wird. Diese Mehrkubatur ist aber relativ klein (es handelt sich ja nur um keilförmige Körper längs der Baugrubenwände) und kann, von Anfang an vorgesehen, maschinell zum normalen Baggerpreis ausgehoben werden.

Der Verfasser ist sich durchaus bewusst, hier keine neuen Erkenntnisse dargelegt zu haben. Er hat aber vor mehr als zwanzig Jahren schon eine ausgehobene und ungenügend verspriesene Baugrube übernehmen müssen, mit all den Schwierigkeiten bei der Erstellung der Umfassungsmauern, mit Materialabbrüchen und zerrissenen Strassen, mit Stützarbeiten im strömenden Regen während der Osterfeiertage. Und er hat seither, mit rasch zunehmendem Maschineneinsatz seit 1945 immer häufiger, viele derartige Beispiele verfolgen können. Es scheint ihm deshalb ein Hinweis auf die technischen und die Koordinationsprobleme des Baggereinsatzes im Hochbau wohl gerechtfertigt.

Es geht dabei nur um die Grundsätze und Erfahrungen, die unser verehrter Lehrer, Prof. Dr. Meyer-Peter, während gut dreissig Jahren im Grundbau gelehrt hat.

Aber wir leben, u. a. auch bezüglich des Maschineneinsatzes für Aushubarbeiten, in einer typischen Uebergangs- oder Anpassungsperiode, um nicht zu sagen -krise. Die neuen Geräte bringen mancherlei gewichtige Vorteile. Man überschätzt aber nicht selten die Anwendungsmöglichkeiten, bzw. man unterschätzt die Konsequenzen. Nun muss man sich wieder besinnen auf die guten Lehren des Grundbaues, die unabhängig von den eingesetzten Mitteln Gültigkeit behalten.

Einfluss von Neuanlagen auf die Leistungsfähigkeit bestehender Wasserkraft-Werke

Von Dr. h. c. A. ZWYGART, Ingenieur, Baden

DK 627.132.003

Beim fortschreitenden Ausbau unserer Wasserkräfte kommt es häufig vor, dass bestehende Kraftwerke in ihrer Leistungsfähigkeit durch Neuanlagen beeinflusst werden. Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob das ältere Werk unter veränderten Zufluss- oder Gefällsverhältnissen weiter betrieben werden kann oder ob es aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen im Betrieb eingestellt werden muss. Bei rund 30 Fällen, mit denen der Verfasser bei verschiedenen Kraftwerkbauteilen zu tun hatte, mussten neun ältere Anlagen stillgelegt werden, wovon sechs infolge Wasserentzug und drei infolge Gefälleinstau.

Für die Gestaltung der Neuanlage ist die für sie erteilte Verleihung massgebend; soweit der Ausführung Rechte Dritter entgegenstehen, haben diese den Eingriff zu dulden, doch ist ihnen nach dem Bundesgesetz über die Enteignung volle Entschädigung zu leisten. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die Entschädigungspflicht gegenüber dem bestehenden Werk nicht in jedem Falle für den tatsächlichen Ausbau gilt, sondern nur so weit, als er innerhalb der eigenen Verleihungs-

rechte bleibt. Dieser Fall liegt auch vor, wenn einem bestehenden Werk von der Verleihungsbehörde eine Ausbauvergrösserung für so lange bewilligt wurde, als eine die betreffende Gewässerstrecke in sich schliessende, früher erteilte Konzession noch nicht realisiert ist. Im weitern ist die Entschädigung nur auf die noch nicht abgelaufene Konzessionsdauer des älteren Werkes zu leisten, in Ausnahmefällen aber — wo ein zeitlich nicht beschränktes Nutzungsrecht vorliegt — auf die ganze Konzessionsdauer der Neuanlage.

In jedem Fall einer Beeinflussung bestehender Werke durch Neuanlagen ist für die Bemessung der Entschädigung die Grösse des verursachten Leistungs- und Energieausfalles festzustellen. Im folgenden wird das Vorgehen an dem in der Praxis häufigen Fall besprochen, dass bei den Laufwerken an unsrigen grossen Flüssen im Interesse einer weitgehenden Gefällsausnutzung und zur Verbesserung der späteren Schifffahrtsverhältnisse durch den Stau eines neuen Werkes das Unterwasser des unmittelbar oberhalb liegenden Werkes bis zu einem gewissen Grad eingestaut wird. Der Einstau ist so zu

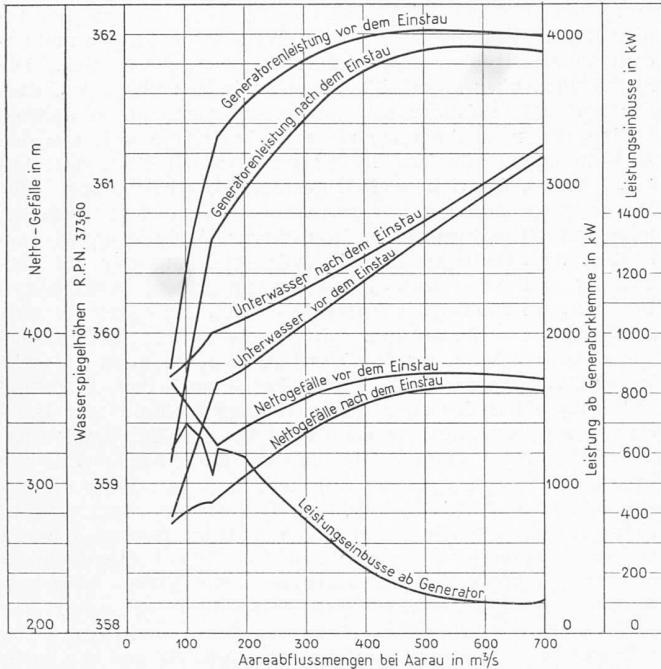


Bild 1. Kraftwerk Rüchlig, Leistungsdiagramm vor und nach dem Einstau. Berechnung nach den Beobachtungen vom 1. 12. 45 bis 16. 8. 46

bemessen, dass der Energiegewinn im untern Werk den Ausfall im obern Werk deckt, und dass darüber hinaus für die baulichen Aufwendungen des Höherstaues ein genügender Nutzen resultiert. Der Einstauverlust im obern Werk ergibt sich primär aus der Gefällseinbusse und als deren Folge auch aus einer gewissen Abnahme der Schluckfähigkeit der Turbinen und möglicherweise auch des Wirkungsgrades der ganzen Maschinengruppe. Die Bilder 1 u. 2 geben ein Beispiel der Beeinflussung eines Kraftwerkes an der Aare durch Rückstau im Unterwasser. In Bild 1 sind in Funktion der Abflussmenge für die Verhältnisse vor und nach dem Einstau die Unterwasserhöhe, das Nettogefälle und die Generatorenleistung sowie die Leistungseinbusse wiedergegeben. Die Unterwasserhöhe ist für jede Wasserführung aus genauen Wasserspiegelbeobachtungen vor und nach dem Aufstau bestimmt, indem Staukurvenermittlungen nach mehrfach gemachter Erfahrung zu unsicher sind und nur Aufschluss über die voraussichtliche Größenordnung des Leistungs- und Energieausfalls geben können. Es ist deshalb notwendig, die vorläufige Berechnung durch die tatsächlichen Einstauhöhen nach Inbetriebnahme des untern Werkes nachzuprüfen und die Leistungseinbusse erst nachher definitiv festzulegen. Auch später sind die Unterwasserspiegelhöhen als Bestandteil der Betriebsstatistik fortlaufend zu kontrollieren; lässt sich aus diesen Einstaukontrollen auf eine Änderung der jährlichen Ersatzleistung von vielleicht ± 5 Prozent schliessen, so emp-

fiehlt sich eine Neuberechnung der Ersatzleistung. Solche Änderungen der Einstauhöhe können durch Profiländerungen infolge Aufland oder Erosion am Ende der Stauhaltung des untern Werkes verursacht sein. Die Berechnungen sind auch zu wiederholen, wenn im obern Werk im Rahmen seiner Konzessionsrechte die Turbinen und Generatoren erneuert werden.

Aus der Anwendung der Leistungseinbusse nach Bild 1 auf die tägliche Wasserführung eines Jahres ergibt sich der in Bild 2 dargestellte Verlauf. Die Leistungseinbusse ist in diesem Jahre bei der minimalen Wasserführung von etwa $160 \text{ m}^3/\text{s}$, die mit der damaligen Schluckfähigkeit des Werkes übereinstimmt, mit etwas über 600 kW am grössten und bei der maximalen Wasserführung von rd. $550 \text{ m}^3/\text{s}$ mit rund 110 kW am kleinsten. Im Jahresmittel beträgt der durchschnittliche Ausfall 411 kW ; er ist mit 441 kW im Winter grösser als mit 381 kW im Sommer. Aus der Leistungseinbusse und der Abflussmengendauerkurve einer langjährigen Beobachtungsperiode lässt sich die Dauerkurve des Leistungs-ausfalls und daraus der mittlere jährliche Energie- und Leistungs-ausfall bestimmen. Diese Berechnung kann auch für die einzelnen Monate durchgeführt werden, doch wird es für unsere hydrologischen Verhältnisse in der Regel genügen, den Ausfall anhand von halbjährlichen Dauerkurven getrennt für Winter und Sommer zu berechnen. Damit verfügen wir über die massgebenden Unterlagen für die Bewertung des Leistungs- und Energieausfalls, bzw. für die Bemessung des zu liefernden Realersatzes.

Behandelt das angeführte Beispiel eine für das betroffene Werk tragbare Gefällseinbusse, so kann in andern Fällen das Gefälle einer bestehenden Anlage so stark oder ganz eingestaut werden, dass ihr Betrieb eingestellt werden muss. Der Leistungs- und Energieausfall erstreckt sich dann auf die gesamte Leistungsfähigkeit des Werkes und ist analog wie beim teilweisen Gefällseinstau zu bestimmen.

Eine zweite Möglichkeit der Beeinflussung bestehender Kraftwerke ergibt sich aus Änderungen im Zuflussregime des Betriebswassers. Diese Änderung wird durch Erstellung und Betrieb von Speicherbecken, Seeregulierungen, Niederradotierungen, Wasserzuleitung und Wasserableitung in fremde Gebiete oberhalb der Wasserfassung des betroffenen Werkes veranlasst. Aus diesen Gründen kann sich die Wasserführung eines Baches oder auch eines Flusses wesentlich ändern, wobei negative und positive Einflüsse vorkommen, die in ihrem Endergebnis für das betrachtete Werk zu einem Schaden oder Nutzen führen können. Die Änderung tritt mit abnehmendem Einzugsgebiet — je mehr wir uns dem Quellgebiet nähern — verhältnismässig stärker in Erscheinung. Bei dem weitgehenden Ausbau neuer Kraftwerke ist der Einfluss auf Flusstrecken zwischen dem Ort der Entnahme des Wassers aus dem öffentlichen Gewässer und der Rückgabe in dasselbe so gross, dass es infolge fehlendem Betriebswasser in der Regel für bestehende Werke an einer solchen Flussstrecke zur Stilllegung kommt. Die Schädigung kann durch in neuern Konzessionen häufig vorgeschriebene Dotierung der Flussläufe mit einer Minimalwassermenge gemildert werden. Beim Etzelwerk z. B. wirkt sich die Verpflichtung, die ver-



Bild 2. Einstau Kraftwerk Rüchlig, tägliche Leistungsdiagramme im Jahr 1928. Totaler Energieausfall 3,61 Mio kWh (Sommer 1,67 und Winter 1,94)

bleibende Wasserführung der Sihl an der Kantonsgrenze Schwyz-Zürich durch Wasserabgabe aus dem Sihlsee auf minimal 2,5 m³/s aufzubessern, so aus, dass bei niedrig ausgebauten Werken überhaupt kein und bei höher ausgebauten Werken nur ein verhältnismässig geringer Ausfall verursacht wird. Für die erste Gruppe resultiert aus der Niederwasserverbesserung ein reiner Nutzen. Durch die Dotierung wird das Niederwasser der Sihl, das vor dem Bau des Etzelwerkes bis auf 0,6 m³/s zurückging, auf etwa die vierfache Minimalabflussmenge erhöht. Die Dotierung beansprucht in mittleren Jahren etwa 10 % des Zuflusses zum Sihlsee, was zeigt, dass wirtschaftlich solchen Massnahmen enge Grenzen gesetzt sind. Bei unterhalb der Wasserrückgabe eines Speicherwerkes gelegenen Wasserkraftanlagen setzt der Wasserzufluss zeitweilig aus, wenn das Zwischeneinzugsgebiet klein und das Flussbett nicht mit einer Stetzwassermenge zu dotieren ist. In solchen Fällen kann die Ersatzpflicht durch ein gemischtes Regime — Wasserabgabe oder Energielieferung — erfüllt werden. Um den Übergang von Eigenenerzeugung auf Energiebezug zu erleichtern, ist die Zwischenabschaltung eines kleinen Ausgleichbeckens zu empfehlen. In sinngemäss gleicher Weise wie beim Beispiel mit teilweisem Gefällseinstau ist auch bei verändertem Zuflussregime sein Einfluss auf die Leistungsfähigkeit bestehender Werke zu berechnen.

Ist in allen vorkommenden Fällen für ein betroffenes Werk die Grösse des Leistungs- und Energieausfalles bestimmt, so stellt sich die Frage nach der Art der Entschädigung. Sie ist nach dem Bundesgesetz über die Enteignung, wenn Gesetz oder Abrede nichts anderes bestimmen, in Geld, als Kapitalzahlung oder als wiederkehrende Leistung zu entrichten. An Stelle der Geldleistung kann bei der Enteignung von Wasser und Wasserkraft ganz oder teilweise eine Sachleistung treten und nach dem Ermessen des Gerichtes die Entschädigung durch Abgabe von Wasser oder Kraft geleistet werden. Diese Realersatzleistung hat sich bei Ausfall von Wasserkräften weitgehend durchgesetzt. Der Expropriat verfügt uneingeschränkt über die frühere Leistung seiner Anlage und damit über ein werbeständiges Bezugsrecht. In diesem Falle wird die Verständigung dadurch erleichtert, dass die Ersatzleistung dauernd zur Verfügung steht, und es dem Berechtigten überlassen bleibt, sie zeitlich kürzer oder länger auszunützen, wie er es früher mit der reinen Wasserkraft tun konnte. Damit ist eine bei Geldabfindung auftretende schwierige Frage umgangen, indem eine Verständigung über den Ausnützungsgrad oder mit andern Worten über die Gebrauchsdauer des Leistungsausfalles nicht notwendig wird. In vorgekommenen Fällen zeigte sich wiederholt, dass entgegen der Annahme bei den Verhandlungen die dauernd zur Verfügung stehende Ersatzleistung später nur zeitweise beansprucht wird.

Bei Realersatz zur Ergänzung einer in Betrieb bleibenden Anlage gestaltet sich das wirtschaftliche Verhältnis zwischen den beteiligten Werken sehr einfach, weil die Betriebskosten für die Zeit vor und nach dem Einstau praktisch gleich bleiben. Ein Unterschied tritt einzig beim Wasserzins ein, falls dieser nur noch für die tatsächlich verbleibende Wasserkraft bezahlt werden muss. Unter dieser Voraussetzung hat deshalb der Bezüger der Ersatzenergie dem Lieferanten das Wasserzinsbetrifft zurückzuvergütten. Anderseits hat der Lieferant für die Erstellung und den Betrieb der Einrichtungen aufzukommen, die für die Lieferung der Ersatzleistung an die frühere Produktionsstelle notwendig sind.

Bei Realersatz für eine im Betrieb stillgelegte Wasserkraftanlage werden die finanziellen Ansprüche an den Enteigneten grösser, weil er von Aufwendungen entlastet wird, die er für die im Betrieb stehende Anlage tragen musste. Hierüber trifft man bei Verhandlungen über die Ablösung,

von Wasserkräften häufig auf unhaltbare Auffassungen, indem Barentschädigung für eine untergehende Anlage und zudem unentgeltliche Ersatzlieferung verlangt werden. Die Sache wird aber sofort klar, wenn wir uns überlegen, dass der Enteignete früher die gesamten sogenannten Jahreskosten für seine Anlage zu tragen hatte, die sich aus den Aufwendungen für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals, Betrieb und Unterhalt, Abschreibungen oder Erneuerungsrücklagen, Wasserzins, Steuern und Generalunkosten zusammensetzen. Von diesen Aufwendungen verbleiben dem Enteigneten bei Realersatzbezug nur die Verzinsung und Amortisation des ursprünglichen Anlagekapitals bis zum Ablauf der Konzessionsfrist. Er spart die Aufwendungen für die übrigen Jahreskostenanteile. Zudem werden die Rücklagen, die für künftige Erneuerungen gemacht wurden, frei. Dieser letzte Posten hat je nach dem Alter und Betriebszustand der eingehenden Anlage kleinere oder grössere Bedeutung. Die Ersparnis wird für den Enteigneten am grössten, wenn beim Weiterbetrieb die Maschinenanlage kurzfristig erneuert werden müsste. Da er nun durch die Ersatzlieferung dieser Notwendigkeit entbunden wird, ist es richtig, wenn er auch diesen freigewordenen Betrag einmalig als Kapitalzahlung oder als Rente, berechnet für die noch nicht abgelaufene Konzessionsdauer seiner Anlage, dem Lieferanten der Ersatzenergie zukommen lässt. Es ergibt sich so eine feste jährliche Entschädigung für die gesamte Ersatzenergie im Betrage der vom Enteigneten aus der Stilllegung seiner Wasserkraftanlage gemachten Ersparnisse. Die Entschädigung an den Lieferanten kann jährlich als fester Betrag oder als Vergütung pro tatsächlich bezogene Kilowattstunde geleistet werden. In diesem letzten Falle hat der Enteignete auch ein gewisses finanzielles Interesse daran, die Ersatzleistung nur in dem Umfange zu beziehen, wie er sie tatsächlich braucht, oder mit andern Worten ausgedrückt, sie zu dem auf Grund der ersparten Jahreskosten berechneten Ansatz dem Lieferanten zu überlassen. Da die vom Enteigneten ersparten Jahreskosten mit schwankendem Geldwert ändern, ist für die zu bezahlende Vergütung in längeren Perioden von vielleicht 20 Jahren eine Nachprüfung und allfällige Neufestsetzung zu empfehlen.

Nach gleichen Grundsätzen, wie Ausfälle in bestehenden Wasserkraftwerken zu entschädigen sind, ist es anderseits auch gerechtfertigt, von ihnen periodische oder einmalige Beiträge an die Kosten des Baues und Unterhaltes von Anlagen zu verlangen, die ihnen bleibend erheblichen Nutzen bringen und von Dritten errichtet wurden. Der Grundsatz hierfür ist in Artikel 33 des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom 22. Dezember 1916 festgelegt. Solche Fälle liegen bei Durchführung von Seeregulierungen und bei Erstellung von Speicherbecken oberhalb eines Werkes vor, wobei nach dem genannten Gesetz die zuständige Behörde, wo die Umstände es rechtfertigen, nachträglich eine Genossenschaft aller Beteiligten anordnen kann. Von dieser Möglichkeit ist bisher in der Praxis kein Gebrauch gemacht worden, wie meines Wissens auch Beiträge von Wasserwerkbesitzern an oberhalb errichtete Speicherbecken eine Ausnahme geblieben sind. Diese Entwicklung zeigt die Tendenz, neu errichtete Werke für alle Schäden aufkommen zu lassen, die sie in irgend einer Weise veranlassen, sie dagegen am Nutzen, die Dritte daraus ziehen, nicht teilnehmen zu lassen. Im Interesse der leichteren Finanzierung von Gemeinschaftswerken, wie z. B. Seeregulierungen, wäre es zu begrüssen, wenn, wie vielfach im Ausland, auch bei uns ein für alle Beteiligten gangbarer Weg gefunden würde. Die in Schweden bestehenden rund 20 Regulierunternehmen an ebenso vielen Flussläufen können uns für die zu erstrebende Regelung wertvolle Anregungen geben.

Erfahrungen bei den Kraftwerkbauteilen der Schweiz. Bundesbahnen

Von Dr. h. c. H. EGGENBERGER, a. Oberingenieur der SBB, Bern

DK 627.8.004.6

Im Jahre 1913 stimmte der Verwaltungsrat der SBB einem Bericht der Generaldirektion zu, in dem diese zum Schlusse kam, dass es für die Bundesbahnen geboten erscheine, die Kraftwerke für den elektrischen Bahnbetrieb selbst zu bauen und zu betreiben. In diesem Bericht wurde aber nicht starr an bahneigenen Kraftwerken festgehalten, sondern ergänzend bemerkt, dass eine allgemein bindende Regel nicht aufgestellt werden solle; es könne Fälle geben, in denen der Anschluss

an private Werke vorteilhaft sei, namentlich bei der Schaffung grosser Stauteiche, zum Zwecke gegenseitiger Aushilfe und bei der Versorgung abgelegener Bahnstrecken mit elektrischer Energie. Den aufgestellten Grundsätzen, hauptsächlich Eigenbau, dann aber auch Verbindung mit andern Elektrizitätsunternehmungen in beschränkterem Umfang, wurde während der ganzen Elektrifizierungsperiode nachgelebt.

Die SBB erstellten folgende bahneigenen Kraftwerke: