Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 66 (1974)
Heft: 4-5

Artikel: Wasserzinsberechnung für Kraftwerke
Autor: Gschwind, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921247

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: 23.08.2025

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

sende Erholungsplanung durchzuführen. Nach Erhebungen und Umfragen an Wochenenden durch das geographische Institut der ETH wird das Gebiet im engeren Uferbereich der Reuss bevorzugt aufgesucht. Durch Schwerpunktbildung an den verschiedenen Reussübergängen (Ausbau von Parkplätzen, Rast- und Picknickplätzen, Spielflächen usw.) soll der Erholungsbetrieb hier konzentriert werden. Gleichzeitig sollen durch Ausbau von Wanderwegen und Naturlehrpfaden die ruhigen und kaum auf grössere Infrastrukturen angewiesenen Erholungsarten wie Wandern, Beobachten der Natur usw. gefördert werden.

Als Folge der Sanierungsmassnahmen werden wertvolle Kleinbiotope in der Landschaft verschwinden. Diesem Verlust an Vielfalt soll durch teilweise Neuschaffung von entsprechenden Biotopen begegnet werden. Das Schwergewicht liegt dabei auf der Planung und Realisierung des Flachsees Unterlunkhofen, der zustande kommt, weil durch das neue Kraftwerk Bremgarten-Zufikon die Reuss höher als bisher gestaut wird. Er hat vor allem zum Ziel, einer über unsere Landesgrenzen hinaus gefährdeten Wasservogelwelt einen geeigneten Brut-, Rast- und Ueberwinterungsplatz zu bieten. Solche Flachwasser sind in den Flussauen Europas in starkem Rückgang, was im März 1973 die Ministerkonferenz für Umweltschutz in Wien zu einer Resolution veranlasst hat, es sollten entsprechende Naturschutzgebiete im europäischen Raum begründet werden. Eine «Arbeitsgruppe Flachsee» hat nach intensiven Studien Massnahmen für eine optimale Gestaltung dieses Biotops vorgeschlagen. Zur Aufwertung der Schutzfunktion soll eine im Stauraum natürlich bestehende Insel aufgeteilt werden. Bei einer Anzahl von Teilinseln wird durch geeignete Massnahmen eine Bewaldung verhindert. Organischer Abraum (Wurzelstöcke, die bei der Waldrodung anfallen) dient als Boden für einen Erlenbruchwald. Ein zweckmässiges Wanderwegsystem, verbunden mit Beobachtungsunterständen, soll das Gebiet kontrolliert erschliessen und somit Vegetation und Fauna vor Störungen bewahren.

Als integraler Richtplan wird schliesslich in enger Koordination mit allen Beteiligten der Reusstalmelioration ein Landschaftsgestaltungsplan mit folgendem Inhalt erarbeitet: Natur- und Landschaftsschutzgebiete, erhaltenswerte Einzelobjekte wie Hecken oder Einzelbäume, Erholungsgebiete und Erholungsanlagen, Aufforstungen, Landschaftsgestaltungsmassnahmen (Windschutzhecken, Feldgehölze, Landschaftsschäden). Für einzelne Projektteile wie den Flachsee, Windschutzhecken und Uferbepflanzungen sind zusätzlich Detailprojekte erforderlich.

Adressen der Verfasser:

Erich Kessler, Naturschutzbeauftragter Eidg. Oberforstinspektorat
Dienststelle Naturschutz
Belpstrasse 36
3000 Bern 14

Dr. Richard Maurer
Abteilung Raumplanung
Baudepartement
Laurenzentorgasse 11
5000 Aarau

Pipl. Ing. H. U. Weber
Landschaftsarchitekt BSG
c/o Büro Stern, In der Hub 1,
8057 Zürich

Bildernachweis:
Bilder Nr. 1/4, 8, A, B, C, E. Kessler;
Bilder Nr. 5, 9a, 9b Dr. R. Maurer
Bild Nr. 7 W. Hintermeister

Wasserzinsberechnung für Kraftwerke

Peter Gschwind

DK 628.1.003.13: 621.221

Der Abteilung Wasserwirtschaft des Baudepartements des Kantons Aargau obliegt unter zahlreichen anderen Aufgaben die Berechnung der Abgaben, die von den Kraftwerken für die Nutzung der Wasserkräfte zu entrichten sind. Diese Berechnungen, die bis heute manuell bewältigt wurden, sollen in Zukunft mit Hilfe eines Computers durchgeführt werden.

1. DIE GESETZLICHEN GRUNDLAGEN

In der eidgenössischen Verordnung über die Berechnung des Wasserzinses vom 12. Februar 1918 (mit Aenderungen vom 10. Juni 1968) sind die Grundlagen der Berechnung sowie die Höchstansätze festgelegt. Danach hat die Wasserzinsberechnung auf dem Jahresmittel der Bruttoleistung in PS zu basieren.

Der zulässige Höchstansatz pro Brutto-PS beträgt:

a) 12.50 Franken für die nutzbaren Leistungen bis zu denjenigen, welche der an mindestens 243 Tagen im Jahr erreichten Abflussmenge entsprechen (bzw. bis zu denjenigen, welche drei Viertel der mittleren jährlichen Abflussmenge entsprechen, falls dieser Wert grösser ist als die an 243 Tagen erreichte Abflussmenge).
b) 10 Franken für die darüber hinaus nutzbaren Leistungen bis zu denjenigen, welche der an mindestens 91 Tagen erreichten Abflussmenge entsprechen.
c) 7.50 Franken für die darüber hinaus nutzbaren Leistungen.

2. ZAHLENMATERIAL UND BERECHNUNGSSCHEMA

2.1 Berechnungsformel

Die Bruttoleistung berechnet sich nach der Formel

$$N = \frac{H \cdot QN \cdot \gamma}{75}$$

wobei

N = Bruttoleistung in PS
H = Gefälle in Meter
QN = nutzbare Wassermenge in Kubikmeter pro Sekunde
γ = Dichte des Wassers = 1000 Kilogramm pro Kubikmeter

2.2 Bruttogefälle

Das Bruttogefälle entspricht der Differenz der Wasserspiegel am Ort der Wasserentnahme (zum Beispiel Wasserspiegel des Stausees) und am Ort der Wasserabgabe (das heisst bei der Einmündung des Werkgerinnes in das öffentliche Gewässer). Die Wasserspiegel am Ort der Entnahme (Oberwasserstände) und am Ort der Abgabe (Unterwasserstände) werden durch Limnigraphen festgehalten und als Funktion der Abflussmenge dargestellt (Bild 1).

Während die Oberwasserstände in der Regel im Stauregime der Konzession festgelegt sind und durch wenige Punkte dargestellt werden können, müssen bei den Unterwasserständen die Messwerte von zwei bis drei Jahren berücksichtigt werden.

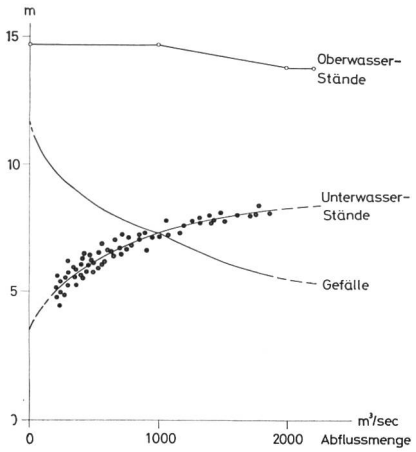

Bild 1 Wasserstände und Gefälle in Funktion der Abflussmengen.

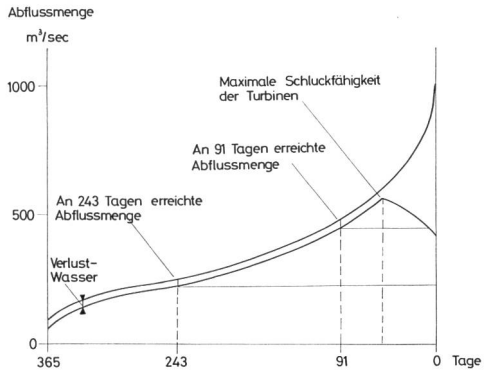

Bild 2 Abflussmengen und nutzbare Wassermengen in Funktion der Zeit (Dauerkurven).

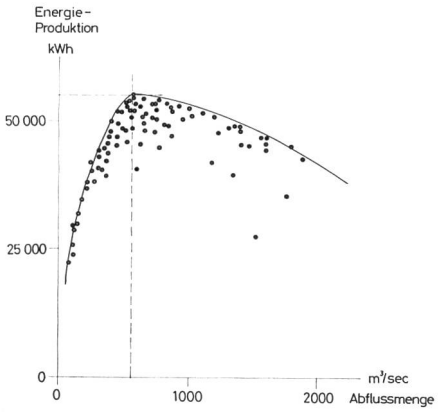

Bild 3 Energieproduktion in Funktion der Abflussmengen (Tagesmittel).

2.3 Abflussmenge und nutzbare Wassermenge

Zur Bestimmung der Abflussmenge werden als Ausgangsbasis die Abflussmengenmessungen der Limnigraphenstationen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft während einer Periode von 25 Jahren verwendet. Diese Messwerte werden dann auf das Einzugsgebiet der Wasserfassung umgerechnet und entsprechend ihrer Vorkommenshäufigkeit geordnet als sogenannte Dauerkurve dargestellt (Bild 2). Die nutzbare Wassermenge ergibt sich aus der Abflussmenge durch Abzug der Verlustwassermengen (Pflichtwasser, Fischpässe, Undichtigkeiten der Wasserfassung, usw.) und Berücksichtigung der maximalen Schluckfähigkeit der Turbinen. Ferner tritt nach Erreichen der maximalen Schluckfähigkeit eine Abminderung der nutzbaren Wassermenge im Verhältnis der Quadratwurzeln der zugehörigen Gefällswerte ein (Bild 2).

2.4 Maximale Schluckfähigkeit der Turbinen

Die Schluckfähigkeit der Turbinen, die einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Dauerkurve der nutzbaren Wassermengen und damit auf den zu entrichtenden Wasserzins hat, wird aufgrund von Messungen der Energieproduktion in Funktion der Abflussmenge bestimmt. In der Regel werden die Messwerte mehrerer Jahre berücksichtigt (Bild 3).

2.5 Berechnungsschema

Die Berechnung der massgebenden Bruttoleistungen lässt sich grob in folgende Schritte aufteilen:

1. Bestimmen der maximalen Schluckfähigkeit der Turbinen durch Suchen des Maximums der Umhüllungskurve der Energieproduktionswerte (Bild 3).
2. Umrechnen der Abflussmengenwerte der Limnigraphenstationen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft auf das Einzugsgebiet der Wasserfassungsstelle und Bilden der Dauerkurve der Abflussmengen.
3. Bestimmen des Bruttogefälles in Funktion der Abflussmengen aus Ober- und Unterwasserständen.
4. Bilden der Dauerkurve des Bruttogefälles durch zuordnen der Gefällswerte zu den Werten der Abflussmengendauerkurve.
5. Bestimmen der nutzbaren Wassermengen durch Berücksichtigung der Verlustwassermengen, der maximalen Schluckfähigkeit der Turbinen und der Abminderung.
6. Bilden der Dauerkurve der Bruttoleistungen durch Multiplikation der Dauerkurven des Gefälles und der nutzbaren Wassermengen.
7. Integration der Bruttoleistungsdauerkurve und Aufteilung in die drei Tarifklassen (Bild 4).

3. MANUELLE BERECHNUNG

Bisher wurde die Berechnung der Bruttoleistung nach dem Berechnungsschema mit Hilfe von Tischrechenmaschinen und genau gezeichneten graphischen Darstellungen (graphische Integration, Bestimmen des Maximums der Energieproduktion) durchgeführt. Der dabei anfallende Aufwand an Routinearbeiten ist beträchtlich, braucht doch ein geübter Sachbearbeiter für die vollständige Berechnung eines Kraftwerks ungefähr zwei Wochen. Ein weiterer Nachteil der manuellen Berechnungsweise liegt darin, dass einige Ungenauigkeiten in Kauf genommen werden müssen, so etwa bei der Bildung der Abflussmengendauerkurve und bei der Integration der Bruttoleistungskurven.

4. ELEKTRONISCHE BERECHNUNG

4.1 Entwicklung des Berechnungsprogramms

Ein erstes Programm wurde vom Rechenzentrum des Kantons Bern zusammen mit dem Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern im Jahre 1969 entwickelt, als etwa 70 bernische Kraftwerke neu berechnet werden mussten. In diesem Programm waren einige Berechnungsschritte, so zum Beispiel das Bestimmen der Gefällsdauerkurve und das Ermitteln der maximalen Schluckfähigkeit der Turbinen,

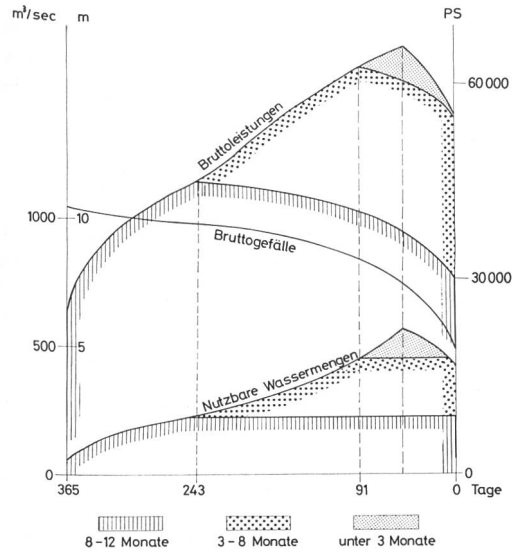

Bild 4 Dauerkurven der Bruttoleistungen

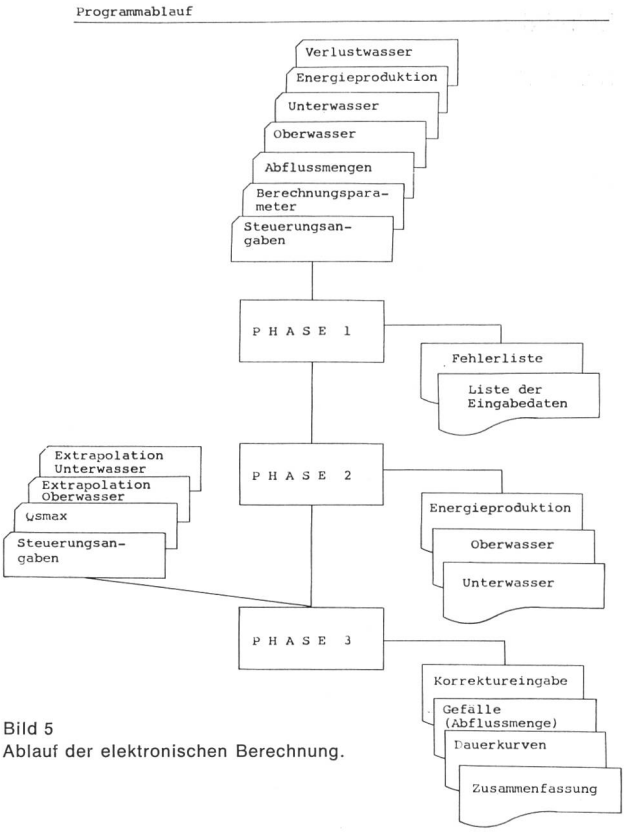

Bild 5
Ablauf der elektronischen Berechnung.

noch nicht integriert. Im zweiten Halbjahr 1971 wurde das Berechnungsprogramm in enger Zusammenarbeit zwischen der Abteilung Wasserwirtschaft des Kantons Aargau und dem Rechenzentrum des Kantons Bern neu konzipiert. Das neue Programm, das nun wesentlich allgemeiner und umfassender aufgebaut ist, befindet sich zur Zeit in der Testphase.

4.2 Programmablauf

Bild 5 zeigt schematisch den Ablauf der Berechnung. Die Eingabedaten (Berechnungsparameter, Abflussmengenwerte, Ober- und Unterwasserstände, Energieproduktionswerte, Verlustwassermengen) werden auf vorgedruckte Lochbelege übertragen, eine Arbeit, die für ein Kraftwerk etwa 1 bis 2 Tage in Anspruch nimmt. Diese Daten werden dann auf rund 500 Lochkarten abgelocht, wovon etwa die Hälfte auf die Energieproduktionsstatistik entfällt.

In der Phase 1 werden die Lochkarten eingelesen und die Daten zur weiteren Verarbeitung auf ein Magnetband geschrieben. Es entsteht eine Liste der massgebenden Eingabedaten oder, falls die Lochkarten unvollständig oder fehlerhaft waren, eine Fehlerliste.

In der Phase 2 werden die maximale Schluckfähigkeit der Turbinen und das Gefälle in Funktion der Abflussmenge bestimmt. Gleichzeitig wird eine Kontrolliste gedruckt. Diese Liste hat sich vor allem deshalb als nötig erwiesen, weil die Unterwasserstände für sehr kleine und sehr grosse Abflussmengenwerte nicht bekannt sind und die Unterwasserkurve deshalb extrapoliert werden muss (Bild 1). Diese Extrapolation erfolgt durch Karteneingabe zu Beginn der Phase 3 aufgrund der Zwischenresultate auf der Kontrolliste.

In der Phase 3 werden die Dauerkurven bestimmt, die zur Wasserzinsberechnung massgebenden Bruttoleistungen berechnet und alle Resultate ausgedruckt. Diese Resultate umfassen alle Dauerkurven, eine Zusammenfassung der wichtigsten Merkmale der Abflussmengendauerkurve, das mittlere jährliche Bruttogefälle und die Bruttoleistung, aufgeteilt in Tarifklassen (Bild 4).

Adresse des Verfassers:
Peter Gschwind lic. math.
Abt. für Datenverarbeitung des Kantons Bern
Parkterrasse 10/12
3012 Bern

Gelobt seist Du, mein Herr,
durch Schwester Quelle,
die gar so nützlich ist,
bescheiden, köstlich und keusch.
(aus dem Sonnengesang des hl. Franz von Assisi)

Vom Wasser kommt der Bäume Saft,
befruchtend gibt das Wasser Kraft
aller Kreatur der Welt
(aus Wolfram von Eschenbachs Parzifal)