Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 15 (1922-1923)

Heft: 12

Artikel: Wasserwirtschaftliche Ablösungspläne

Autor: Ludin, Adolf / V.B.J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920354

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: 10.07.2025

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

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT

Offizielles Organ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, sowie der Zentralkommission für die Rheinschiffahrt .·.·.·. Allgemeines Publikationsmittel des Nordostschweizerischen Verbandes für die Schiffahrt Rhein-Bodensee

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFAHRT

Gegründet von Dr. O. WETTSTEIN unter Mitwirkung von a. Prof. HILGARD in ZÜRICH und Ingenieur R. GELPKE in BASEL

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH 1
Telephon Selnau 3111 .·.·.·. Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich.

Alleinige Inseraten-Annahme durch:
SCHWEIZER-ANNONCEN A. G. - ZÜRICH
Bahnhofstrasse 100 — Telephon: Selnau 5506
und übrige Filialen.
Insertionspreis: Annoncen 40 Cts., Reklamen Fr. 1.—
Vorzugsseiten nach Spezialtarif

Administration und Druck in Zürich 1, Peterstrasse 10
Telephon: Selnau 224
Erscheint monatlich
Abonnementspreis Fr. 18.— jährlich und Fr. 9.— halbjährlich
für das Ausland Fr. 3.— Portozuschlag
Einzelne Nummern von der Administration zu beziehen Fr. 1.50 plus Porto.

No. 12 **ZÜRICH, 25. September 1923** **XV. Jahrgang**

Inhaltsverzeichnis:

Wasserwirtschaftliche Ablösungspläne — Hinterrhein-Kraftwerke der Rhätischen Werke für Elektrizität in Thusis (Projekt) — Offizielle Massnahmen des Staates zur Bekämpfung der Arbeitslosigkeit — Die heutige Lage der Elektrizitätsversorgung der Schweiz — Aus dem Bundesgericht — Ausfuhr elektrischer Energie — Eidgenössische Kommission für Ausfuhr elektrischer Energie — S. I. A. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein — Mitteilungen des Verbandes der Aare-Rheinwerke — Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband — Wasserkraftausnutzung — Geschäftliche Mitteilungen — Kohlen- und Oelpreise.

Wasserwirtschaftliche Ablösungspläne.

Von Dr. Ing. Adolf Ludin, beratender Ingenieur V. B. J.
Karlsruhe i. B.

Bei Ausbau von Großwasserkraftanlagen, die, namentlich im Gebirge, häufig mit weitausgreifenden Wasserumleitungen arbeiten, und dadurch den Unterliegern in der ausgenützten Flußstrecke das Nutzwasser mehr oder minder entziehen, ergibt sich in der Regel die Notwendigkeit, zahlreiche von Alters her bestehende kleinere und grössere Triebwerke abzulösen. Häufig wird diese Ablösung nicht durch Geldentschädigung, sondern in natura, durch Lieferung elektrischen Stromes in die, zu diesem Zwecke nach Bedarf mit motorischem Antrieb auszustattenden, Triebwerke bewerkstelligt. Jedenfalls ergibt sich immer bei der Projektierung der Großanlage die Aufgabe, in übersichtlicher, nachprüfbarer Form den Nachweis der den einzelnen Triebwerken entzogenen Nutzwassermassen und der daraus sich ergebenden, nach Maßgabe ihrer Betriebszeit und Nutzgefälle zu beurteilenden Ausfälle an nutzbarem Arbeitsvermögen zu führen.

Die Aufstellung eines einheitlichen, übersichtlichen und allgemein gültigen Verfahrens für die rechnerische Behandlung dieser wasserwirtschaftlichen Aufgabe ist der Gegenstand der nachstehenden Arbeit.

I. Der wasserwirtschaftliche Längenschnitt.

1. Es handelt sich zunächst darum, eine übersichtliche Darstellung des Wasserhaushaltes und seiner Veränderung an jedem Punkt der in Betracht kommenden „berührten" Gewässerstrecke zu schaffen. Zu diesem Zweck trägt man in den gewöhnlichen, Talwegsohle- und MW-Spiegel enthaltenden Längenschnitt der Gewässerstrecke (Abb. 1) noch folgende, an Hand der hydrographischen Karte und sonstiger hydrographischen Unterlagen (Pegelbeobachtungen, Wassermessungen usw.) zu ermittelnde Angaben ein:

Das Einzugsgebiet F in km²,
die MW-Spende q_M in sl/km²,
die NNW-Spende q_{NN} und zwar nach Bedarf und Möglichkeit: sowohl für ein mittleres Jahr oder einen langjährigen Durchschnitt, als auch für ein besonders trockenes Jahr.

Ferner trägt man ein: als Ergebnis von Wassermessungen oder berechnet aus Einzugsgebiet und indirekt ermittelter Spende die MW-Menge Q_M und die NNW-Menge Q_{NN}, beides wieder für ein mittleres und besonders trockenes Jahr. Diese Wassermengen können in m³/sek. oder besser: in % des langjährigen Mittelwassers einer bestimmten Stelle „P" (= Pegel- und Meßstelle) des Wasserlaufs angegeben werden.

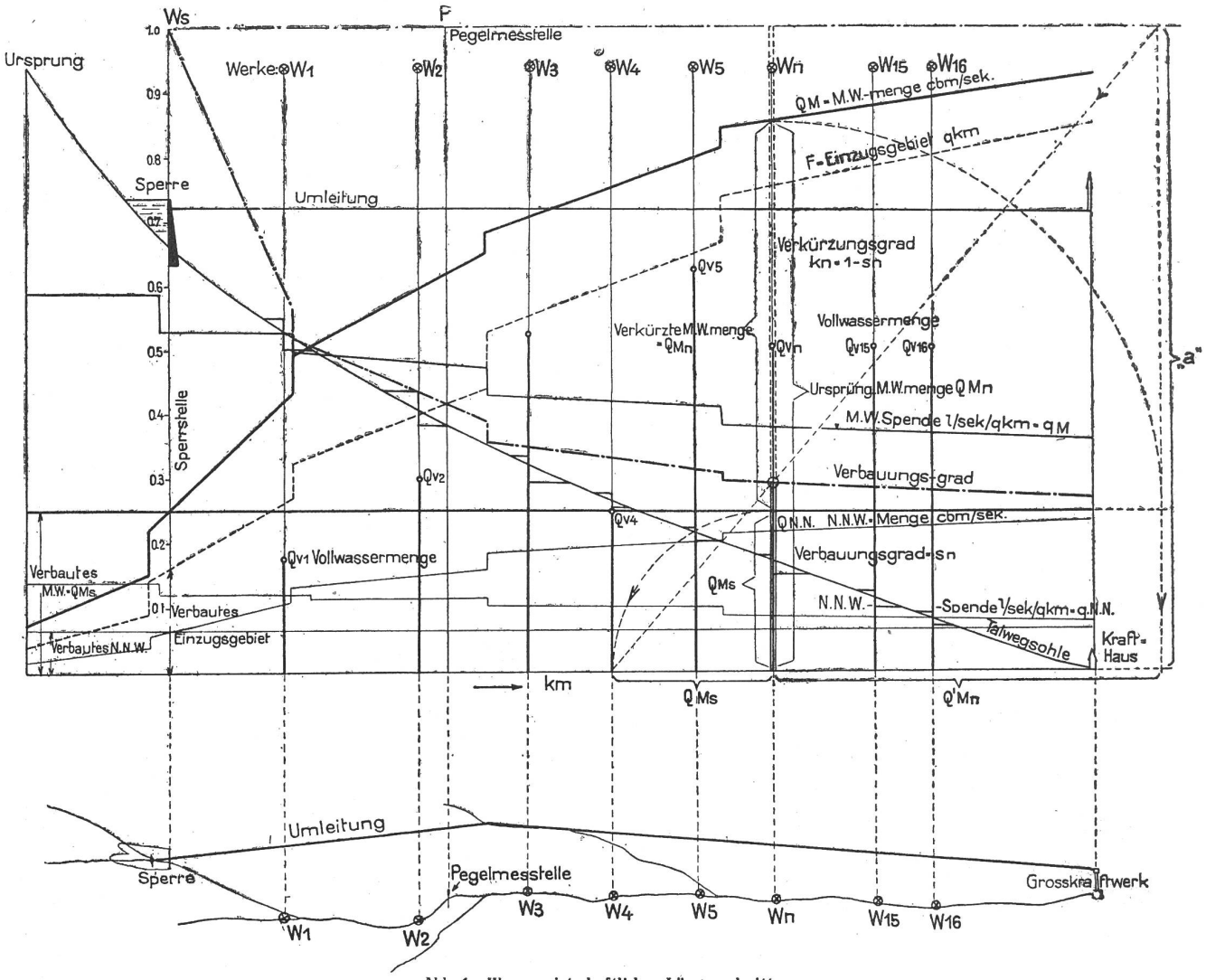

Abb. 1. **Wasserwirtschaftlicher Längenschnitt.**

Endlich trägt man ein: Die Wasserfassungsstellen der einzelnen Triebwerke (W_1, W_2 usw.), den Standort der Wasserfassung der geplanten Großanlage (W_s = Stauanlage) unter Angabe der jeweiligen Ausbaugröße durch Eintrag der Vollwassermenge Q_{V1}, Q_{V2}, usw.

2. Für die hier in Untersuchung stehenden wasserwirtschaftlichen Fragen wird in der Regel die Wasserdauerlinie als Unterlage vollkommen ausreichen, also ein Eingehen auf den zeitlichen Verlauf der Wasserführung nicht nötig sein (in welchem Falle mit Jahresganglinien und -massenlinien gearbeitet werden müsste). Und zwar wird man eine über mehrere Jahre ermittelte „durchschnittliche" Dauerlinie hauptsächlich zu Grunde legen, während die Untersuchung der Verhältnisse eines besonders trockenen Einzeljahres anhand der zutreffenden Einzeljahresdauerlinie nicht unter allen Umständen nötig ist.

Für jeden Punkt des Talwegs lässt sich eine solche Wasserdauerlinie feststellen, wenn man für eine oder einige Pegelstellen P mehrjährige Wassermessungen und Pegelaufschreibungen vorliegen hat und ausserdem für die übrigen Talorte wenigstens einige einzelne Vergleichsmessungen, die es erlauben, die Gleichwertigkeitslinien aufzustellen (Abb. 2).

In Ermangelung solcher, sehr eingehende Vorarbeiten voraussetzenden Unterlagen und praktisch genau genug wird man folgendes vereinfachte Verfahren anwenden können:

Man betrachtet die Wasserdauerlinien verschiedener Punkte des Talwegs (Abb. 3) als geometrisch ähnliche Kurven, nimmt also an, dass das zahlenmässige Verhältnis zwischen gleichlangdauernden Wassermengen über den ganzen Bereich der Wasserführung hin ein unveränderlicher Festwert sei. Nach dieser für nicht zu grosse Gewässerstrecken in der Regel praktisch zutreffenden Annahme wäre also

$$\underset{\text{für Überschr.-Dauer } T_1}{Q_{15} : Q_p : Q_n : Q_2} = \underset{\text{für beliebige andere Überschr.-Dauer z. B. } T_x}{Q_{15} : Q_p : Q_n : Q_2}$$

Diese — praktisch meist durchaus zulässige — Annahme erlaubt es, die ganze weitere Untersuchung

dahin zu vereinfachen, dass für alle Talwegsorte ein und dieselbe Dauerlinienform zugrunde gelegt wird, die als für das ganze Tal charakteristische Kurve: Talwasserdauerlinie genannt werden soll. Für jeden Talwegsort wäre dabei natürlich ein anderer Wasserspenden- bezw. mengenmaßstab einzutragen und alle diese Maßstäbe wären geometrisch ähnlich. Einfacher ist es indessen, einen einzigen Höhenmaßstab, eingeteilt nach Prozent der Mittelwassermenge zu verwenden.

Eine Ordinate der Talwasserdauerlinie, an diesem Maßstab abgelesen, nennen wir als reine, auf MW-Menge bezogene Verhältniszahl = Wassergrösse im Gegensatz zur absolut, in sl/km² oder m³/sek. auszudrückenden Wasserspende (q) bezw. Wassermenge (Q). In der Bezeichnung soll der Unterschied zwischen Wassergrösse und Wassermenge durch Zusatz des Prozentzeichens, wo es nötig ist, hervorgehoben werden.

Man braucht bei Benutzung der Talwasserdauerlinie nur die Mittelwassermenge des untersuchten Talwegsortes Q_{Mn} zu kennen und kann dann jede andere Wassermenge der beliebigen Dauer T_x nach Entnahme der Wassergrösse $Q^{x}\,\%$ berechnen aus:

$$Q^x = Q^{x}\,\% \cdot Q_{Mn}.$$

Kennt man die MW-Menge Q_{Mn} des betreffenden Talwegsortes selbst nicht, vielmehr nur diejenige eines anderen z. B. der Pegelmeßstelle Q_{Mp} und ferner die Gleichwertigkeitsziffer g^x, d. i. das Verhältnis zwischen der gleichwertigen Wassermenge des Talwegsortes W_n und der Pegelstelle P, so gilt:

$$Q^x = Q^{x}\,\% \cdot g^x \cdot Q_{Mp}.$$

3. Wird an der Stelle W_s ein Stauwerk mit anschliessender Umleitung angelegt, so wird dadurch einer weiter unten liegenden Stelle W_n ein Teil des natürlichen Einzugsgebietes und damit der natürlichen Zuflusswassermengen „verbaut". Das „ursprüngliche" Einzugsgebiet und die „ursprüngliche" Zuflusswassermenge des Werkes W_n wird um das „verbaute" Einzugsgebiet bezw. die „verbaute" Wassermenge der Sperrstelle W_s „verkürzt". Das Verhältnis des „verbauten" Einzugsgebietes bezw. der „verbauten" Zuflusswassermenge der Sperrstelle zu dem ursprünglichen vor der Verbauung vorhandenen Einzugsgebiet bezw. der ursprünglichen Zuflusswassermenge nennen wir „Verbauungsgrad". Im wasserwirtschaftlichen Längenschnitt lässt sich für jeden Punkt der Gewässerstrecke auf Grund einer einfachen Konstruktion leicht der Verbauungsgrad ermitteln; z. B. zieht eine Wagrechte durch den Punkt

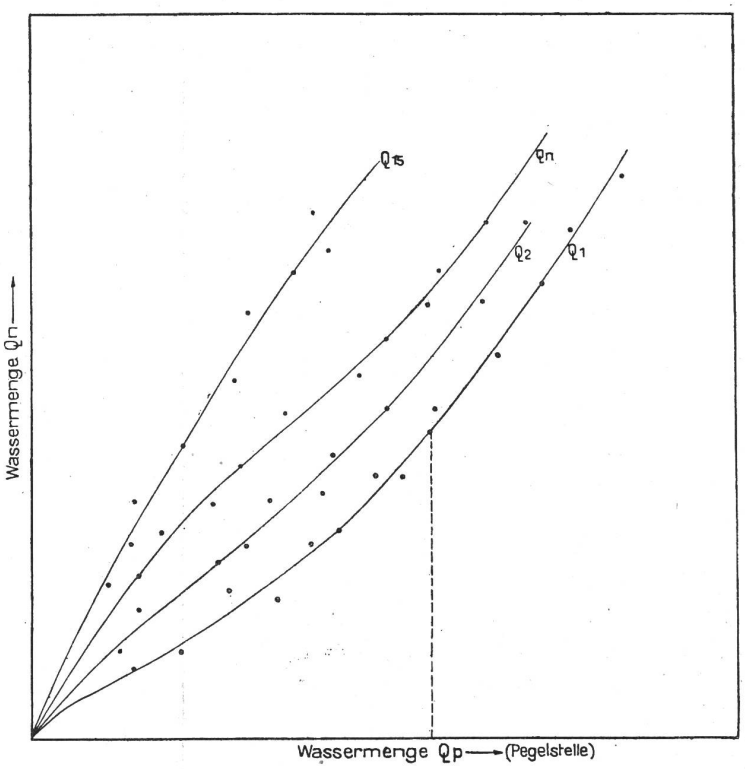

Abb. 2. **Gleichwertigkeitslinie.**

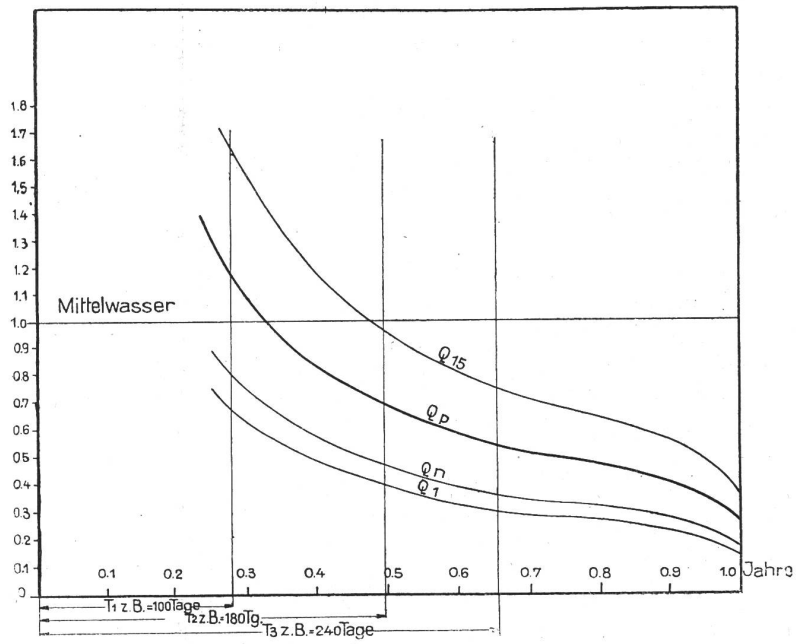

Abb. 3. **Wasserschaulinie verschiedener Punkte der Talwege.**

Q_{Ms} der MW-Linie von jeder beliebigen MW-Menge Q_{Mn} das erfasste MW (Q_{Ms}) der Verbauungsstelle ab, und lässt die „verkürzte" MW-Menge Q'_{Mn} übrig. Der Verbauungsgrad ist nun nach Definition $s_n = \frac{Q_{Ms}}{Q_{Mn}}$ und mit dem Rechenschieber oder praktisch durch eine in Abb. 1 angedeutete Konstruktion zu ermitteln.

4. Wenn, wie oben angenommen, in der ganzen Gewässerstrecke alle gleichdauernden ursprünglichen Wassermengen verhältnisgleich sind, so gilt dies, wie

leicht einzusehen, auch für die verkürzten Wassermengen nach Erstellung des Stauwerkes, mit anderen Worten: auch die verkürzten Wasserdauerlinien der einzelnen Talwegspunkte sind geometrisch ähnlich den ursprünglichen Dauerlinien, unter anderem also auch der ursprünglichen Dauerlinie der Meßstelle P. Diese ursprüngliche Dauerlinie (Abb. 4) gilt daher ohne weiteres auch für die verkürzten Wassermengen.

Dabei bestehen folgende Zahlenbeziehungen:

Ursprüngliche Wassermenge bezw. -grösse	Q_n bezw.	Q_n %
Verbaute (gleichwertige) Wassermenge	Q_s „	Q_s %
Verkürzte (gleichwertige) Wassermenge	Q'_n „	Q'_n %

$Q'_n = Q_n - Q_s$ Verbauungsgrad $s_n = \frac{Q_s}{Q_n}$

daher auch: $Q'_n = Q_n\,(1 - s_n) = k_n \cdot Q_n$,

worin $k_n = 1 - s_n$ als „Verkürzungsgrad" der Stelle W_n zu bezeichnen und einfach durch Eintrag der Wagrechten in Höhe „1" an der Linie „Verbauungsgrad" im wasserwirtschaftlichen Längenschnitt abzulesen.

Ist für irgend ein Werk W_n der Verbauungsgrad s_n aus dem wasserwirtschaftlichen Längenschnitt entnommen, so ist die verkürzte Wasserdauerlinie des Werkes dadurch gegeben, dass man alle Ordinaten der zu Grunde liegenden ursprünglichen Talwasserdauerlinie mit dem Verkürzungsgrad $k_n = 1 - s_n$ multipliziert, was sich zeichnerisch darstellen liesse dadurch, dass man eine geometrisch ähnliche, aber entsprechend niedriger verlaufende Dauerlinie unter die ursprüngliche eintragen würde (Abb. 3 und 4).

Im folgenden wird aber ein Verfahren abgeleitet werden, das diese bei grosser Zahl der in Betracht zu ziehenden Werke umständliche direkte Ermittelung durch ein übersichtliches indirektes Verfahren (mit Hilfslinien) vorteilhaft ersetzt.

II. Der Ablösungs-Leistungsplan.

1. Ist das abzulösende Werk auf eine „Vollwassermenge" der Grösse Q_{vn} ausgebaut, so läuft, wie Abb. 5 zeigt, die Aufgabe darauf hinaus, den Arbeitsverlust, der dem Werk durch die Erstellung der Grossanlage und die Verkürzung der Dauerlinie von Q_n auf Q'_n erwächst, zu ermitteln. Zeichnerisch ist dieser Arbeitsverlust in Abb. 5 gegeben durch den vollschraffierten Flächenzwickel (4′ 3′ 3 4).

2. Diesen Zwickel $\triangle f_w$ wird man, wenn es sich um eine grössere Zahl abzulösender Werke und demnach auch um Durchführung einer Reihe gleichartiger Ermittelungen handelt, indes nicht durch Aufzeichnung der zahlreichen „verkürzten" Dauerkurven und Planimetrierung der Differenzflächen, sondern

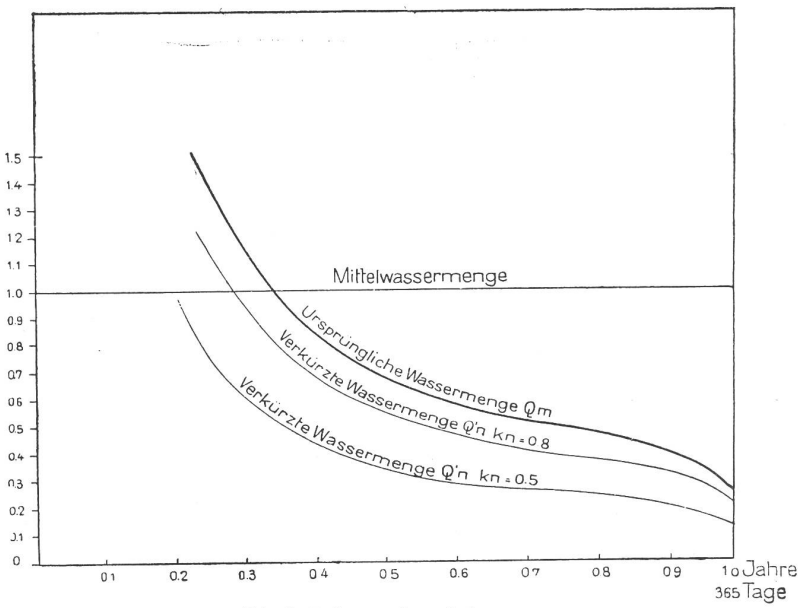

Abb. 4. **Talwasserdauerlinie.**

einfacher und übersichtlicher in folgender Weise ermitteln:

Man berechnet an Hand der ursprünglichen Talwasserlinie (Abb. 4 und 5) für 5—6 Werte der Ausbaugrösse (Vollwassermenge Q_v) — von z. B. 40 bis 60—80—100—120 % der MW-Menge des betreffenden Werkes — die nutzbaren Wasser- bezw. Arbeitsflächen f_w (= 12345 in Abb. 5). Teilt man diese Werte f_w durch die zugrundeliegende Vollwassergrösse Q_v %, so erhält man die in Bruchteilen des vollen Jahres ausgedrückte „mittlere Nutzbarkeitsdauer" T_m der Volleistung:[1])

$$T_m = f_w : Q_v.$$

Nach Ermittlung der 5—6 Werte T_m für die angenommenen verschiedenen Ausbaugrössen trägt man sie zeichnerisch in den Leistungsplan (Abb. 5) ein und erhält so die Linie der mittleren Nutzbarkeitsdauer oder Werknutzbarkeit T_m.

3. Wir können jetzt nachweisen, wie — ganz einfach — die gesuchte „Zuflussverkürzung" $\triangle f_w$ aus der Nutzbarkeitsdauerlinie abgegriffen werden kann:

Die Ordinaten der verkürzten Dauerlinie Q′ stehen nach früherem zu den auf gleicher Abscisse (Dauer) errichteten der ursprünglichen Dauerlinie Q in unveränderlichem, nur vom Standort der Sperre und des einzelnen Triebwerkes abhängigem Verhältnis:

$Q' : Q = (1 - s_n) = k_n =$ Verkürzungsgrad des betreffenden Werkes.

Die ursprüngliche nutzbare Wassermasse $f_w =$

[1]) vergl. Ludin, Ausbau der Niederdruckwasserkräfte 1910 S. 80 und Ludin, die Wasserkräfte 1913 S. 95. Es ist T_m dieselbe Grösse, für die Camerer später die Bezeichnung „Werknutzbarkeit" vorgeschlagen hat, weil man sie auch als Verhältnis der mittleren nutzbaren Leistung zur Volleistung des Werkes auffassen kann.

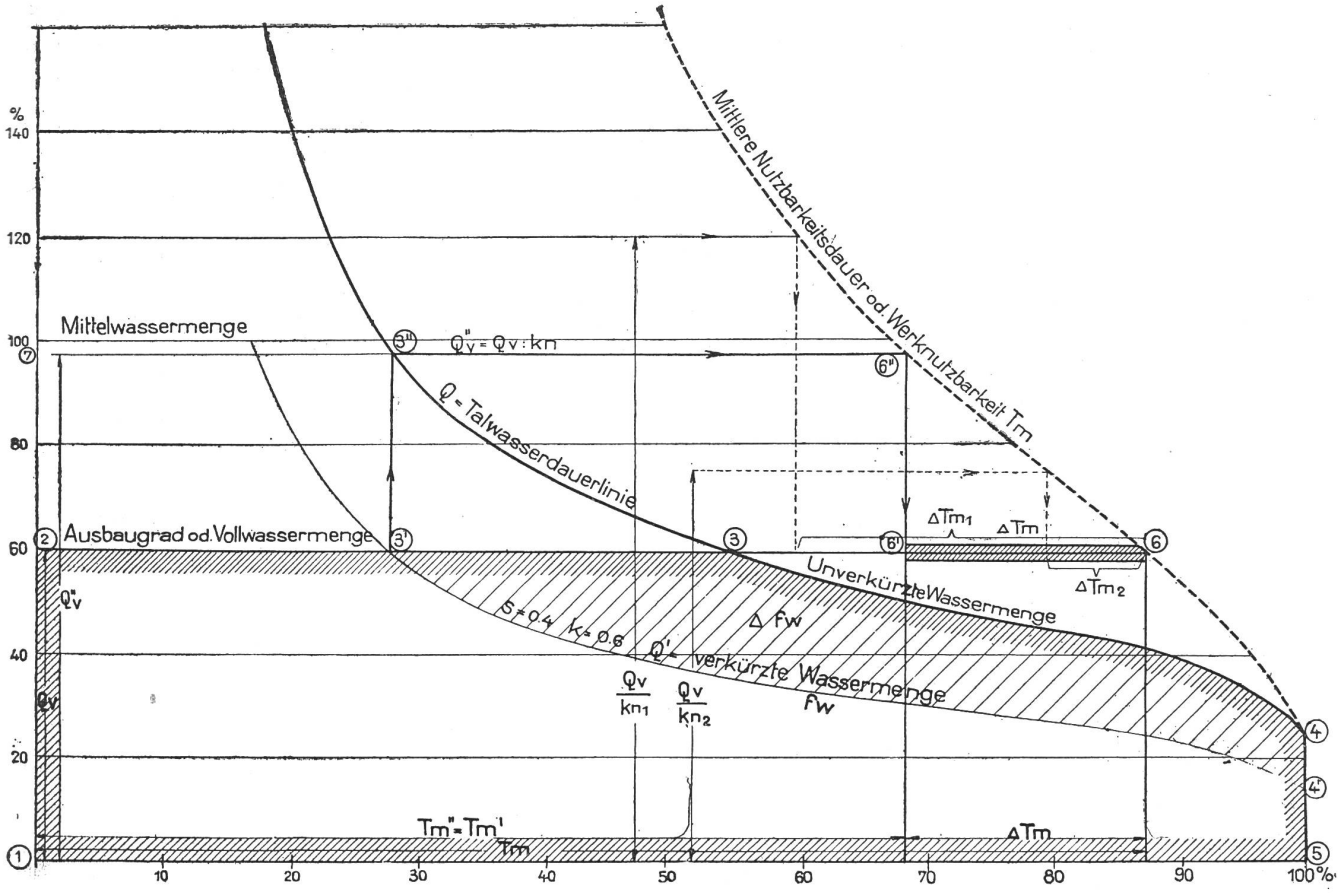

Abb. 5. **Leistungsplan.**

Fläche (12345) ist auf Grund der Nutzbarkeitsdauerlinie gegeben durch:

$$f_w = Q_v \cdot T_m.$$

Die verkürzte Wassermasse f_w = (123'4'5) in Abb. 5 wird in folgender Weise gefunden:

Durch den Schnittpunkt 3' der verkürzten Dauerlinie Q'' mit der Wagrechten (23) = Vollwassergrösse (Q_v) des Werkes zieht man eine Senkrechte bis zum Schnitt 3'' mit der ursprünglichen Talwasserdauerlinie Q. Die Wagrechte (3'' 6'') durch den neuen Schnittpunkt 3'' kann man als eine gedachte Vollwassergrösse Q''_v auffassen. Dann ist die nutzbare Fläche für sie = (173'' 45) einfach eine im Verhältnis $Q : Q' = \frac{1}{k_n}$ vergrösserte Darstellung der gesuchten Fläche (123'4'5) = f'_w oder umgekehrt : $f_w' = k_n \cdot f_w''$; f_w'' ist aber ohne weiteres aus der Nutzbarkeitsdauerlinie T_m zu entnehmen am Punkte 6'', da $T_m'' = T_m' = f''_w : Q''_v$. Man hat also für die Verlustfläche: $\triangle f_w$ = (12345) — (123'4'5) die Bezeichnung:

$$\triangle f_w = T_m \cdot Q_v - k_n \cdot T'_m \cdot Q''_v.$$

Da aber nach obigem $Q''_v = \frac{Q_v}{k_n}$, so hebt sich k_n heraus und übrig bleibt:

$$\underline{\underline{\triangle f_w = (T_m - T_m'') \cdot Q_v = \triangle T_m \cdot Q_v.}}$$

Auf Grund dieser überraschend einfachen Beziehung findet man an Hand der Talwasserdauerlinie Q und der Nutzbarkeitsdauerlinie T_m (Abb. 5) die Wasserverluste eines beliebigen Werkes ohne weitere Zeichnung rasch in folgender Weise:

Man entnimmt aus dem wasserwirtschaftlichen Längenschnitt den Verkürzungsgrad $k_n = 1 - s_n = \frac{Q_n - Q_s}{Q_n}$ und berechnet $Q_v'' = \frac{Q_v}{k_n}$. Durch Auftragung dieses Wertes wird der Punkt 3'' und durch Ziehen der Wagrechten 3'' 6'' und der Senkrechten 6'' 6' der Punkt 6' erhalten. Die wagrechte Strecke 6 6' = $\triangle T_m$ ist der gesuchte Nutzbarkeitsdauerverlust = $\triangle f_w : Q_v$.

Bis hierher, wie man sieht, war es noch nicht nötig, die Gleichwertigkeitsziffer g_n oder die tatsächliche Mittelwassermenge (m^3/sek.) des betreffenden Werkes heranzuziehen, die ganze Rechnung arbeitet bis hierher vielmehr lediglich mit „Wassergrössen" (d. h. Prozenten der MW-Menge)

4. Führt man die Rechnung und Konstruktion für mehrere Werke durch, so erhält man eine Darstellung wie Abb. 5, in die man zum Abschluss nur noch die Zahlen für die einzelnen Mittelwassermengen Q_{Mn} in m^3/sek. und die Nutzgefälle h_n einschreiben kann, sodass man alle erforderlichen Zahlen für die Ausrechnung der am einzelnen Werk eintretenden Arbeitsverluste übersichtlich zur Hand hat. Bei der listenmässigen Ausrechnung dieser Werte braucht

man dann lediglich noch die Betriebsstundenzahlen, um zu den tatsächlichen und durch Ablösung zu vergütenden Arbeitsverlusten zu gelangen.

Das Ablösungsschaubild.

1. Für Fälle, wo die Zahl der abzulösenden Werke gross ist, kann man indes von der mit der Hauptgleichung $\Delta f_w = (T_m - T_m'') \cdot Q_v = \Delta T_m \cdot Q_v$ erreichten Einsicht nach anderer Richtung und einen Schritt weiter vorgehen und eine ganz allgemein gültige übersichtliche Darstellung der Beziehung zwischen Verbauungsgrad s_n oder Verkürzungsgrad k_n, Ausbauhöhe Q_v und Nutzbarkeitsverlust Δf_w, zunächst ohne Rücksicht auf die tatsächliche Lage und Grösse der einzelnen Werke, ableiten.

Man nimmt abgestufte Wassergrössenwerte Q_v % = 40—60—80—100—120 % vom MW an und ebenso eine Reihe abgestufter Werte k_n des Verkürzungsgrades. Mit diesen führt man in paarweiser Kombination die Ermittlung der Werte ΔT_m nach dem vorigen Abschnitt aus und trägt die so erhaltenen Wertetripel (O_v, k_n, ΔT_m) zu einem Schaubild zusammen, wie Abb. 6, 7 und 8 zeigen.

Abbildung 6 zeigt, wie bei der Auftragung eine Schar von k_n-Kurven entsteht. Ferner, wie man graphisch danach die Werte $\Delta f_w = Q_v \cdot \Delta T_m$ ermitteln kann.

2. Hält man einen beliebigen Wert Δf_w = Konstante = c fest, so ist „$c = Q_v \cdot \Delta T_m$" die Gleichung einer Hyperbel, und so lässt sich (Abb. 7) eine Hyperbelschar zeichnen, die, nach abgestuften Werten von Δf_w beziffert, die Ablesung von Δf_w zu jedem Wert Q_v und k_n bequem gestattet. Verwendet man endlich für Q_v und ΔT_m logarithmische Maßstäbe (Abb. 8), so verwandeln sich die Hyperbeln in parallele Grade, was die Herstellung des Schaubildes erheblich vereinfacht.

3. Eine Darstellung in der Form der Abbildung 7 oder 8 soll „Ablösungsschaubild" heissen.

Die Darstellung hat unter der alleinigen Voraussetzung der Verhältnisgleichheit gleichwertiger Wassermengen innerhalb der betrachteten Gewässerstrecken vollkommen unbegrenzte Allgemeingültigkeit für alle Gewässer, deren Dauerlinie der Form nach annähernd der hier zur Aufstellung benutzten sich anpasst.

In dieses Schaubild kann man die für die einzelnen Werke einer bestimmten Gewässerstrecke zutreffenden charakteristischen Werte (Q_v, k_n) eintragen, wodurch für jedes Werk ein Kennpunkt erhalten wird. Die Lage dieses Punktes im System der Δf_w-linien gestattet die unmittelbare Ablesung der dem betreffenden Werk zukommenden tatsächlichen Bruttowassergrössenverluste, aus den noch nach Gleichwertigkeitsziffer, Gefälle und Benutzungsdauer der tatsächlich abzulösende Wassermassen- und Arbeitsverlust zu berechnen ist, den man dann noch in den wasserwirtschaftlichen Längenschnitt übertragen kann.

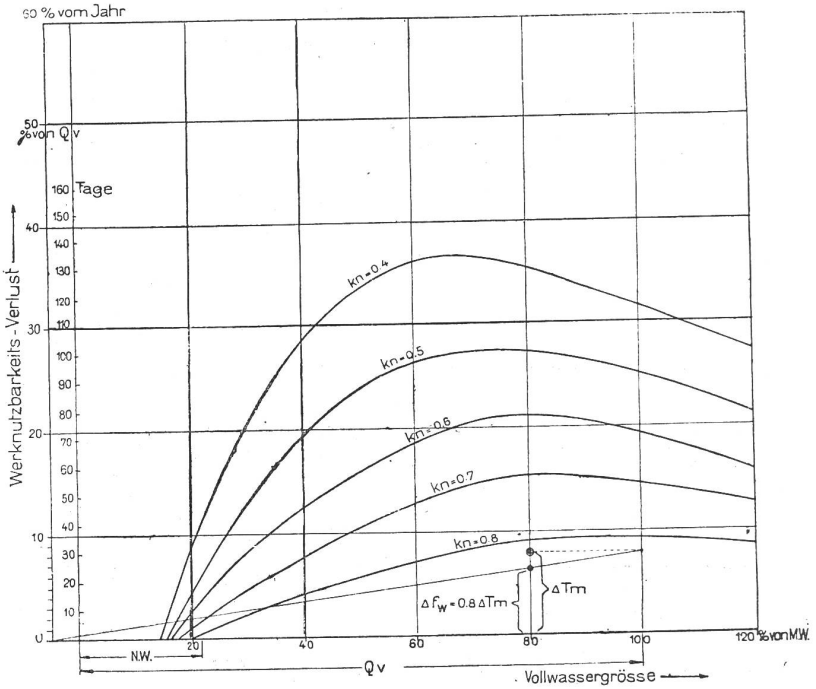

Abb. 6. **Ablösungsschaubild.**

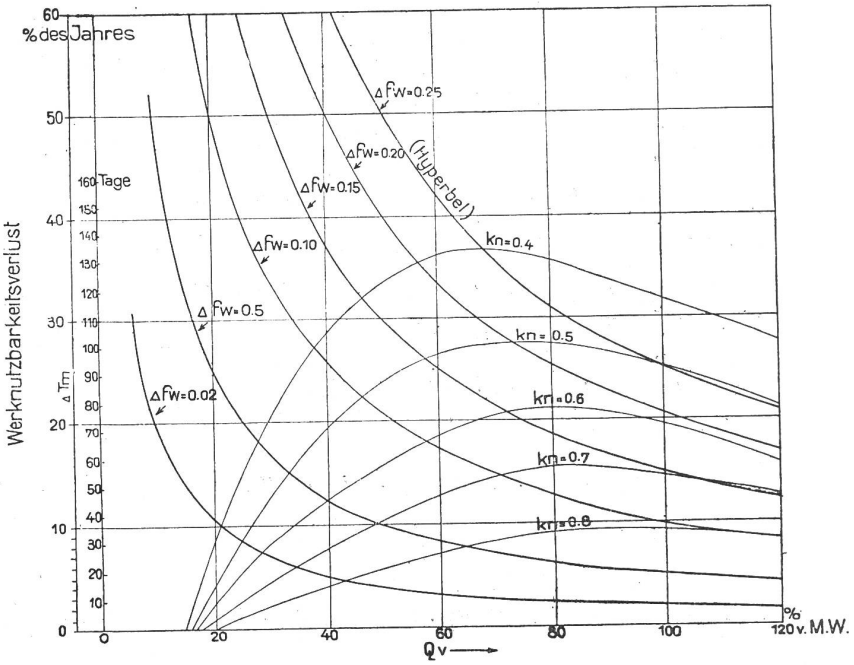

Abb. 7. **Ablösungsschaubild.**

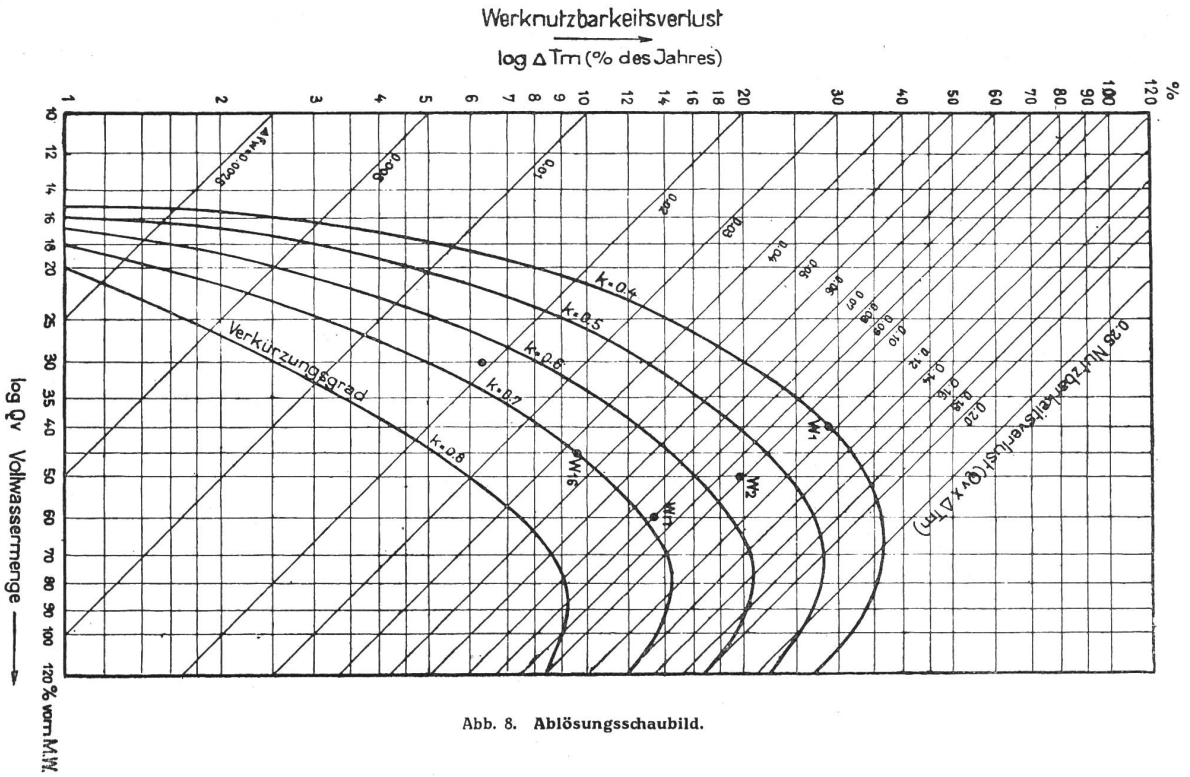

Abb. 8. **Ablösungsschaubild.**

Beispiel zur Berechnung der Ablösungsansprüche

Ordnungs-Ziffer	Art des Triebwerkes	Nutzgefälle h. in m.	Wirkungsgrad η	Vollwassermenge m³/sek.	Ausbaugrösse (% des Mittelwassers)	Verkürzungsgrad k_n	Betriebsdauer im Jahr: Std.	Bruttowasserverlust Δf_w in % der Vollwassermenge	Ablösungsansprüche in kWh
W_1	Mittelschlächtiges Rad	4	70 %	0,340	40	0,40	2920	12 %	$\frac{9,3 \cdot 0,34 \cdot 0,12 \cdot 4}{1,46} \cdot 2920 = 3050$
W_2	Oberschlächtiges Rad	6	70 %	0,600	50	0,55	3500	10 %	$\frac{9,3 \cdot 0,6 \cdot 0,10 \cdot 6}{1,46} \cdot 3500 = 8000$
W_4	„	5	75 %	0,500	30	0,65	1000	2 %	$\frac{10 \cdot 0,5 \cdot 0,02 \cdot 5}{1,46} \cdot 1000 = 340$
W_n	„	4	75 %	1,020	60	0,69	6000	8 %	$\frac{10 \cdot 1,02 \cdot 0,08 \cdot 4}{1,46} \cdot 6000 = 13500$
W_{16}	„	3,5	75 %	0,810	45	0,70	3500	5,5 %	$\frac{10 \cdot 0,81 \cdot 0,055 \cdot 3,5}{1,46} \cdot 3500 = 3800$

Die Aufstellung des Ablösungsschaubildes ist für die Ausrechnung an sich, wie oben schon gezeigt, nicht unerlässlich; aber sie hat den Vorzug der Anschaulichkeit. Sie vermag in überzeugender Weise auch den Laien — und mit solchen hat man es bei Ablösungsverhandlungen doch in der Hauptsache zu tun — zu zeigen, wie mit wachsender Entfernung seines Triebwerkes vom Verbauungsort der Einfluss der Verbauung verhältnismässig rasch abnimmt.

▪▪▪

Hinterrhein-Kraftwerke der Rhätischen Werke für Elektrizität in Thusis*) (Projekt).

I. Ausbau.

Im ersten Ausbau soll das Gefälle des Hinterrheins von Sufers bis Andeer ausgenützt werden. Bei Sufers wird ein Stausee mit einem nutzbaren Stauinhalt von 30 Millionen Kubikmeter erstellt. Der Averserrhein wird bei Innerferrera gefaßt und dem Stausee zugeleitet. Die Länge des Druckstollens Sufers-Andeer beträgt 4 Kilometer. Das mittlere Nettogefälle wird 411 Meter betragen. Die totale Jahreserzeugung ohne Berücksichtigung der variablen Sommerabfallkraft beträgt 268 Millionen kWh, wovon 175 Millionen kWh 3000stündige Jahreskonstantkraft. Das baureife Ausführungsprojekt liegt vor; die Inangriffnahme der Bauarbeiten ist vorläufig noch zurückgestellt. Die geologischen Verhältnisse sind durch umfangreiche Untersuchungen und Sondierungen abgeklärt und als sehr günstig befunden worden.

Die Anlagekosten betragen ca. Fr. 40 Millio-

*) Aus dem „Führer durch die schweizerische Wasserwirtschaft", II. franz. Auflage.