Methoden zur Bestimmung von Abflussmengen in Fluss-Strecken mit veränderlichem Rückstau

Autor(en): **Fischer, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **59 (1967)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-920985

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

METHODE ZUR BESTIMMUNG VON ABFLUSSMENGEN IN FLUSS-STRECKEN MIT VERÄNDERLICHEM RÜCKSTAU

DK 551.48.018

M. Fischer, dipl. Ing., Adjunkt des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft

In einer Flussstrecke mit normalem, unbehindertem Abfluss lässt sich bekanntlich eine eindeutige Beziehung zwischen Pegelstand und Abflussmenge aufstellen. Diese Beziehung (P-Q Kurve) wird durch Wassermessungen nach den bekannten Methoden (Flügelmessungen, Verdünnungsmessungen etc.) unter gleichzeitiger Beobachtung des Pegelstandes gewonnen. In der Praxis wird der leicht messbare Pegelstand mit einem sogenannten Limnigraphen registriert, wonach mittels der P-Q Kurve die dazugehörigen Abflussmengen bestimmt werden können.

Befindet sich nun in der Flussstrecke unterhalb der Messstation ein Wehr, ein See oder die Einmündung eines Zuflusses, die einen variablen Rückstau erzeugen, so besteht zwischen Pegelstand und Abflussmenge keine eindeutige Beziehung mehr. Für jede Stauhaltung gilt dann eine spezielle P-Q Kurve, so dass an Stelle der einen Kurve eine Kurvenschar aufgestellt werden muss.

Die Bestimmung einer solchen Kurvenschar erfordert sehr viel Aufwand, indem nicht nur bei jeder Wasserführung sondern zusätzlich noch bei jeder Stauhaltung gemessen werden muss. Es kann Jahre dauern, bis extreme Zustände mit genügend Messpunkten belegt werden können. Es kann auch vorkommen, dass ein natürliches Flussbett durch Hochwasser erodiert wird und dass dadurch die Kurvenschar ändert, bevor diese eindeutig bestimmt ist.

Diese Umstände haben uns bewogen, schon seit längerer Zeit nach Methoden zu suchen, die es erlauben, die Aufstellung von Kurvenscharen zu umgehen. Eine solche Methode, die im Staugebiet eines Rheinkraftwerkes erprobt wurde, ist Gegenstand dieses Berichtes.

Nach dem Konzessionsvertrag muss dieses Kraftwerk die ihm zufliessenden Wassermengen ununterbrochen an das untenliegende Kraftwerk weiterleiten. Dabei ist der Oberwasserspiegel bis zu einer bestimmten Wasserführung auf einer Sollkote möglichst konstant zu halten. Wird diese Wasserführung überschritten, so muss der Stau nach bestimmten Vorschriften abgesenkt werden.

Die benützten Versuchseinrichtungen (Bild 1) bestanden aus einem provisorisch eingerichteten Limnigraphen ca. 10 km oberhalb des Kraftwerkes (Station 1), einem solchen im Oberwasser des Kraftwerkes (Station 2) und einer bestehenden Abflussmessstation (Station 3) im Unterwasser.

Wird der Oberwasserspiegel beim Kraftwerk genau konstant auf der Sollkote gehalten, so kann für die Station 1 eine eindeutige Beziehung zwischen Pegelstand und Abflussmenge aufgestellt werden, auch wenn diese im Rückstau liegt, was hier der Fall ist. Die Kurve weist gegenüber einer solchen mit nicht eingestautem Abfluss lediglich den Unterschied auf, dass sie von oben gesehen konkaven anstatt konvexen Charakter hat.

Die Methode des neuen Verfahrens liegt darin, dass je nach der Abweichung vom Normalstau bei der Station 2 auch die Registrierung bei Station 1 korrigiert wird, so dass immer die P-Q Kurve für Normalstau benützt werden kann. Wenn also z. B. im Oberwasser des Kraftwerkes ein Überstau von 10 cm entsteht, so steigt auch der Pegelstand bei der Station 1 um einen bestimmten Betrag, der jedoch kleiner ist als 10 cm. Der Pegelstand bei der Station 1 muss somit um die mit einem Korrekturfaktor multiplizierte Normalstauabweichung korrigiert werden. Untersuchungen haben ergeben, dass dieser Korrekturfaktor, der immer kleiner als 1 ist, nur eine Funktion der Abflussmenge ist und für alle Stauhaltungen gilt. Die Korrekturkurve für den vorliegenden Fall ist aus Bild 3 ersichtlich. Sie wurde an Hand von Staukurvenberechnungen, die mit Hilfe einer elektronischen Rechenmaschine durchgeführt wurden, aufgestellt. Die berechneten Punkte weisen eine gewisse Streuung auf, die aber nicht ins Gewicht fällt, da es sich um die Korrektur einer kleinen Grösse handelt.

Der praktische Versuch erstreckte sich über die Dauer von fünf Monaten, von Januar bis Mai 1966. Vorerst wurde die P-Q Kurve für Normalstau für die Station 1 mit Hilfe der in Station 3 ermittelten Wassermengen bestimmt. Dafür werden Tagesmittelwerte verwendet, an denen bei Station 2 Normalstau herrschte (Bild 2). Die Punkte weisen eine ge-

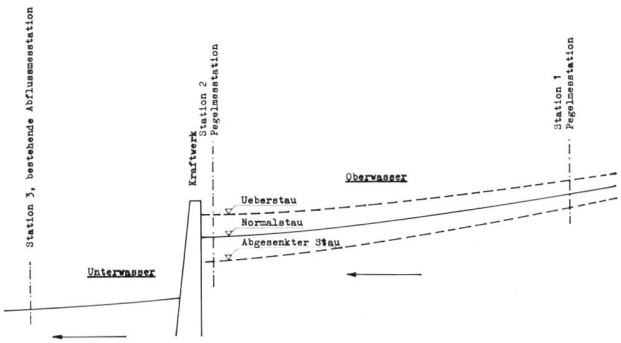


Bild 1 Disposition der Versuchseinrichtungen

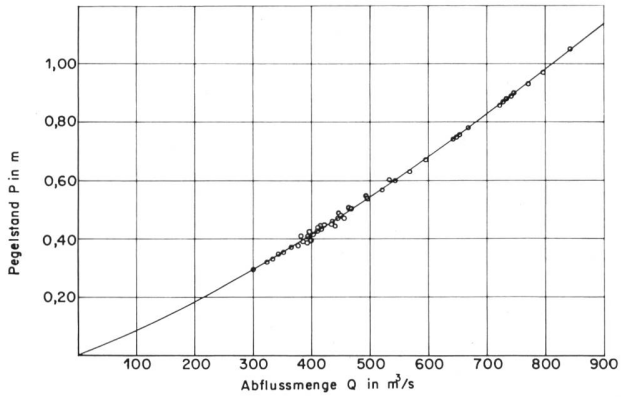


Bild 2 P/Q-Kurve für die Station 1 bei Normalstau

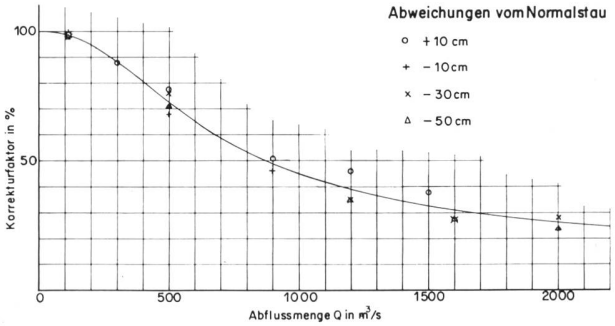


Bild 3 Korrekturfaktor in Funktion der Abflussmenge für die Station 1

BERECHNUNGSTABELLE

Tabelle 1

Datum April 1966	P m	Q_1 m³/s	K %	△P m	△P kor. m	P red. m	Q_2 m³/s	Q_3 m³/s	△Q m³/s	△Q %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	0,430	413	79,4	+ 0,005	+ 0,0040	0,4260	410	420	— 10	— 2,4
2.	0,430	413	79,4	— 0,005	— 0,0040	0,4340	417	416	+ 1	+ 0,2
3.	0,425	409	0	0	0	0,425	409	413	— 4	— 1,0
4.	0,425	409	79,7	— 0,005	— 0,0040	0,4290	412	413	— 1	— 0,2
5.	0,420	405	80,0	— 0,005	— 0,0040	0,4240	408	413	— 5	— 1,2
6.	0,415	402	0	0	0	0,415	402	406	— 4	— 1,0
7.	0,410	397	80,6	+ 0,005	+ 0,0040	0,4060	394	403	— 9	— 2,2
8.	0,415	402	0	0	0	0,415	402	406	— 4	— 1,0
9.	0,415	402	80,3	+ 0,005	+ 0,0032	0,4118	398	403	— 5	— 1,2
10.	0,430	413	0	0	0	0,430	413	416	— 3	— 0,7
11.	0,460	437	77,3	+ 0,005	+ 0,0039	0,4561	434	437	— 3	— 0,7
12.	0,450	430	78,0	+ 0,005	+ 0,0039	0,4461	427	434	— 7	— 1,6
13.	0,440	421	78,9	+ 0,005	+ 0,0039	0,4361	419	427	— 8	— 1,9
14.	0,425	409	79,7	+ 0,005	+ 0,0040	0,4210	406	416	— 10	— 2,4
15.	0,450	430	0	0	0	0,450	430	434	— 4	— 0,9
16.	0,445	426	78,4	— 0,005	— 0,0039	0,4489	429	441	— 12	— 2,7
17.	0,435	418	0	0	0	0,435	418	430	— 12	— 2,8
18.	0,445	426	0	0	0	0,445	426	441	— 15	— 3,4
19.	0,470	446	0	0	0	0,470	446	455	— 9	— 2,0
20.	0,571	523	70,7	+ 0,050	+ 0,0354	0,5346	500	495	+ 5	+ 1,0
21.	0,690	606	64,7	— 0,080	— 0,0518	0,7418	641	642	— 1	— 0,2
22.	0,641	573	67,0	— 0,080	— 0,0536	0,6986	610	609	+ 1	+ 0,2
23.	0,600	544	0	0	0	0,600	544	543	+ 1	+ 0,2
24.	0,565	519	71,0	+ 0,005	+ 0,0035	0,5615	516	521	— 5	— 1,0
25.	0,565	519	0	0	0	0,565	519	521	— 2	— 0,4
26.	0,575	527	70,2	— 0,005	— 0,0035	0,5785	529	532	— 3	— 0,6
27.	0,565	519	0	0	0	0,565	519	521	— 2	— 0,4
28.	0,575	527	70,2	+ 0,005	+ 0,0035	0,5715	524	528	— 4	— 0,8
29.	0,735	637	62,6	+ 0,005	+ 0,0031	0,7319	635	641	— 6	— 0,9
30.	0,655	583	66,4	+ 0,005	+ 0,0033	0,6517	581	586	— 5	— 0,9

wisse Streuung auf, die durch die Messtoleranz der Station 3 und vor allem durch die Zeitverschiebung der relativ weit auseinanderliegenden Stationen verursacht wird. Tabelle1 zeigt die Werte für den Monat April als Beispiel, an Hand welcher der Berechnungsvorgang verfolgt werden kann.

Kolonne		
1		Datum (Zeit
2	P	Tagesmittel der Pegelstände bei Station 1
3	Q_1	Nichtkorrigierte Abflussmenge bei Station 1 mit Hilfe der P–Q Kurve (Bild 2)
4	K	Korrekturfaktor in % aus Kolonne 3 mit Hilfe der Kurve auf Bild 3
5	△P	Abweichungen vom Normalstau bei Station 2
6	$\triangle P_{kor.}$	△P multipliziert mit dem Korrekturfaktor
7	$P_{red.}$	Reduzierter Pegelstand bei Station 1, P ± △P kor.
8	Q_2	Reduzierte Wassermenge aus $P_{red.}$ mit Hilfe der Kurve auf Bild 2
9	Q_3	Abflussmenge aus Station 3
11	△Q	Unterschied zwischen Kolonne 8 und 9 in m³/s
10	△Q	Unterschied in %.

ZWEISTÜNDLICHE MITTELWERTE VOM 20. BIS 22. 4. 66

Tabelle 2

Datum	Zeit	P m	△P m	Q_2 m³/s	Q_3 m³/s	△Q m³/s	△Q %
20. 4. 66	0—2	0,550	0	508	506	+ 2	+ 0,4
"	2—4	0,560	+ 0,025	502	491	+ 11	+ 2,2
"	4—6	0,605	+ 0,075	511	491	+ 20	+ 4,1
"	6—8	0,610	+ 0,090	505	500	+ 5	+ 1,0
"	8—10	0,607	+ 0,090	504	495	+ 9	+ 1,8
"	10—12	0,605	+ 0,090	502	495	+ 7	+ 1,4
"	12—14	0,595	+ 0,095	493	488	+ 5	+ 1,0
"	14—16	0,572	+ 0,065	490	491	— 1	— 0,2
"	16—18	0,535	+ 0,025	483	491	— 8	— 1,6
"	18—20	0,525	— 0,005	492	491	+ 1	+ 0,2
"	20—22	0,540	0	500	495	+ 5	+ 1,0
"	22—24	0,545	0	504	504	0	0
21. 4. 66	0—2	0,538	0	499	499	0	0
"	2—4	0,552	0	509	506	+ 3	+ 0,6
"	4—6	0,610	+ 0,005	549	539	+ 10	+ 1,9
"	6—8	0,645	— 0,030	590	591	— 1	— 0,2
"	8—10	0,695	— 0,070	641	637	+ 4	+ 0,6
"	10—12	0,785	— 0,100	711	701	+ 10	+ 1,4
"	12—14	0,793	— 0,100	716	718	— 2	— 0,3
"	14—16	0,785	— 0,100	711	714	— 3	— 0,4
"	16—18	0,770	— 0,100	702	706	— 4	— 0,5
"	18—20	0,735	— 0,130	691	710	— 19	— 2,7
"	20—22	0,705	— 0,175	691	699	— 8	— 1,1
"	22—24	0,667	— 0,200	680	685	— 4	— 0,6
22. 4. 66	0—2	0,655	— 0,205	674	673	+ 1	+ 0,1
"	2—4	0,635	— 0,205	662	661	+ 1	+ 0,2
"	4—6	0,622	— 0,210	656	651	+ 5	+ 0,8
"	6—8	0,595	— 0,175	625	614	+ 11	+ 1,8
"	8—10	0,635	— 0,115	622	612	+ 10	+ 1,6
"	10—12	0,633	— 0,060	596	586	+ 10	+ 1,7
"	12—14	0,675	+ 0,005	599	599	0	0
"	14—16	0,640	0	572	582	— 10	— 1,7
"	16—18	0,685	+ 0,015	597	595	+ 2	+ 0,3
"	18—20	0,650	— 0,005	582	593	— 11	— 1,9
"	20—22	0,635	— 0,005	571	573	— 2	— 0,3
"	22—24	0,631	— 0,002	567	573	— 5	— 0,9

Aus den fünf Monate dauernden Versuchen geht hervor, dass das Kraftwerk im Stande ist, den Oberwasserspiegel sehr genau konstant zu halten. Der Normalstau wurde im Tagesmittel nicht mehr als 5 mm unter- oder überschritten. Bei diesen kleinen Abweichungen konnte die Methode nicht erprobt werden, da die Pegelkorrekturen bei der Station 1 nur 2 bis 4 mm betrugen und somit in der Messtoleranz untergingen. Deshalb wurde während drei Tagen, nämlich am 20., 21. und 22. April, bewusst vom Normalstau nach dem Plan Bild 4 abgewichen, um die Methode auszuprobieren. Bild 5 zeigt die Limnigraphenaufzeichnungen der Stationen 1 und 2. Aus Tabelle 2 sind die Zahlenwerte dieser drei Tage ersichtlich, wobei die Mittelwerte von jeweils zwei Stunden aufgeführt sind. Schliesslich gibt Bild 6 einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der Abflussmengen der Station 3 im Vergleich zu denjenigen der Station 1 mit und ohne Korrektur. Zwischen der korrigierten Abflussmenge der Station 1 und derjenigen der Station 3 treten wohl kurzfristige, grössere Abweichungen von einigen % auf, die auf die Zeit-

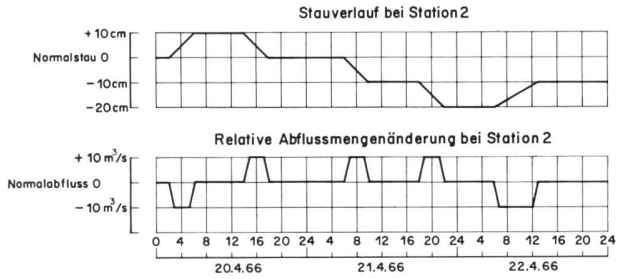
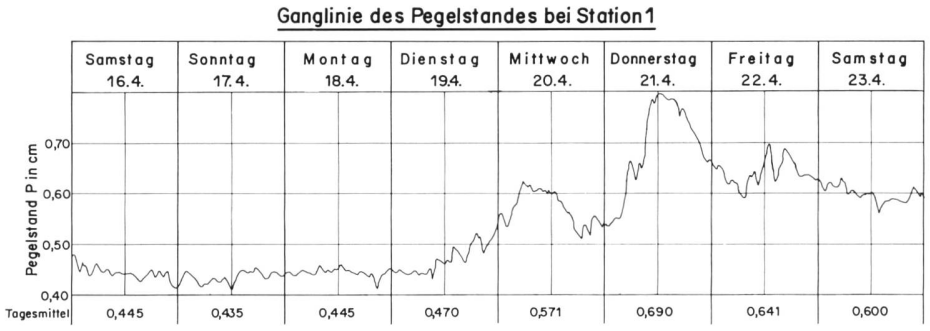


Bild 4 Stauplan bei Station 2 für die Zeit vom 20. bis 22. 4. 1966



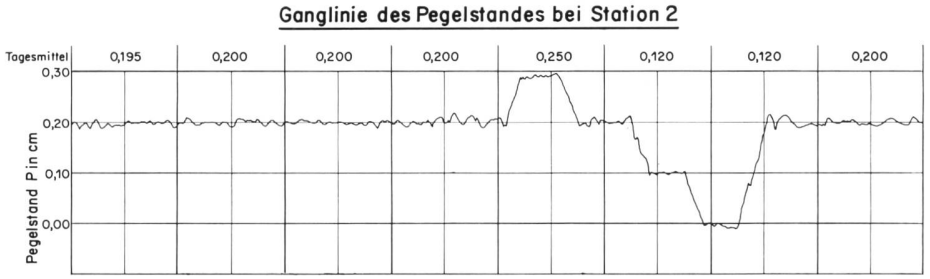


Bild 5

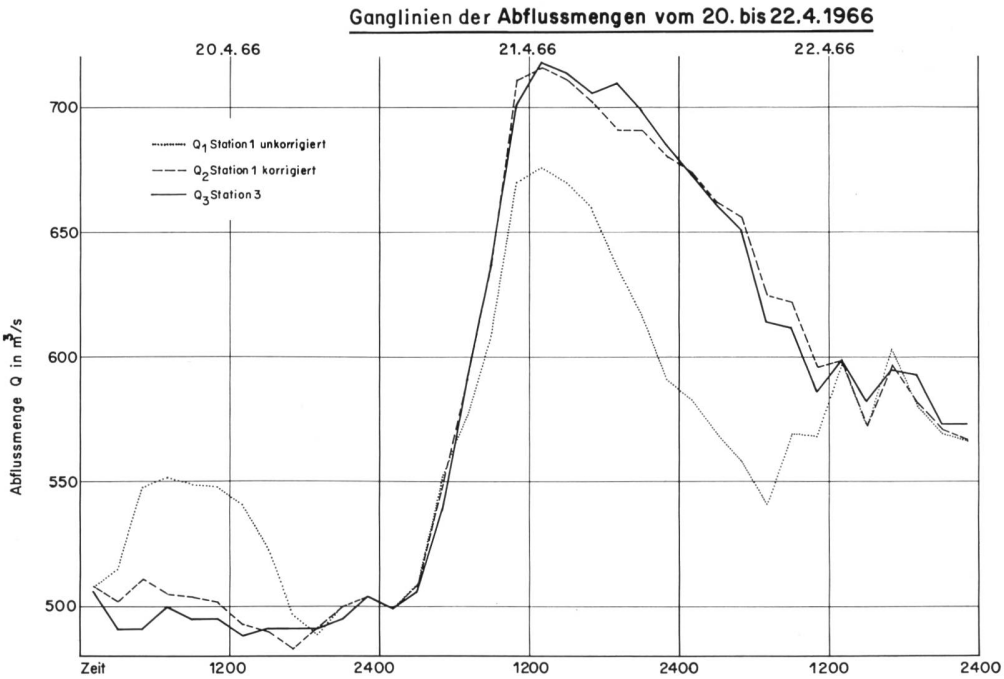


Bild 6

differenz infolge des Abstandes der beiden Stationen zurückzuführen sind. Vergleicht man hingegen die Tagesmittel der drei Tage, so entsteht folgendes günstiges Bild:

DATUM	ABWEICHUNG VOM NORMALSTAU	ABWEICHUNG $\triangle$ Q OHNE KORREKTUR	ABWEICHUNG $\triangle$ Q MIT KORREKTUR
20.	+ 10 mm bis 0 mm	+ 5,65 %	+ 1,0 %
21.	0 mm bis – 20 mm	– 5,6 %	– 0,2 %
22.	– 20 mm bis 0 mm	– 5,9 %	+ 0,2 %

Es ist auffallend, dass die Resultate der Tagesmittel bei den bewussten grösseren Abweichungen vom Normalstau besser ausgefallen sind als bei den sehr geringen Abweichungen im normalen Betrieb. Das mag daher kommen, dass bei den speziellen Versuchen die Limnigraphen aller drei Stationen bezüglich Papiervorschub und Höheneinstellung dauernd überwacht wurden und somit die Messtoleranz kleiner war.

Nach dem Schema auf Bild 7 liesse sich der ganze Berechnungsvorgang automatisieren, so dass neben den beiden Pegelstandskurven direkt auch die Abflussmengenkurve registriert werden könnte.

Mit dieser Methode können die am Anfang dieses Berichtes erwähnten Schwierigkeiten zur Hauptsache umgangen werden. An Stelle der Kurvenschar braucht nur eine P-Q Kurve aufgestellt zu werden. Sicher genügt es in den meisten Fällen, wenn die Korrekturkurve aus einigen berechneten Punkten ermittelt wird, da damit in der Regel nur kleine Grössen korrigiert werden. Bei einer Flussbettänderung

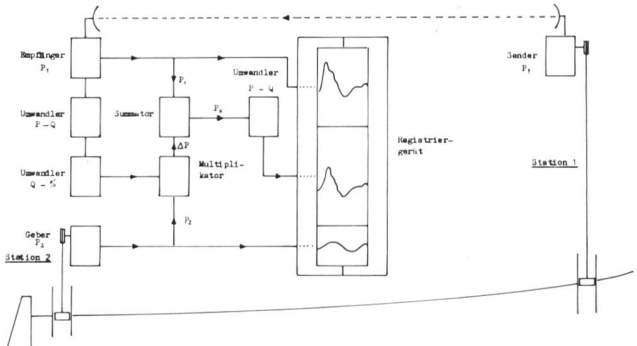


Bild 7 Prinzipschema für die Automatisierung des Auswertungsvorganges

durch Hochwasser muss nur eine P-Q Kurve neu aufgestellt werden, die Korrekturkurve dürfte dabei nur unwesentlich ändern.

Wir hoffen mit dieser Abhandlung einen Weg zu weisen, der sicher in einigen Fällen zum Ziele führt und deshalb von allgemeinem Interesse sein dürfte. Die Frage, ob die Korrekturkurve in allen Fällen streng eine eindeutige Funktion der Abflussmenge ist, wird Gegenstand unseres weiteren Versuchsprogrammes sein. Obwohl die Methode nur an diesem einen Objekt überprüft wurde, haben wir uns doch entschlossen, die bisherigen Erfahrungen bekannt zu geben. Wir hoffen, dadurch auch andere Stellen veranlassen zu können, Versuche in dieser Richtung anzustellen, um über den Erfahrungsaustausch der Lösung dieses immer dringender werdenden Problems näher zu kommen.

L'AMENAGEMENT DU BAS-RHONE-LANGUEDOC

Objectifs et résultats

CD 626.85 (44)

par R. Corbière, Secrétaire Général de la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc.

A l'intérieur de ses propres frontières, la France doit, elle aussi, affronter des problèmes de sous-développement ou si l'on préfère être plus nuancé, des problèmes de développement insuffisant dont souffrent plusieurs de nos régions, notamment celles qui sont les plus éloignées des grands courants économiques européens. Un des objectifs essentiels de la politique française du Plan de l'Aménagement du Territoire est précisément d'essayer d'atténuer, sinon d'effacer totalement, les disparités régionales qui sont un frein au développement harmonieux de l'ensemble de notre pays.

Avec un taux de population active agricole de 31%, contre une moyenne nationale de 20 %, la région du Languedoc est d'abord caractérisée par un sous-développement industriel important et par la prédominance de l'activité agricole. Sous ce dernier rapport, la monoculture viticole domine largement l'économie agricole languedocienne jusqu'à atteindre le tiers de l'ensemble du revenu régional, celui-ci étant d'ailleurs inférieur de 20 à 35 % à la moyenne nationale, suivant les départements.

Le Languedoc figure alors parmi les régions les moins évoluées de France. Son économie est vulnérable et souffre d'un manque d'adaptabilité en raison de sa subordination aux fluctuations d'un nombre trop limité de secteurs économiques. Si des mesures efficaces ne sont pas prises par les Pouvoirs publics, puis comprises, adoptées et soutenues par la population intéressée, le Languedoc s'avèrera alors incapable de profiter des chances que lui offrent certains de ses avantages naturels et une démographie aujourd'hui en pleine expansion, après une longue période de stagnation.

Les trois lignes d'action qui dominent la politique du développement économique du Languedoc sont, logiquement, l'irrigation qui permet de corriger la sécheresse du climat avec l'essor agricole qui en est la conséquence directe; l'expansion industrielle et l'aménagement touristique de son littoral.

Nous nous intéresserons essentiellement ici à l'irrigation et aux problèmes agricoles.

I. LE PLAN D'IRRIGATION ET D'AMENAGEMENT AGRICOLE DE LA REGION DU BAS-RHONE-LANGUEDOC.

1. L'irrigation du Bas-Rhône-Languedoc a déjà fait l'objet de nombreux projets dont les plus anciens datent aujourd'hui de plus d'un siècle. Le plus notable d'entre eux fut élaboré par l'Ingénieur des Ponts-et-Chaussées Aristide Dumont, l'homme éminent qui ne vit jamais la réalisation d'une œuvre à laquelle il s'était beaucoup attaché. Il a fallu attendre la période récente pour voir renaître l'idée d'un tel projet. En 1951, une Commission du Plan a été chargée d'étudier l'ensemble des problèmes posés par «l'aménagement» du Bas-Rhône-Languedoc, dans une perspective